

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ, ПОДВЕДОМСТВЕННЫХ РОСТЕХНАДЗОРУ

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Алилуев А.Ю. – магистрант,
Радченко М.В. - д.т.н., профессор

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

Аннотация

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.

Список литературы

1. РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. Сборник нормативных документов межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 18 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. - С. 28-136.

2. РД 03-613-02 Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 28 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - С. 4-51.

3. РД 03-614-02 Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 29 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - С. 4-59.

4. РД 03-615-02 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 30 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - С. 4-32.

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ В РОССИИ СИСТЕМЫ НЕЗАВИСИМОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

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

Радченко М.В. - д.т.н., профессор

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

Аннотация

Во второй половине XX 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.

Существенное повышение качества продукции может быть достигнуто за счет внедрения системы управления качеством и независимой сертификации производства.

В мире проложено около 1 млн. км сварных газопроводов, например, протяженность трубопровода, проложенного в 1975 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 Чаадинского 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.

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 ISO 3834/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 производству (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. Лукьянов, 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.

Список литературы

1. Алешин Н.П., Прилуцкий А.И., Маслов Б.Г. Новые нормативные документы и система аттестации сварочного производства // Сварочное производство, 204. - №3. - С. 48-50.

2. РД 03-495-02 Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства. Сборник нормативных документов межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 18 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2002. - С. 28-136.

3. РД 03-613-02 Порядок применения сварочных материалов при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 28 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - С. 4-51.

4. РД 03-614-02 Порядок применения сварочного оборудования при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 29 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - С. 4-59.

5. РД 03-615-02 Порядок применения сварочных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств для опасных производственных объектов Нормативные документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр. Серия 03. Выпуск 30 //Алешин Н.П., Котельников В.С., Прилуцкий А.И. и др.- М.: Федеральное Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности в промышленности Госгортехнадзора России», 2004. - С. 4-32.

РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРШКОВОЙ НАПЛАВКИ

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

Аннотация

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 12-15 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 создания защитных покрытий на деталях машин и инструменте, работающих в тяжелых условиях абразивного износа создан новый эффективный ресурсосберегающий способ – сверхзвуковая газопорошковая наплавка. Для реализации процесса наплавки используется концентрированный источник тепла - сверхзвуковая газовая струя, которая генерируется специальной горелкой с соплом Лавалья, обжимающим факел пламени. Рабочий процесс в такой горелке аналогичен процессу, протекающему в микроракетных двигателях. Горючий газ и окислитель и поступают в камеру сгорания рабочего органа со сверхзвуковым соплом, где происходит их сгорание и тепловое расширение. При этом в камере сгорания создается избыточное давление, величина которого дополнительно повышается за счет подачи под давлением в камеру сгорания сжатого воздуха. Продукты сгорания за счет избыточного давления разгоняются в сопле типа сопла Лавалья до сверхзвуковых скоростей, формируя тем самым концентрированный высокотемпературный газовый поток. После формирования жидкой металлической ванны частицы порошкового сплава подаются в смесительный патрубок, где происходит их смешивание с потоком продуктов сгорания сжатых газов и оплавление. Жидкая металлическая ванна, созданная газовым потоком, перемещается по поверхности основы и постепенно захватывает постоянно подаваемые в нее небольшие порции подплавленных частиц порошка. Частицы порошка, попадая в жидкую ванну, окончательно расплавляются, перемешиваются с металлом жидкой ванны, тем самым,

формируя при кристаллизации наплавленный валик с гомогенной структурой. Таким образом, разработанный процесс сверхзвуковой газопорошковой наплавки осуществляется в режиме управляемого потока подплавленных частиц порошка, направляемых горячим сверхзвуковым потоком смеси горючего газа и окислителя на основу, на которой предварительно наведена жидкая металлическая ванна. После кристаллизации расплавленного металла создается высококачественное защитное покрытие со сцеплением с металлом основы на уровне металлической связи. Использование этого способа позволяет частично оплавить защищаемую поверхность и создать общую жидкую металлическую ванну, необходимую для реализации процесса наплавки.

Для решения проблемы износа деталей машин и инструмента 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 (СПП) 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 СПП-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 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 С23С 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.

ОСОБЕННОСТИ ГАЗОПЛАМЕННОЙ НАПЛАВКИ ЛАТУНИ

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

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

Газопламенная наплавка применяется наряду с электродуговыми методами наплавки. Однако по сравнению с последними газопламенная наплавка имеет более низкую производительность. Положительным качеством этой наплавки является то, что она позволяет гибко и независимо регулировать нагрев основного и присадочного металла. Применяется газопламенная наплавка в основном для наплавки латуни, черных металлов и твердых сплавов на сталь и чугун. Газопламенный способ наплавки латуни позволяет применять наряду с ацетиленом также такие газы - заменители, как бутан, пропан, природный газ. ^[1]

Лучшие результаты получаются при применении специальных наплавочных латуней, в которых уменьшено содержание кремния (например, марка ЛК 62-02 или ЛНК 56-03-6 – латунь, легированная никелем). При наплавке латуни на сталь и чугун обязательно применение флюса. Лучше всего зарекомендовал себя газообразный флюс БМ-1, который подается непосредственно в пламя. Этот процесс получил наименование газофлюсовой наплавки. При наплавке простых латуней могут использоваться те же флюсы, которые применяются при сварке латуней. Для дополнительного флюсования используется флюс паста №3, которая вводится вручную. ^[2]

Наплавка ведется левым способом непрерывно или участками с обязательным перекрытием предыдущего участка на 15 - 20 мм. При наплавке прямолинейных швов допускается наклон наплавляемой поверхности под углом 8...15° к горизонту для увеличения высоты наплавляемого слоя. При наплавке кольцевых швов угол наклона поверхности не должен превышать 40° к горизонту. Поверхность детали, подвергаемой наплавке, должна быть предварительно механически обработана. При этом запрещается наплавлять латунь непосредственно на литейную или прокатную корку. Наплавка может быть однослойной или многослойной.

Техника наплавки при использовании порошкообразного или газообразного флюса имеет свои отличительные особенности. Если применяется порошкообразный флюс, то деталь нагревается до 950 °С. Если наплавка будет производиться на крупногабаритную деталь, то она предварительно прогревается до 500 °С, затем наносится вручную флюс и первый слой наплавки толщиной не более 0,5 мм. Таким же образом наносится последующий слой, образуя валик необходимой высоты. Горелка при работе держится наклоненной вправо, а наплавочный пруток - влево образуя с горелкой угол 90°. Применение порошкообразных флюсов при наплавке на чугун не желательно из-за того, что существует опасность отбела, т.к. температура предварительного подогрева составляет 900 °С. Для газопламенной наплавки применяют ацетиленокислородные горелки с установленными на них контейнерами с порошком. ^[1]

Наплавляемая деталь разогревается, порошок из контейнера попадает на деталь. Этот процесс похож на газопламенное напыление, но отличается тем, что это сварочная технология, при которой образуется сварочная ванна, и наплавляемый металл образует соединение с материалом основы. Процесс происходит при более низких температурах, что снижает степень окисления детали и ее деформации.

При наплавке с использованием газообразного флюса подогревают деталь пламенем с флюсом до температуры смачивания - 700 °С, затем наплавляют первый слой с погружением конца прутка в жидкую ванну. Второй и последующие слои наплавляются аналогичным образом. Газофлюсовую наплавку можно производить как на сталь, так и на чугун. С целью увеличения срока службы деталей осуществляется наплавка твердыми сплавами. В данном случае в качестве основы применяются низкоуглеродистые стали с наплавкой износостойких сплавов непосредственно на рабочие поверхности.

Устройство сварочной горелки для наплавки порошка показано на рисунке 1.

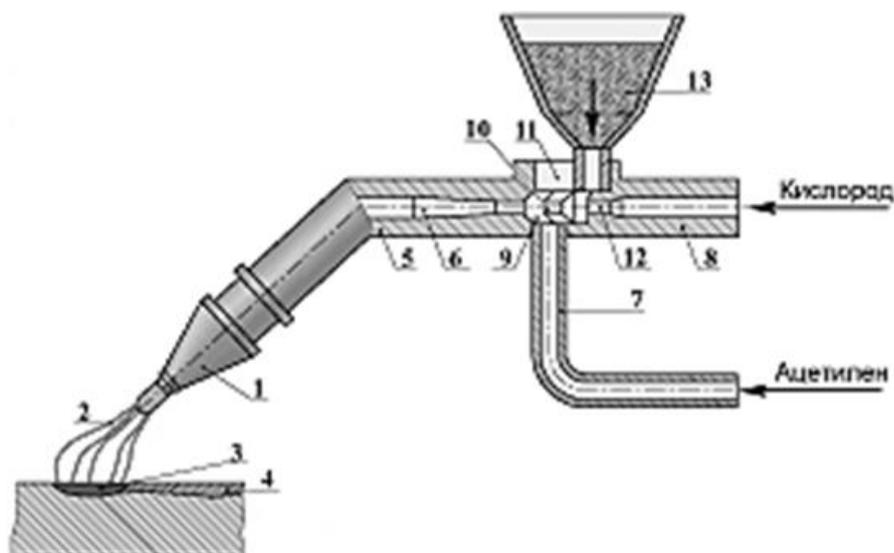


Рисунок 1 – Устройство сварочной горелки для наплавки порошка.

- 1 - мундштук; 2 - пламя; 3 - сварочная ванна; 4 - наплавляемая поверхность; 5 - трубка; 6 - канал; 7 - ацетиленовая трубка; 8 - кислородная трубка; 9 - камера смешения; 10 и 12 - инжекторы; 11 - смесительная камера; 13 - порошок.

Особое внимание надо уделять процессу наплавки на марганцовистые, высокоуглеродистые и хромомолибденовые стали и серые чугуны, которые требуют обязательного предварительного подогрева и медленного охлаждения после наплавки, иначе после производства наплавки появляются трещины. Для наплавки применяются трубчатые наплавочные стержни ТЗ и прутки из белого чугуна Б4 или Х4. Широко распространена наплавка литыми твердыми сплавами и припайка металлокерамических пластин к стальным державкам. Флюсы используют для защиты наплавленного слоя при газопламенной наплавке литыми твердыми сплавами. Например, наплавка сормайта производится с флюсом, состоящим из 50% буры, 3% кремнезема, и 47% двууглекислой соды. При наплавке стеллита применяется флюс, состоящий из 20% прокаленной буры, 12% плавикового шпата и 68% борной кислоты. Наплавочные материалы, применяемые при газопламенной наплавке, даны в таблице 1.

Таблица 1 – Наплавочные материалы, применяемые при газопламенной наплавке

Металлокерамические твердые сплавы в виде пластин	Победит
Литые твердые сплавы в виде прутков	Стеллит В2К Стеллит В3К Сормайт 2 Сормайт С27
Твердый сплав в виде трубчатого стержня	Релит ТЗ

При газопламенной наплавке применяется ацетилен мощностью пламени 100 - 120 л/ч на 1 мм толщины металла. Глубина проплавления не должна превышать 0,3-0,5 мм, поскольку при этом не произойдет перемешивания основного металла с наплавленным. Регулирование толщины наплавленного слоя происходит изменением углов наклона детали: если угол наклона детали будет 7°, получится тонкий слой наплавки, если увеличивать угол наклона до 15° (ведя наплавку снизу-вверх), слой будет увеличиваться.

При производстве наплавочных работ горелку надо держать под углом 60-80° вправо, а присадку - под углом 30-40° влево. Пруток всегда должен находиться в зоне пламени. Нельзя допускать касания ядром пламени, расплавленного металла, поскольку это приводит к появлению пористости в наплавленном металле. Срез мундштука горелки должен быть на расстоянии 50 мм от наплаваемого валика. При наплавке обязателен предварительный нагрев детали, если деталь закалена, производится отжиг при температуре 800 – 900 °С. При наплавке на массивную деталь температура подогрева составляет 600 – 700°С, мелкие детали достаточно прогреть до 300-500°С, чтобы не появились микротрещины. Если деталь подвергается ударным нагрузкам, толщина наплавленного слоя не должна быть больше 2-3 мм, толщина слоя в случае работы детали на истирание может составлять до 8 мм.^[1,3]

Список литературы

1. Кравцов Т.Г., Сторожев В.П. Восстановления деталей при ремонте судов. – М.: Транспорт, 1981. – 119 с.
2. Балдаев Л.Х., Борисов В.Н., Вахалин В.А. Газотермическое напыление: Учебное пособие для вузов / Под общ. ред. Л.Х. Балдаева. - М.: Маркет ДС, 2007. - 344 с.
3. Хасуи А., Мorigаки О. Наплавка и напыление. Пер. с яп. – М.: Машиностроение, 1985 г. - 240 с.

ОСОБЕННОСТИ НАПЛАВКИ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ

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

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

Наплавка цветных металлов и сплавов дугowymi методами обеспечивает производительность и эффективность процесса. Латунь наплавать дугowym способом не рекомендуют ввиду интенсивного испарения цинка при температуре 900 °С. Водород, поглощаемый жидким металлом из сварочного пламени, не успевает выделиться, так как латунь быстро остывает, поэтому в охлажденном металле остаются пузырьки. Наплавку меди или бронзы на стальные, медные и бронзовые детали осуществляют ручной дуговой сваркой покрытыми электродами, дуговой сваркой в инертных газах неплавящимися вольфрамовыми электродами и угольными электродами с применением защитного флюса, нанесенного на присадочный пруток. Для наплавки используют электроды со стержнем из меди или бронзы. Применяют электроды со стержнем из меди М1 и покрытием, замешанным на жидком стекле и состоящим из ферромарганца (47,5%), полевого шпата (12,5%), плавикового шпата (5%) и кремнистой меди (20%). Этими электродами сваривают медные детали между собой и выполняют наплавку меди на сталь. При сварке и наплавке меди на медь применяют предварительный подогрев до температуры 300...500°С.

Металл, наплавленный наплавочными электродами марки ЗТ со стержнем из кремнистой бронзы марки БрКМцЗ-1, близок по химическому составу и свойствам к кремнистой бронзе. Наплавку выполняют короткой дугой с постоянным током обратной полярности. Для получения наплавленного металла нужного состава бронзовый стержень электрода подбирают другой марки с соответствующим составом покрытия. При наплавке латуни в качестве флюса используют буру, которую разводят в виде пасты и кистью наносят на предварительно зачищенную наплаваемую поверхность. Для наплавки используются все виды горючих газов. Мощность пламени должна быть такой же, как при сварке сталей, а

конец ядра должен находиться от поверхности на расстоянии в 2-3 раза больше, чем при сварке. Наплавку ведут быстро, используя установки проволочного и порошкового типов, установка УППЛ показана на рис. 2.

Газопламенной наплавкой ацетилен-воздушным пламенем наплавляют термопластические, цинковые и другие материалы с температурой плавления до 800 °С. Наплавку неплавящимся вольфрамовым электродом в азоте или в аргоне производят с применением присадочного металла из меди или ее сплавов. Для наплавки употребляют азот особой чистоты (ГОСТ 9293-74) и аргон высшего сорта (ГОСТ 10157-79), при этом устойчивость дуги в аргоне выше, чем в азоте. Для наплавки используются лантанированные вольфрамовые электроды, обладающие хорошей устойчивостью. Наплавку на сталь производят при минимальной погонной энергии и с минимальной глубиной проплавления стали. Для этого используют дополнительное охлаждение стали водой с обратной стороны, что ускоряет кристаллизацию наплавляемого слоя и предупреждает появление трещин в стали. Наплавку меди и ее сплавов на сталь можно производить угольным электродом, используя в качестве присадочного металла медные или бронзовые прутки (МО, М1, БрКМц3-1). Для улучшения процесса и качества наплавки эти прутки покрывают защитным флюсом, состоящим из 95% буры и 5% металлического магнезия, покрытых жидким стеклом. Для предупреждения науглероживания стали сварку ведут длинной дугой со скоростью более 15 м/с.^[1]

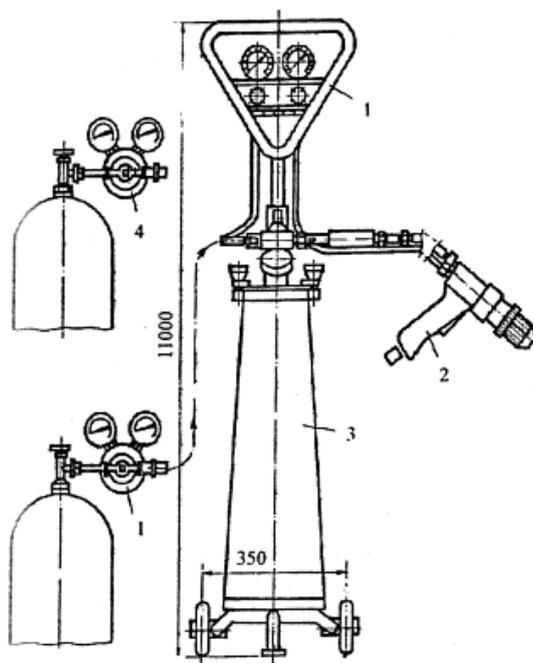


Рисунок 2 – Установка УППЛ: 1 - щит управления; 2 - газопламенный напылитель; 3 - порошковый питатель; 4 - редукторы.

Для защиты ванны наплавляемую поверхность обрабатывают порошковыми флюсами. При использовании порошкообразных флюсов применяют латунь с содержанием кремния менее 0,3 %, чтобы предотвратить образование хрупких прослоек, снижающих прочность сцепления. Для наплавки чаще всего используют низкокремнистые латуни (ЛК-62-02 и др.). Перед наплавкой поверхность зачищают до металлического блеска, выполняют предварительный подогрев, после этого покрывают порошком флюса и приступают к наплавке. Сварочное пламя используют с небольшим избытком кислорода.^[2]

Таким образом, мы можем убедиться, что процесс газопламенной наплавки широко распространен на многих производствах при проведении сварочно-наплавочных работ по всей России, применяется множеством предприятий и очень высоко востребован. Процесс газопламенной наплавки позволяет наносить широкий спектр материалов с различными

свойствами, гибко и независимо регулировать нагрев основного и присадочного металла для улучшения свойств получаемых наплавов.

Список литературы

1. Асиновская Г.А., П.М. Любалин, В.И. Колычев. Газовая сварка и наплавка цветных металлов и сплавов. – М.: Машиностроение, 1974 г. - 118 с.
2. <http://www.mashprom.ru/>

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗНОСОСТОЙКОЙ ПЛАЗМЕННО-ПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ ЗАПОРНОЙ АРМАТУРЫ

Голубев А.И. - магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор,
Радченко Т.Б. - д.т.н., профессор.

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

Эффективным методом восстановления и упрочнения деталей запорной арматуры является плазменная наплавка порошковыми твёрдыми сплавами. Наплавке могут подвергаться новые изделия с целью упрочнения поверхностного слоя и изношенные — для восстановления первоначальных размеров и упрочнения.

Особенностью плазменной наплавки является плавление присадочного материала под воздействием локализованного источника энергии с высокими значениями удельного теплового потока (до 7-10 кВт/см). Длительность расплавления и кристаллизации присадочного материала весьма мала. С этим связаны факторы, обуславливающие высокое качество наплавленных плазмой деталей, а именно, возможность регулирования глубины проплавления основного металла и получения заданного состава наплавленного металла.

Наиболее распространенный способ — это плазменная наплавка с вдуванием порошка в дугу. Порошок, оплаваясь, переносится на поверхность изделия, где окончательно расплавляется дугой прямого действия (рисунок 1). Вдоль дуги пропускается нейтральный газ, который сжимает столб дуги, что приводит к увеличению его температуры. Для изоляции зоны плавления от окружающего воздуха подаётся защитный газ. Плазменную наплавку можно выполнять одиночными валиками (при наплавке цилиндрических деталей по винтовой линии), а также с применением колебательного механизма (для получения широких слоев).

Плазменная наплавка обладает такими преимуществами как возможность легирования наплавленных слоев, большой диапазон регулирования ввода теплоты в основной и наплавленный металлы, возможностью применения широкой гаммы наплавочных материалов, достигается значительный эффект за счёт изготовления деталей из низкоуглеродистых сталей с поверхностным наплавленным слоем, вместо дорогих легированных сталей; повышения срока службы деталей и уменьшения припуска на механическую обработку.

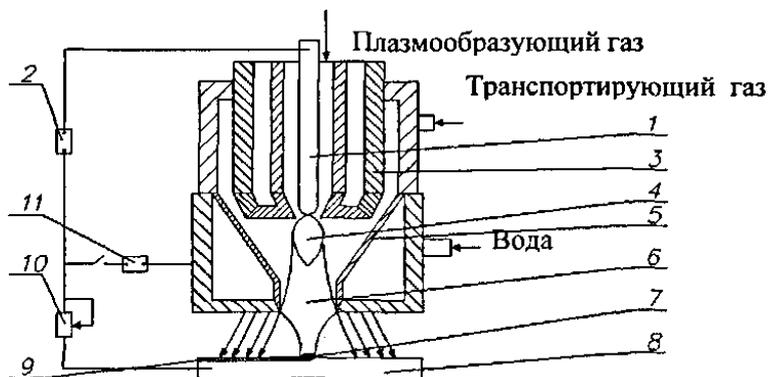


Рисунок 1 – Схема плазменной наплавки с вдуванием порошка в дугу: 1 – неплавящийся электрод; 2 – источник питания; 3 – сопло; 4 – плазменная струя; 5 – сопло; 6 – сжатая дуга; 7 – сварочная ванна; 8 – основной металл; 9 – наплавленный металл; 10 – балластный реостат; 11 – резистор

Плазменная наплавка даёт значительный эффект при восстановлении деталей металлургического, энергетического оборудования, инструмента и оснастки: валков, транспортирующих роликов, плунжеров, гидравлических насосов, валов, штоков, шпинделей, тормозных шкивов и т.д.

Использование самофлюсующихся порошковых сплавов и наноразмерных композиций – один из путей совершенствования технологии плазменно-порошковой износостойкой наплавки.

Так, например, кобальтовый самофлюсующийся порошковый сплав с карбидом вольфрама эффективно используется в качестве износостойкого и коррозионностойкого покрытия, имеет низкую температуру плавления (980-1080 °С). Наличие в составе бора и кремния способствует самофлюсованию и хорошей смачиваемости поверхности наплавляемого изделия, а присутствие карбида вольфрама (WC) позволяет существенно повысить твердость и износостойкость. Химический состав разнообразен, содержание углерода изменяется в пределах 0,2-1,5 %, В–0,1-1 %, Si–0,75-2,5 %, Cr–26-33 %, Fe<5%, WC–4-20 %. Считается, что железо является нежелательным элементом, понижающим твердость покрытий, и его содержание, как правило, не превышает 5 %.

По сравнению с традиционными наплавочными сплавами на кобальтовой основе борсодержащие сплавы имеют более низкую температуру плавления, лучше смачивают поверхность наплавляемого изделия, благодаря чему наплавка при меньшей эффективной тепловой мощности источника нагрева, и, следовательно, с меньшим термическим воздействием на материал заготовки. Кроме того, обеспечивается лучшее формирование наплавленного слоя, и как следствие, меньшие припуски на последующую механическую обработку.

Низкое содержание железа в наплавленном слое при плазменно-порошковой наплавке обеспечивается за счет малого проплавления основного металла. Наряду с малым угаром легирующих элементов это позволяет получать металл требуемого состава уже в первом слое (таблице 1).

Таблица 1 – Результаты анализа порошка и наплавленного металла

Материал	Массовая доля элементов, %						
	C	Si	Cr	W	Fe	Ni	B
Порошок ПР-КХ30ВС	1,1	2,5	30	4,5	1,86	1,2	0,1
Наплавленный валик, 1-й слой	1,02	2,8	29,5	4,3	2,4	0,9	0,1

Малое проплавление основного металла достигается благодаря тому, что теплосодержание и количество подаваемого в сварочную ванну порошка можно регулировать независимо от тепловой мощности, вкладываемой в изделие.

С учетом возможности регулировать в широких пределах размеры валика (высота 1...6 мм, ширина 6...60 мм) при плазменной наплавке во многих случаях возможно ограничиться наплавкой одного слоя и достичь за счет этого экономии дорогостоящего стеллита и времени на наплавку.



Рисунок 2 – наплавленное кобальтовым стеллитом седло задвижки DN200

Условия предупреждения трещин в наплавленном слое при плазменно-порошковой наплавке более благоприятны, что связано с непрерывностью и высокой производительностью процесса, а также с особенностью кристаллизации сварочной ванны.

Наплавленный слой обладает высокими технологическими свойствами благодаря наличию в его структуре твердых фаз (карбидов, боридов и других). Характер карбидной фазы (ее количество, кристаллографическое строение, форма и расположение), зависящий от химического состава наплавляемого сплава, в значительной степени определяет его свойства: износостойкость, твердость, ударостойкость.

Износостойкость зависит от типа образующихся карбидов и их количества. Сплавы с кубическим карбидом хрома обладают большим сопротивлением абразивному изнашиванию, чем сплавы с тригональным Me_7C_3 . Образование в структуре твердых и хрупких боридов и легирование бором карбидов повышает износостойкость и твердость наплавленного металла при повышенной температуре, одновременно снижая ударную вязкость.

Таким образом, использование в наплавочном материале наноразмерных порошковых сплавов, например, на основе кобальта, является перспективным для наплавки и ремонта деталей запорной арматуры.

ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА В СВАРОЧНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

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

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

В отечественной прессе появился ряд публикаций, представляющих СМК как панацею от всех бед российских предприятий. При этом из поля зрения выпадает тот факт, что СМК – это способ ведения бизнеса, а не одна программа, и ее внедрение требует большой и длительной работы при участии всех сотрудников организации. Немногие источники приводят данные о том, что СМК может реально дать российским предприятиям, с какими сложностями они могут столкнуться при внедрении системы, какие факторы нужно учитывать при принятии решения о внедрении данной системы.

Внедрение процедур повышения качества зачастую требует коренного изменения корпоративной культуры. Особое внимание при этом необходимо уделить специалистам среднего звена, их квалификации и приверженности концепции СМК. Именно от этого

управленческого уровня зависит, удастся или нет вовлечь рядовых сотрудников организации в процессы всестороннего совершенствования производства и контроля качества, внедрить в сознание рядовых работников понимание обратной связи между уровнем качества и уровнем затрат.

Сертификация системы качества на соответствие стандартам ИСО серии 9000 свидетельствует лишь о соответствии минимальным требованиям, на основании которых потребитель оценивает возможность заключения с организацией партнерских отношений, и не более. Практика показывает, что для успешной деятельности одной сертификации системы качества недостаточно, необходимо разрабатывать и развивать эту систему, основываясь на методах и принципах СМК, чтобы достичь долгосрочного успеха.

В разработку системы управления в соответствии с принципами СМК вовлекается большинство сотрудников организации, а полное воплощение этой системы должно производиться с применением современных технологий (организационных, управленческих, информационных и др.). Этот процесс требует перестройки всей деятельности организации, согласованной работы всех структурных подразделений, а также длительного периода времени.

Для внедрения системы менеджмента качества (СМК) организация должна:

- определить процессы, необходимые для СМК;
- установить процессы;
- определить критерии и методы обеспечения эффективной работы и управления этими процессами;
- обеспечить наличие информации, необходимой для поддержания и наблюдения за этими процессами;
- измерять, отслеживать и анализировать процессы и применять меры, необходимые для достижения запланированных результатов и постепенного улучшения.

Практика показывает, что квалифицированное использование методологии СМК обеспечивает следующие результаты:

1. Увеличение степени удовлетворенности клиентов продуктами и услугами. В условиях СМК обязательным является удовлетворение всех клиентов, а также дополнительные усилия по предупреждению их ожиданий;
2. Улучшение имиджа и репутации фирмы;
3. Повышение производительности труда. Оно наступает автоматически, как только работники становятся партнерами по внедрению СМК;
4. Увеличение прибыли;
5. Повышение качества и конкурентоспособности продукции и услуг;
6. Обеспечение экономической устойчивости предприятия, а также рационального использования всех видов ресурсов;
7. Повышение качества управленческих решений;
8. Внедрение новейших достижений в технике и технологиях.

РОБОТИЗИРОВАННАЯ СИНХРОННАЯ СВАРКА ПОД ФЛЮСОМ ЗАКЛЮЧИТЕЛЬНЫХ КОРПУСНЫХ ШВОВ ШАРОВЫХ КРАНОВ ДЛЯ МАГИСТРАЛЬНЫХ НЕФТЕГАЗОПРОВОДОВ

Клыгина Е.А. – магистрант, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент

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

Сварные неразборные шаровые краны, используемые для нефтегазопроводов на внутренне рабочее давление 8,0...12,0 МПа, характеризуются значительными преимуществами перед разборными кранами, для которых требуется дополнительное изготовление специальных соединительных высокопрочных метизов. Сварные краны имеют

сравнительно меньшие трудозатраты при изготовлении и упрощают задачи по эксплуатационному обслуживанию в составе нефтегазопроводных систем.

Однако обеспечить надежность трубопроводных нефтегазовых систем с использованием сварной арматуры можно лишь при стабильном качестве сварных соединений в заводских условиях. Это можно достигнуть лишь при четко налаженной многогранной системе контроля качества на всем этапе производства ответственной сварной трубопроводной арматуры.

Вместе с тем проводимый на заводе систематический анализ выявленных дефектов сварных соединений показывает, что даже в случае жесточайшего производственного и технологического контроля периодически возникают непроходные внутренние дефекты - поры, шлаковые включения, западания и несплавления между валиками, даже у опытных квалифицированных сварщиков, прошедших обучения и аттестацию в соответствии со стандартами. При этом установлено, что основной причиной возникновения таких дефектов является влияние человеческого фактора – утомляемость и потеря внимания рабочего в условиях длительного монотонного труда в процессе многослойной автоматической сварки под флюсом кольцевых швов металла больших толщин (80...120 мм).

Сборка крана перед сваркой производится совместно с шаровой пробкой и уплотнительными седлами, изготовленными из группы полиуретановых материалов, находящихся по конструктивным соображениям вблизи области расположения кольцевых сварных швов. Поэтому при сварке 2-х заключительных швов возникают проблемы обеспечения сохранения эксплуатационно-физических свойств материала уплотнительных седел, так как температура непрерывного длительного сварочного нагрева электрической дугой неизбежно приведёт к ухудшению этих свойств.

Термическая обработка для снятия внутренних напряжений, традиционно назначаемая после сварки, в этих условиях также не приемлема потому, что все детали, входящие в сборку, выполнены в чистовых размерах с соответствующими допусками по 7-му качеству. Она также приводит и к отрицательным последствиям - потере герметичности при перекрытии рабочей среды шаровой пробкой из-за изменения сборочной размерной цепи и в целом работоспособности изделия. Поэтому назначаемая нетрадиционная сварочная технология в этих условиях должна быть максимально направлена на снижение деформаций, связанных с последствиями сварочного нагрева электрической дугой и характеризоваться высокой прецизионностью и стабильностью.

Наиболее рациональной технологией здесь является использование последних мировых научных достижений в области сварочной робототехники, которая комплексно решает производственные задачи повышения производительности труда и качества изготовления изделия.

Так как толщина металла в зоне сварного шва составляет 60...120 мм соответственно в зависимости от условного прохода изделия, то рациональной технологией принята многослойная сварка в узкую разделку, обеспечивающая снижение массы наплавленного металла, тепловложения от сварочного нагрева и величины остаточных сварочных напряжений за счет сокращения количества проходов.

Многопроходная сварка производится на робототехническом комплексе одновременно двумя сварочными роботами (рисунок 1).



Рисунок 1 – Робототехнический комплекс для синхронной сварки под флюсом двумя роботами заключительных швов шаровых кранов DN 1000...1400, PN 12.0 МПа.

Робототехнический комплекс содержит: два источника питания POWER WAVE Ac / Dc 1000 SD LINCOLN, два робота FANUC M710iC, контроллер R30iA, позиционер FANUC, две сварочные головки FANUC MAX Sa 22. В качестве сварочных материалов используется сварочная проволока L61 диаметром 2,4 мм, флюс керамический Lincolnweld 888.

Для сохранения эксплуатационно-физических свойств пластмассовых уплотнительных седел и в целом работоспособности шарового крана, предусмотрена сварка с сопутствующим охлаждением водой. Процесс охлаждения начинается после наложения первых герметизирующих валиков. При этом вода подается непрерывно в процессе сварки насосом во внутреннюю полость шарового крана и циркулирует по замкнутой системе, обеспечивающей эффективное охлаждение зоны сварки. Температура нагрева изделия при сварке вблизи сварных швов подлежит периодическому контролю и не должна превышать 200 °С.

Отработка режимов сварки и разработка управляющей программы производится на образце - имитаторе, повторяющего исходную разделку кромок основного изделия. Для подготовки управляющей программы предварительно выполняют сканирование формы разделки кромок по толщине свариваемого металла, затем вводятся в программу соответствующие параметры режима на каждый порядковый номер соответствующего прохода многопроходной сварки с точной раскладкой валиков по сечению профиля разделки. После сварки на имитаторе проводят полный объем неразрушающего видов контроля, механических испытаний и металлографических исследований в соответствии с требованиями НТД. При условии удовлетворительных результатов контроля сварного соединения на образце-имитаторе эту программу далее используют при сварке заключительных швов на штатных изделиях.

Результаты механических испытаний металла шва и околошовной зоны сварного соединения (таблица 1) свидетельствуют об удовлетворительных результатах, и соответствуют требованиям ОТТ-84 АК «Транснефть».

Технология прошла исследовательскую и производственную аттестации в НАКС России и внедрена в производство на АО «УКАЗ».

Таблица 1 – Механические испытания сварного соединения заключительного корпусного шва шарового крана DN 1000, PN 12.0 МПа

Наименование исходных материалов		Толщина стенки, мм	Предел прочности $\sigma_{0,2}$, МПа	Предел текучести $\sigma_{0,2}$, МПа	Ударная вязкость КСУ- 60, Дж/см ²		Твердость сварного шва, HV10	
Основной металл	Сварочные материалы				Металла шва	Зона термического влияния	Металла шва	Зона термического влияния
09Г2С	Сварочная проволока L61, флюс Lincoln-weld 888	80	540	280	162	61	71	71

СПЕЦИФИКА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ НА ОБЪЕКТАХ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ» АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Ледников Е.А. – магистрант

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

Алтайский край всегда являлся крупным центром развития строительной индустрии. Он сосредоточил в себе большое количество строительных компаний, занимающихся проектированием, строительством, ремонтом и реконструкцией зданий и сооружений. В настоящее время идет активное строительство новых кварталов на местах, ранее не использовавшихся под строительство (поля, пустыри). Также идет плановая точечная застройка мест, где уже было жилье. Сносятся частный сектор, или ветхие/аварийные многоэтажные дома, и на их месте возводятся современные многоэтажные комплексы.

Строительство зданий это сложный, многостадийный процесс. Циклический и монотонный. Поэтому качество конечного продукта в большой мере определяется контролем, который должен присутствовать на каждой стадии производства. Сами подходы к контролю за выполнением работ начинаются еще за долго до непосредственного строительства. Это и современные системы менеджмента качества, внедряемые на производстве, и разнообразные аттестации/аккредитации, и самое главное – производственный контроль.

Несомненно, большую роль в современной строительной индустрии играет сварочное производство. Будь то каркасное строительство, монолитное или блочное, если используется металл, то без сварки не обойтись. Долгое время контроль качества сварки был посредственным. На первое место ставилось проектирование конструкции, а не контроль качества. Сейчас вопросы качества получают дополнительную проработку уже при проектировании производства. Грамотный подход руководства к процессу сварки позволяет получить существенный выигрыш в плане качества получаемой продукции.

Затраты, связанные с проработкой данного вопроса, всегда окупаются, ведь повышая качество своей продукции, давая дополнительные гарантии, производитель получает дополнительные рынки сбыта. Это и участие в многочисленных тендерах, и работа с государственными заказами, и даже военными. Что позволяет подтвердить соответствие своей организации высоким требованиям современности? Прежде всего, это аттестация

технологии. Это вершина айсберга. Имея информацию о том, что организация использует аттестованную технологию сварки, можно быть уверенным, что она обладает всем необходимым для производства качественной продукции. К этому относится аттестованный персонал, сварочное оборудование и материалы. Персонал в свою очередь подразделяется на специалистов четвертого уровня, способных разрабатывать и внедрять современные сварочные процессы в технологию строительства. Специалистов третьего уровня, ответственных за разработку конкретных приемов сварки. Специалистов второго уровня, контролирующих выполнение сварочных работ, и непосредственных исполнителей, сварщиков – специалистов первого уровня. Помимо специалистов сварочного производства, организации также требуются специалисты в области контроля качества. Чаще всего – неразрушающими методами контроля. Мастер способен произвести лишь операционный контроль выполненных работ сварщиком. Дать конкретную оценку качества выполненных сварных соединений по силам лишь аттестованному дефектоскописту.

Основными методами контроля, применяемыми на строительных конструкциях, являются визуальный, измерительный и ультразвуковой методы контроля. При этом визуальный и измерительный, несомненно, является обязательным, а ультразвуковой – дополнительным, используемом на отдельных узлах, исходя из степени ответственности или процентного подхода.

К сожалению, в настоящее время рынок строительных компаний насыщен фирмами, не обладающими ни достаточной материальной, ни кадровой базой. На практике это означает, что многие строительные фирмы не могут обеспечить выполнение качественных работ. Из чего же складывается качество? На самом деле у него множество составляющих. Все они являются неотъемлемой частью неделимого целого. Так, например, имея сварщиков высокого класса, но используя сварочные материалы низкого качества невозможно получить качественную продукцию. Сварочные материалы должны применяться в соответствии с технологией сварки (вид, тип, диаметр), иметь стабильное качество, быть подготовленными к сварке (прокалка, просушка). То же самое можно отнести и к технологии сварки, оборудованию, условиям.

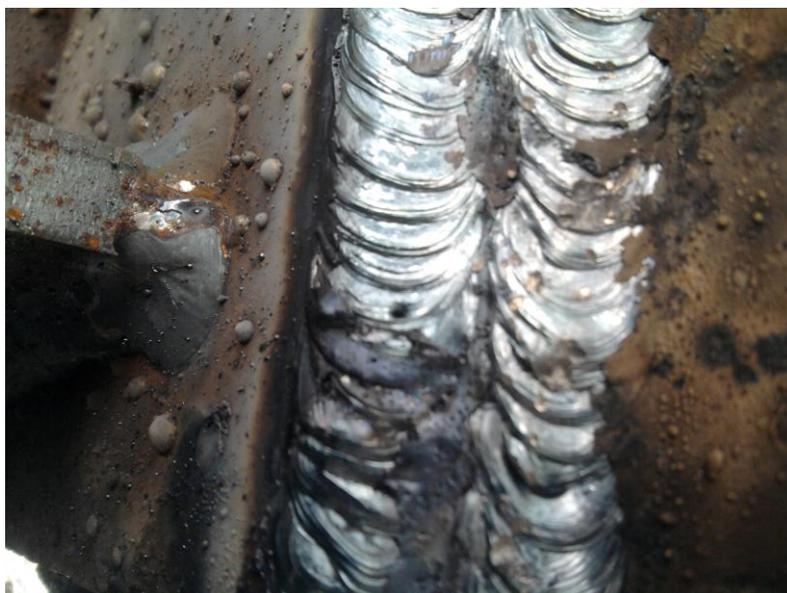


Рисунок 1 – Дефекты сварного шва в виде поры, западания между валиками и грубой чешуйчатости.

Недавно произведенный выборочный контроль одной из новостроек в городе показал, что организации, не имеющие в наличии качественного оборудования, материалов, персонала и технологии не могут производить качественной продукции. Даже визуальный

контроль типовых узлов, выполненных как в заводских, так и в монтажных условиях дал плачевный результат. Количество сварных швов, не удовлетворяющих требованиям предъявляемыми нормативными документами к строительным конструкциям превышает 60%. Это подтверждается и другими методами контроля: измерительным, ультразвуковым, радиографическим, анализом микрошлифов. Такие несоответствия параметров сварного шва, как грубая чешуйчатость, занижение катета шва, не заваренные кратеры, поры, шлаковые включения, малая глубина проплавления, несплавления значительно снижают прочностные характеристики соединений, ставя под сомнение безопасность объекта. Также это сказывается и на эстетическом виде.



Рисунок 2 – подрез основного металла вдоль сварного шва.

Исходя из всего вышесказанного, можно сделать выводы, о том, что отсутствие должного контроля за проведением работ, применение некачественных неподготовленных сварочных материалов, устаревшего оборудования, неквалифицированного персонала никогда не позволит получить высокого результата работ.

ОСОБЕННОСТИ МЕТОДИКИ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВЫПОЛНЯЕМЫХ ПРИ АТТЕСТАЦИИ СВАРЩИКОВ

Ледников Е.А. – магистрант

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

В соответствии с РД 03-495-02 «Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства» все сварные соединения, выполняемые сварщиками, претендующими на получение удостоверения специалиста сварочного производства первого уровня должны подвергаться пристальному контролю [1]. Возможность применения тех или иных методов контроля установлена как в самом регламенте, так и в отраслевых нормативных документах на конкретные технические устройства. Также сам заказчик может вводить дополнительные методы контроля.

Основным методом, которому подвергаются все завариваемые контрольные образцы несомненно является визуальный и измерительный контроль. Второе место по распространенности делят ультразвуковой [2] и радиографический [3].

Выбор того или иного способа контроля зависит от множества факторов. К ним относят условия контроля, химический и фазовый состав основного металла, геометрические размеры образцов, конфигурация поверхности, конструкция соединения, наличие конструктивных несплошностей.

Так, ультразвуковая дефектоскопия не применяется на композитных стыках (когда свариваемые элементы имеют различный химический состав) по причине необходимости подбора частоты преобразователя под конкретный материал. Такая же ситуация и со сталями аустенитного класса (коррозионностойкие), у которых внутреннее зерно намного крупнее чем в простых малоуглеродистых сталях и дает высокий коэффициент затухания акустического сигнала.

Хоть ультразвуковой контроль и допускается проводить только с одной стороны от шва, но все же более полную картину мы получаем при двустороннем контроле, позволяющем получить разные проекции протяженных дефектов. Если на одной проекции дефект и будет вырождаться в фигуру малой площади, то на другой, расположенной под углом, должен иметь большую площадь. В особо ответственных соединениях также рекомендуется проводить многостадийный контроль, путем прохождения по обе стороны от шва под различными углами к его оси.

Традиционный ультразвуковой контроль применяется на материалах, имеющих толщину не менее 2 мм [4]. Более высокая достоверность результатов контроля может быть получена на изделиях с толщиной стенки 3мм и выше. Объясняется это наличием так называемой «мертвой зоны» у наклонных преобразователей, в которой малая частота ввода луча не позволяет поймать быстро отражённый сигнал от подповерхностного дефекта.

Высокая шероховатость поверхности изделия, во-первых, дает существенное рассеивание входящего луча, а во-вторых приводит к усиленному износу пьезоэлектрического преобразователя, причем неравномерный износ последнего оказывает существенное влияние на точность определения координат дефекта. Минимально допустимая шероховатость для проведения ультразвукового контроля не должна превышать $R_z=40$ [5].

Конструктивный непровар, заложенный в соединение конструктором также не дает возможность применять ультразвуковой метод контроля, т.к. будет идентифицироваться им как дефект. На рисунке хорошо виден такой непровар.

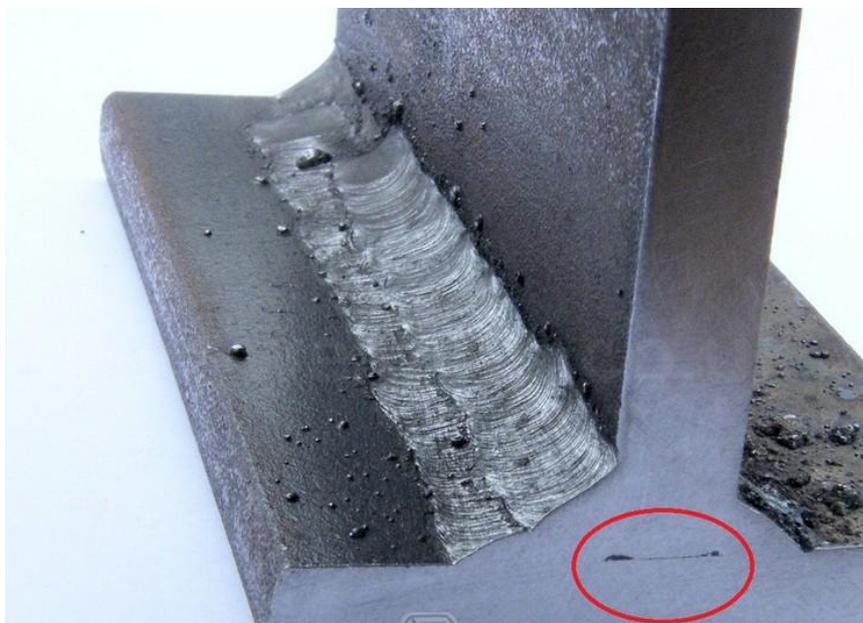


Рисунок 1 – конструктивный непровар в угловом шве таврового соединения

Подводя итоги, следует подчеркнуть явные достоинства ультразвукового метода контроля: он мобилен, позволяет ввести контроль в режиме реального времени, не представляет опасности для окружающих, хорошо подходит для выявления трещин в сварном шве, шлаковых включений, несплавлений, несплавлений.

К недостаткам следует отнести тот факт, что данный метод контроля является весьма субъективным методом, так как достоверность полученных результатов напрямую зависит от уровня квалификации дефектоскописта. Не является наглядным: в отличие от понятного рентгенографического снимка результаты контроля представляются в виде диаграммы. Ультразвук в следствие рассеивания луча малочувствителен к сферическим дефектами (порам).

И все же, несмотря на все достоинства и недостатки, данный метод контроля по праву прочно занял свою нишу в направлении контроля качества.

Список литературы

1. РД 03-495-02 - Технологический регламент проведения аттестации сварщиков и специалистов сварочного производства
2. ГОСТ 14782-86 - Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые
3. РД 34.17.302-97 - Котлы паровые и водогрейные. Трубопроводы пара и горячей воды, сосуды. Сварные соединения. Контроль качества. Ультразвуковой контроль. Основные положения
4. ГОСТ 7512-82 - Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод
5. РД 03-606-03 - Инструкция по визуальному и измерительному контролю

К ВОПРОСУ О СОВРЕМЕННЫХ СПОСОБАХ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

Ледников Е.А. – магистрант, Киселев В.С. – к.т.н., доцент.

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

Под контролем качества сварки подразумеваются проверка условий и порядок выполнения сварочных работ, а также определение качества выполненных сварных соединений в соответствии с техническими требованиями.

В сварочном производстве применяют следующие виды контроля: входной (предупредительный), текущий (пооперационный) и приемочный (выходной) готовых изделий и узлов.

Целью входного контроля является снижение вероятности возникновения брака при выполнении сварочных работ (контроль документации, качества исходных и сварочных материалов, квалификации сварщиков и т. д.). Текущий контроль осуществляется в процессе сборочно-сварочных работ. Приемочный, или выходной контроль, осуществляется для выявления наружных и внутренних дефектов сварки. Также различают разрушающие и неразрушающие методы контроля качества сварных соединений.

Все методы контроля делятся на две группы: разрушающие и неразрушающие.

Разрушающие испытания проводят на образцах-свидетелях, моделях и реже на самих изделиях для получения информации, прямо характеризующей прочность, качество или надежность соединений. К их числу относятся: механические испытания, металлографические исследования, химический анализ и специальные испытания. Эти методы применяют главным образом при разработке технологии изготовления металлических конструкций или для выборочного контроля готовой продукции.

При неразрушающих испытаниях оцениваются те или иные физические свойства, косвенно характеризующие прочность или надежность сварного соединения. Неразрушающие методы (ими проверяется свыше 80 % сварных соединений) применяют, как правило, после изготовления изделия для обнаружения в нем дефектов. В соответствии с ПБ 03-440-02 (пп. 1.7): неразрушающие методы контроля разделяют на: ультразвуковой (УК); акустико-эмиссионный (АЭ); радиационный (РК); магнитный (МК); вихретоковый

(ВК), проникающими веществами: капиллярный (ПВК), течеискание (ПВТ); визуальный и измерительный (ВИК); вибродиагностический (ВД); электрический (ЭК): электрохимзащита, контроль изоляции; тепловой (ТК).

Визуальному и измерительному контролю подвергается 100 % сварных соединений. контроль выполняют невооруженным глазом или с помощью лупы, используя шаблоны и мерительный инструмент. При этом проверяются геометрические размеры швов, наличие подрезов, трещин, непроваров, кратеров и других наружных дефектов.

Внутренние дефекты сварных соединений выявляют просвечиванием рентгеновскими лучами (толщина металла до 60 мм (рис. 1)), или гамма-лучами (толщина металла до 300 мм (рис. 2)). Выявление дефектов основано на различном поглощении рентгеновского или гамма-излучения участками металла с дефектами и без них. Результаты фиксируются на пленке или выводятся на специальный экран. Размеры выявляемых дефектов: при рентгенографии – 1...3 % от толщины металла, при радиографии – 2...4 %.

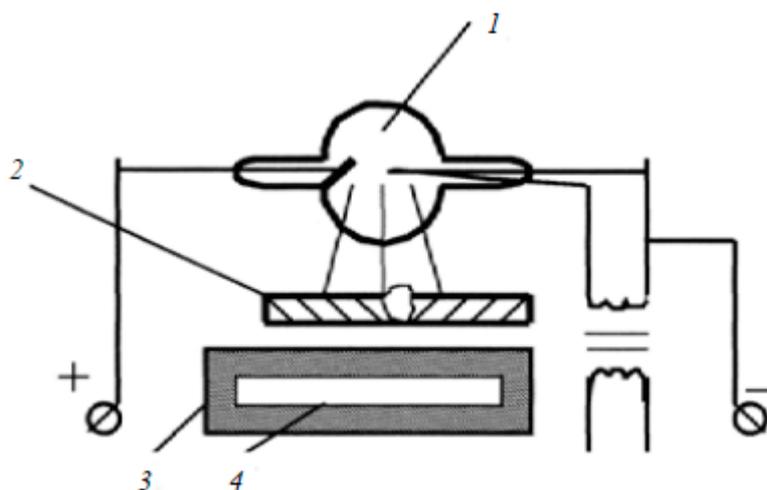


Рисунок 1 – Рентгенографический контроль сварных соединений: 1 – рентгеновская трубка; 2 – сварное соединение; 3 – кассета; 4 – пленка

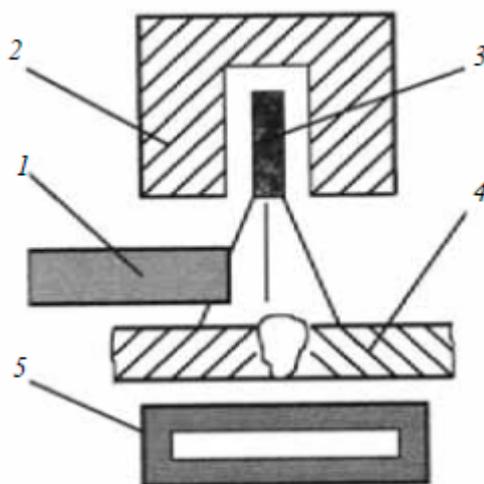


Рисунок 3 – Схема просвечивания гамма-лучами: 1 – затвор; 2 – свинцовая капсула; 3 – капсула с веществом; 4 – сварное соединение; 5 – кассета с пленкой

Магнитографический контроль основан на обнаружении полей рассеивания, образующихся в местах расположения дефектов при намагничивании контролируемых сварных соединений (рис. 3). Поля рассеивания фиксируются на эластичной магнитной ленте, плотно прижатой к поверхности шва. Запись производят на дефектоскопе.

Магнитографический контроль можно применять только для проверки сварных соединений металлов и сплавов небольшой толщины, обладающих ферромагнитными свойствами. Выявляют поверхностные и подповерхностные макротрещины, непровары, поры и шлаковые включения глубиной 2...7 % на металле толщиной 4...12 мм. Менее четко обнаруживаются поры округлой формы, широкие непровары (2,5...3 мм), поперечные трещины, направление которых совпадает с направлением магнитного потока.

Ультразвуковой контроль основан на способности ультразвуковых колебаний (механические колебания частотой 16...25 МГц) отражаться от поверхности, разделяющей среды с разными акустическими свойствами. Для получения ультразвуковых колебаний используют свойство титаната бария, кристаллов кварца и некоторых других веществ преобразовывать электрические колебания в механические и наоборот (обратный и прямой пьезоэффекты).

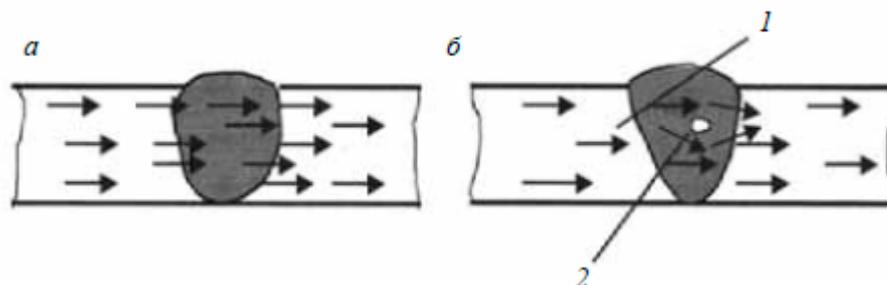


Рисунок 4 – Схема прохождения магнитного потока в сварном соединении:
 а – при отсутствии дефекта; б – при наличии дефекта; 1 – поле магнитного рассеяния;
 2 – дефекты шва

Ультразвуковой контроль имеет определенные преимущества перед радиационными методами: высокую чувствительность (площадь обнаруживаемого дефекта 0,2...2,5 мм² при толщине металла до 10 мм и 2...15 мм² при больших толщинах), возможность контроля при одностороннем доступе к шву, высокую производительность, возможность определения точных координат залегания дефекта, мобильность аппаратуры.

Основным методом УЗ-контроля является эхо-метод. Этим методом контролируют около 90 % всех сварных соединений толщиной более 4 мм.

На рис. 4 представлена принципиальная схема УЗ-контроля эхоимпульсным методом с совмещенной схемой включения искателя и приемника. Импульсный генератор 1 формирует короткие электрические импульсы с длинными паузами. Искатель 5 преобразует эти импульсы в ультразвуковые колебания. При встрече с дефектом волны от него отражаются, снова попадают на искатель и преобразуются в электрические колебания, поступающие на усилитель 2 и дальше на экран прибора 3. Зондирующий импульс генератора 6 размещается в начале развертки, импульс от донной поверхности 8 – в конце развертки, а импульс от дефекта 7 – между ними. В процессе контроля сварного соединения искатель перемещается зигзагообразно по основному металлу вдоль шва 4. Для обеспечения акустического контакта поверхность изделия в месте контроля обильно смазывают маслом (например, компрессорным).

К недостаткам метода следует отнести прежде всего низкую помехоустойчивость к наружным отражателям, резкую зависимость амплитуды сигнала от ориентации дефекта.

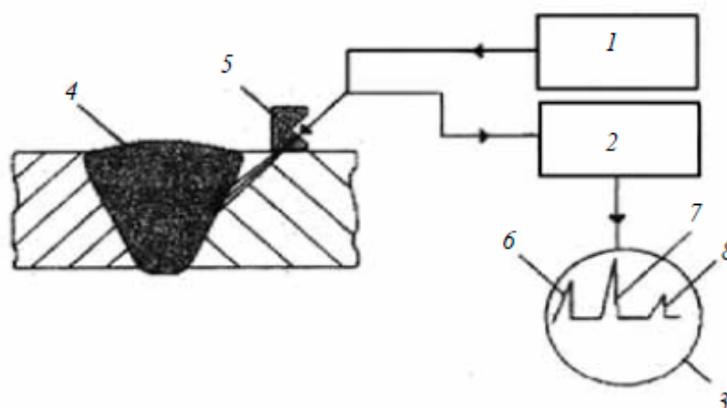


Рисунок 5 – Ультразвуковой контроль сварных соединений: 1 – генератор; 2 – усилитель; 3 – экран прибора; 4 – сварной шов; 5 – искатель-приемник; 6 – начальный импульс;
7 – импульс от дефекта; 8 – импульс от донной поверхности

Люминесцентная и цветная дефектоскопии относятся к методам капиллярной дефектоскопии. Контролируемую поверхность покрывают слоем флюоресцирующего раствора или ярко-красной проникающей жидкости. Затем раствор или жидкость удаляют, а поверхность облучают ультрафиолетовым светом (люминесцентный метод) или покрывают белой проявляющей краской (цветная дефектоскопия). В первом случае дефекты начинают светиться, а во втором – проявляются на фоне белой краски. С помощью этих методов выявляют поверхностные дефекты, главным образом трещины, в том числе в сварных соединениях из немагнитных сталей, цветных металлов и сплавов.

В каждом конкретном случае способ и объемы контроля качества сварного соединения выбираются в зависимости от назначения и степени ответственности конструкции в соответствии с отраслевыми нормативными документами, специальными техническими условиями или проектом.

ИССЛЕДОВАНИЕ РЫНКА УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ПРИБОРОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА

Ледников Е.А. – магистрант, Киселев В.С. – к.т.н., доцент

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

Ультразвуковой метод контроля - одна из наиболее распространенных технологий диагностирования. В ее основе лежит положение о неизменности траектории движения звуковых волн при их распространении в однородных материалах. Однако разные среды исследуемого объекта имеют собственное удельное акустическое сопротивление и по-разному отражают акустические волны. Преимущества данного метода: ультразвуковой контроль выполняется оперативно, для его проведения не требуется много времени; ультразвук безопасен для человеческого организма; оборудование для ультразвуковой диагностики компактно и мало весит.

Технология ультразвукового контроля особенно актуальна при оценке качества сварки, склейки и пайки.

На рынке присутствует огромное количество иностранных и ряд производителей ультразвуковых дефектоскопов отечественного производства, таких как: Olympus EPOCH 1000; SM-300 производства ToKimec Inc.; Авикон-02Р (ОАО «Радиоавионика»); УДЗ-103 ВД, УДЗ-204, УДЗ-307ВД «PELENG» (Научно-промышленная группа «Алтек»); УДЦ-201П (ГНЦ НПО «ЦНИИТМАШ»); УД 2-140 «Ультратех»; Сканер+ «Скаруч» производства ООО «АЛТЕС», и др.

Основные характеристики современных ультразвуковых дефектоскопов, представленных на рынке:

- универсальность;
- программное осуществление основных и дополнительных функций ультразвукового контроля;
- наличие меню выбора и управления параметрами контроля;
- работа в совмещенном, раздельном и раздельно - совмещенном режимах;
- система автоматической сигнализации дефектов;
- блок цифрового отсчета;
- запоминание изображения;
- отсечка;
- автономное питание;
- возможность защищенного исполнения.

На основании анализа технических характеристик ультразвуковых дефектоскопов осуществляется выбор и экспериментальная апробация методики ультразвукового контроля качества, позволяющие потенциально прогнозировать наличие или отсутствие дефектов сварного соединения. Аналитический выбор программных продуктов позволяет трансформировать протоколы контроля в табличный и графический вид, приведенный к одним единицам измерения для набора статистических данных по дефектам и распределения их по критериям.

Методика синтезирования отчетов и формирование начального уровня базы данных УЗ-сигналов возможна при проведении исследований с использованием прибора УДЗ-204. Для полного сбора данных подходит установка УЗК Сканер+ «Скаруч». По результатам исследований разработаны алгоритм обработки статистических данных акустических сигналов для выявления местоположения и характеристики дефектов сварных соединений, и алгоритм ультразвукового контроля, позволяющий использовать базу данных акустических сигналов для идентификации дефектов.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СТАЛЕЙ ГРУППЫ М01

Шакиров И.А., - магистрант, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент

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

В промышленности и строительстве широко применяются металлические сварные конструкции, относящиеся опасным техническим объектам, изготовление, реконструкция, монтаж и ремонт которых регламентируются нормативной документацией (далее НД). Требования НД распространяются на все аспекты производства, включая сварку.

Ручная дуговая сварка по-прежнему широко применяется при изготовлении сварных конструкций, особенно при выполнении монтажных работ. Качество сварных соединений во многом зависит от правильного выбора электродов. Однако оптимальный выбор электродов затруднен необходимостью учета большого количества факторов и отсутствием эффективного источника информации по сварочным электродам. В данной работе предпринята попытка создания базы данных электродов для объектов, изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей с классом прочности до 360 МПа

При создании информационной базы по электродам для ручной дуговой сварки были:

1. Поставлена задача и выбран программный продукт для разработки базы данных электродов для объектов, изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей с классом прочности до 360 МПа (группа материалов М01);
2. Разработаны информационные таблицы и связей между ними.
3. Созданы запросы к базе данных.

На первом этапе была осуществлена постановка задачи по разработке базы данных для сварочных электродов (группа материалов М01, указанная в РД 03-495-02 НАКС для аттестации персонала), а в качестве программного продукта использована система Access, объединяющая сведения из разных источников в одной реляционной базе данных. В ее состав входят конструкторы таблиц, форм, запросов и отчетов. В отличие от других настольных СУБД, Access хранит все данные в одном файле, хотя и распределяет их по разным таблицам, как и положено реляционной СУБД.

На втором этапе нам необходимо было определить базовые требования к выбору электродов, которые используются при разработке технологического процесса, а также были выбраны связи между таблицами.

Связи используются для извлечения информации по запросу требуемого объема. Связи проектируются с помощью конструктора связей Access. Следует отметить, что таблицы базы данных могут подвергаться изменению и дополнению информации.

На третьем этапе производилась отработка запросов к базе данных. В запросах специалист указывает, какая информация в данный момент работы нужна. При этом прорабатывались варианты максимального объема информации извлекаемого из базы данных при запросе.

На данном этапе работы по созданию базы данных электродов для объектов, изготавливаемых из углеродистых и низколегированных сталей с классом прочности до 360 МПа (группа материалов М01) с ней могут работать специалисты сварочного производства знакомые с программным продуктом Access. В дальнейшем предполагается создание упрощенного составления запроса к базе данных электродов для специалистов сварочного производства не знакомых с Access.

Выводы:

1. Сформулирована задача разработки базы данных электродов и выбран программный продукт для реализации проекта.
2. Созданы таблицы базы данных электродов и установлены связи между ними.
3. Разработаны запросы к базе данных электродов.

РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СВАРКИ НАГРЕТЫМ ИНСТРУМЕНТОМ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Сабрев В.А. - магистрант, Евменов Д.А. - магистрант, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Полиэтиленовые газопроводы, используемые при газификации регионов РФ, относятся к опасным техническим объектам, изготовление, реконструкция, монтаж и ремонт которых регламентируются нормативной документацией (далее НД). Требования НД распространяются на все аспекты производства, включая сооружение сварных конструкций.

Сварка нагретым инструментом наиболее широко применяется при сооружении газопроводов. Качество сварных соединений во многом зависит от правильного выбора параметров сварки. Однако оптимальный выбор параметров сварки затруднен необходимостью учета большого количества факторов. Для решения этой проблемы была предпринята попытка создания базы данных по сварке нагретым инструментом.

При создании информационной базы по сварке нагретым инструментом полиэтиленовых газопроводов была:

- поставлены задачи и выбран программный продукт для разработки базы данных сварки нагретым инструментом полиэтиленовых газопроводов;
- разработаны информационные таблицы и связей между ними;
- созданы запросы к базе данных.

На первом этапе была осуществлена постановка задачи по разработке базы данных сварки нагретым инструментом полиэтиленовых газопроводов. В качестве материала была

выбрана группа М61, указанная в РД 03-495-02 НАКС для аттестации персонала, а в качестве программного продукта использована система Access, объединяющая сведения из разных источников в одной реляционной базе данных. В ее состав входят конструкторы таблиц, форм, запросов и отчетов. В отличие от других настольных СУБД, Access хранит все данные в одном файле, хотя и распределяет их по разным таблицам, как и положено реляционной СУБД.

На втором этапе нам необходимо было определить базовые параметры сварки нагретым инструментом, которые используются при разработке технологического процесса, а также были выбраны связи между таблицами.

Связи используются для извлечения информации по запросу требуемого объема. Связи проектируются с помощью конструктора связей Access. Следует отметить, что таблицы базы данных могут подвергаться изменению и дополнению информации. Это особенно важно при изменении нормативных документов по сварке нагретым инструментом.

На третьем этапе производилась отработка запросов к базе данных. В запросах специалист указывает, какая информация в данный момент работы нужна. При этом прорабатывались варианты максимального объема информации извлекаемого из базы данных при запросе.

На данном этапе работы по созданию базы данных по сварке нагретым инструментом с ней могут работать специалисты сварочного производства знакомые с программным продуктом Access. В дальнейшем предполагается создание упрощенного составления запроса к базе данных по сварке нагретым инструментом для специалистов сварочного производства не знакомого с Access.

Выводы:

1. Сформулирована задача разработки базы данных сварки нагретым инструментом и выбран программный продукт для реализации проекта.
2. Созданы таблицы параметров режима сварки нагретым инструментом и установлены связи между ними.
3. Разработаны запросы к базе данных сварки нагретым инструментом.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ХАРАКТЕРНЫХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПРИ АТТЕСТАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ТРУБОПРОВОДОВ

Алилуев А.Ю. – магистрант, Сейдуров М.Н. – 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 для опасных производственных объектов, подконтрольных Федеральной службе по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзору).

Сварочные работы при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств 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 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 технических устройств для опасных производственных объектов, группа «Котельное оборудование» (КО) включает в себя 5 пунктов:

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

При выполнении аттестации технологии сварки, в соответствии с подготовленной программой аттестации, в обязательном порядке предусматривается сварка контрольных сварных соединений (КСС), которые необходимо подвергать разрушающим и неразрушающим методам контроля. Вопрос проведения неразрушающего контроля является актуальным, поскольку необходимо обязательное подтверждение качества КСС согласно требованиям нормативной документации.

В настоящей работе объектом исследования будут выступать технологические трубопроводы котельного оборудования.

Перед началом сварочных работ необходимо ознакомить сварщиков (специалистов сварочного производства I уровня по системе НАКС) с картой технологического процесса, разработанной инженером-технологом (специалиста сварочного производства не ниже III уровня по системе НАКС), в соответствии с которой будет выполняться сварка КСС [1].

После сварки КСС подвергают неразрушающему контролю. В рамках анализа в данной работе рассмотрены два наиболее распространенных метода:

- Визуальный и измерительный контроль (ВИК);
- Радиографический контроль (РК).

Рассмотрим более подробно каждый из приведенных методов.

ВИК – один из методов неразрушающего контроля оптического вида, который является основным и выполняется на всех стадиях производства, начиная от поступления материалов (входной контроль материалов), заканчивая приемкой готовой продукции.

После сварки КСС необходимо руководствоваться технологической картой на контроль, разработанной инженером-технологом лаборатории неразрушающего контроля и аттестованного в соответствии с требованиями ПБ 03-440-02. Стоит отметить, что в технологических картах по сварке так же указывается информация по геометрическим размерам готового сварного соединения, и технологические карты не должны противоречить друг другу на всех этапах производства. Параметры по ВИК стыкового сварного соединения для технологических трубопроводов приведены на рисунке 1.

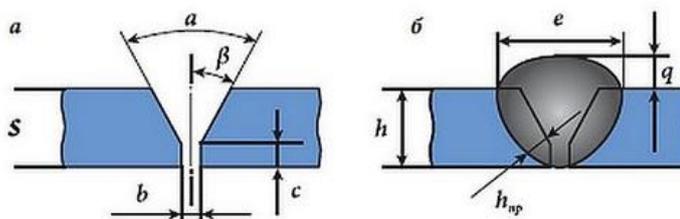


Рисунок 1 – Геометрические размеры стыкового сварного соединения (до сварки и после сварки) подготовленных кромок под сварку (а): угол разделки кромок, угол скоса одной кромки, толщина свариваемого металла, зазор между стыкуемыми кромками, притупление кромки; выполненного шва (б): высота шва, ширина шва, глубина провара, усиление шва

Выполнение КСС включает в себя следующие этапы:

1. Приемка сборки сварного соединения под сварку (проверка разделки кромок, притупления, зазора, переломов осей и смещений);
2. Приемка сварного шва после сварки (проверка геометрических размеров сварного шва, клейма сварщика, а также выявление дефектов).

Контроль качества изготовления изделий (деталей, сборочных единиц) выполняется с целью подтверждения их соответствия требованиям рабочих чертежей.

Дефекты, выявленные при проведении ВИК, должны быть исправлены до проведения последующего вида контроля другими методами, либо до выполнения технологической операции. Исправление дефектов в основном материале должно выполняться в соответствии с требованиями ПТД, действующей на предприятии (организации).

Наиболее удобные и распространенные средства измерения на производстве являются (учитывая специфику):

- УШС-3 (универсальный шаблон сварщика);
- Шаблоны для измерения катета для угловых швов;
- Штангенциркуль.

При необходимости на производстве всегда имеется (должно находиться на месте производства работ), набор для проведения ВИК (рисунок 2).

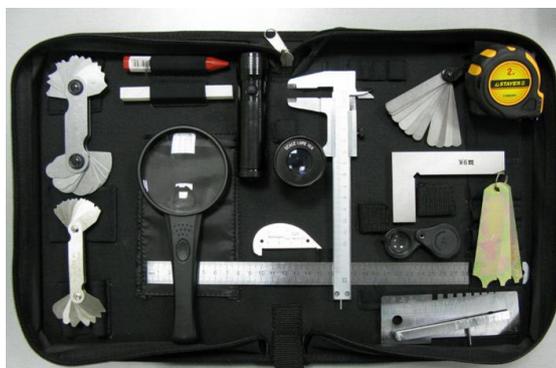


Рисунок 2 – Набор для визуального и измерительного контроля

ВИК является достаточно простым методом, тем не менее, может служить высокоэффективным средством для предупреждения и обнаружения дефектов. Только после проведения ВИК и исправления недопустимых дефектов сварные соединения подвергаются контролю другими физическими методами (рентгеновский контроль и др.) для выявления внутренних и поверхностных дефектов. Выборка дефектов, обнаруженных при контроле ВИК, может быть либо с частичной выборкой основного металла, либо с выполнением сквозного пропила (в случае, если дефект находится в корне шва).

Некоторые производители в целях экономии или некомпетентности игнорируют ВИК и другие методы неразрушающего контроля продукции или вспоминают о нем только на последней стадии сборки, либо уже непосредственно перед сдачей объекта. Это приводит к дополнительной потере времени и непредусмотренным расходам, когда контроль бывает технически неосуществим. Подобное отношение к контролю качества чаще всего приводит к аварийным ситуациям в процессе эксплуатации и способно привести даже техногенным катастрофам [2].

РК проводится с целью выявления в сварном соединении трещин, непроваров, пор, металлических и неметаллических включений. При невозможности проведения ВИК сварного соединения, РК может применяться и для выявления внешних дефектов: вогнутости корня, превышения проплава, подреза, прожога, утяжины и т.д.

РК проводится после исправления всех дефектов, обнаруженных при выполнении ВИК. Если допустимые по нормам для внешнего осмотра дефекты затрудняют расшифровку снимков и оценку качества сварного соединения, их необходимо устранить. Околошовная

зона (ОШЗ) должна быть зачищена от окалины, шлака, брызг расплавленного металла и других загрязнений. При контроле сварных соединений изделий сложной формы на каждое изделие или партию однотипных изделий рекомендуется составлять технологическую карту.

Разметку и маркировку сварных соединений следует выполнять способом, обеспечивающим сохранение разметки и маркировки участков до окончательной приемки сварного соединения.

Для проведения РК необходимо следующее оборудование:

1. Источник ионизирующего излучения (рентгеновский аппарат, рисунок 3);
2. Контролируемый объект (сварное соединение);
3. Детектор, регистрирующий дефектоскопическую информацию (рентгеновская пленка) и свинцовая пластина (для того чтобы лучи излучения зафиксировались на пленке);
4. Сопутствующее оборудование: маркировочные знаки, эталоны чувствительности, магниты (для закрепления рентгеновской пленки к сварному шву), при необходимости применяются специальные приспособления для размещения рентгеновского аппарата в необходимом пространственном положении (например, так называемые «пауки»).

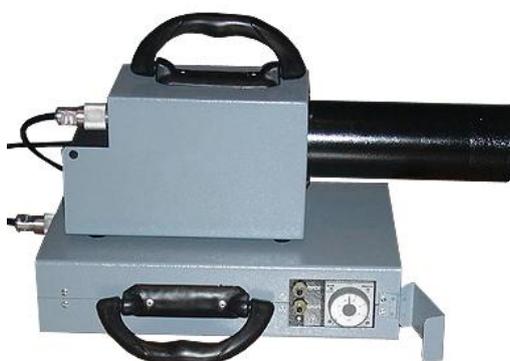


Рисунок 3 – Рентгеновский аппарат «Арина-3»

Маркировочные знаки устанавливаются на контролируемом участке или непосредственно на кассете с пленкой так, чтобы их изображение на снимке не накладывалось на изображение контролируемого сварного соединения и участков ОШЗ.

Наиболее распространены проволочные эталоны, приведенные на рисунке 4.

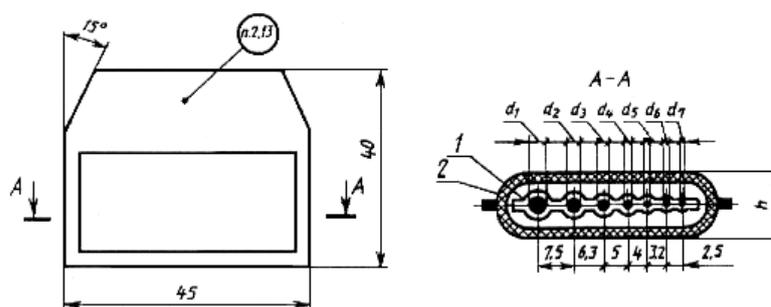


Рисунок 4 – Проволочные эталоны: вкладыш (1); чехол (2)

Маркировочные знаки должны обеспечивать возможность определения изделия и участка сварного соединения, к которому относится снимок, а также нахождения записи в журнале контроля, относящейся к снимку.

При расшифровке снимков определяют размеры изображений трещин, непроваров, пор и включений, а также, при необходимости, оценивают величину вогнутости и выпуклости корня шва (в случаях, когда корень шва недоступен для внешнего осмотра).

Таким образом, подтвердить качество контрольных сварных соединений, необходимых для аттестации сварочных технологий, возможно с помощью применения визуального и измерительного контроля, также радиографического контроля.

Список литературы

1. Алилуев А.Ю. Аттестация технологий сварки котельного оборудования на предприятиях Алтайского края / А.Ю.Алилуев, Д.В. Фитисов, Ю.О. Шевцов // Горизонты образования. – 2015. – Выпуск 17. – электронный ресурс [доступ свободный]. – http://edu.secna.ru/media/f/svarka_tez_2015.pdf. – С. 5-6.
2. Алилуев А.Ю. Исследование влияния вредных и опасных факторов при технологических процессах сварки в котельном оборудовании / Проблемы техносферной безопасности – 2015: сборник статей I Международной заочной научно-практической конференции (10 февраля 2015 года) // Под ред. Мельберт А.А., Вишняк М.Н.; Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2015. – С. 187-188.

РАЗРАБОТКА ДОКУМЕНТАЦИИ ПО АТТЕСТАЦИИ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ, МОНТАЖЕ И РЕМОНТЕ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

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

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

Одним из ведущих направлений в области машиностроения является сварочное производство. Главным фактором обеспечения качества выполняемых работ является аттестация персонала, аттестация сварочных материалов, оборудования и технологий [1]. На данный момент в России эту деятельность осуществляет Национальное Агентство Контроля Сварки (НАКС).

Целью работы является разработка документации по аттестации сварочных технологий в НАКС для группы технических устройств «Котельное оборудование» на предприятиях Алтайского края.

Котельное оборудование работает при высоких показателях температуры и давления, в связи с чем, возникает большая ответственность при выполнении работ по изготовлению, монтажу и ремонту котельного оборудования с соблюдением технологических процессов сварки, поэтому данный вопрос является актуальным.

В соответствии с РД 03-615-03 аттестации подлежат технологии выполнения сварки и наплавки, используемые при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств, оборудования и сооружений опасных производственных объектов.

Использование неаттестованных технологий при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств, оборудования и сооружений опасных производственных объектов не допускается [2].

Аттестация технологии должна производиться для каждого способа сварки отдельно. Допускается аттестация технологии, в которой используется несколько способов сварки (наплавки) в случае последовательного применения нескольких способов сварки (наплавки) при выполнении одного сварного соединения (наплавки), то есть при комбинированных методах сварки (наплавки).

За 2015 г. в Алтайском крае в НАКС аттестовалось 61 организация. Из них 25 (42,6%) предприятия аттестовалось по котельному оборудованию (рисунок 1).



Рисунок 1 – Удельный вес групп технических устройств при аттестации сварочных технологий в Алтайском крае за 2015 г.

По способу сварки (рисунок 2), наиболее распространенными, при сварке котельного оборудования, являются ручная дуговая сварка покрытыми электродами (РД), ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом (РАД), а также комбинированный способ (РАД+РД).

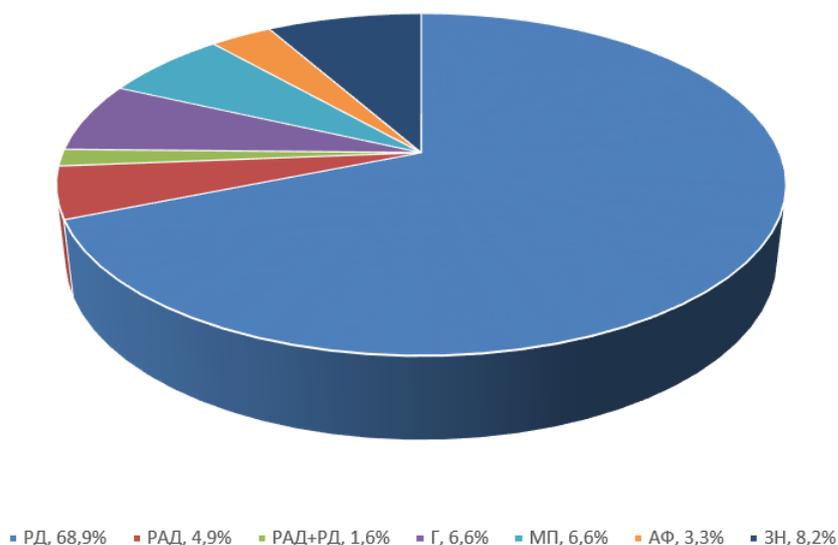


Рисунок 2 – Удельный вес способов сварки, применяемых при аттестации сварочных технологий в Алтайском крае за 2015 г.

Необходимо отметить, что область аттестации технологии сварки (аттестуемые группы технических устройств, способ сварки) должны совпадать с областью аттестации сварщиков, специалистов сварочного производства, оборудования и лаборатории контроля качества.

Перед началом проведения производственной аттестации аттестационный центр (АЦ), на основе анализа представленной организацией-заявителем информации, устанавливает, что заявляемая технология предусмотрена действующей нормативной документацией для данной группы технических объектов и не требует проведения исследовательской аттестации.

Для того, чтобы технология сварочных работ организации прошла аттестацию, необходимо собрать и предоставить следующий перечень документов:

- технологические документы, к которым относятся различные инструкции по проведению сварочных работ, описание технологий проведения сварочных работ, а также технологические карты;
- копии уставных документов организации;
- заполненная заявка на проведение аттестационных мероприятий, со всеми приложениями;
- копии удостоверений НАКС на всех рабочих и специалистов сварочного производства;
- копия договора с лабораторией НК или копия свидетельства, подтверждающих аттестацию лаборатории, осуществляющей контроль над качеством сварных соединений;
- копии свидетельства о прохождении аттестации, а также копии сертификатов на сварочные материалы;
- сертификаты или другие документы на сварочное оборудование.

Ниже изложен порядок прохождения аттестации.

1 этап. На основании заявки организации-заявителя АЦ совместно с организацией-заявителем составляет программу производственной аттестации.

Заявка является основным документом, с которого начинается рассмотрение технологии и направление аттестации. В заявке указывают физический и юридический адреса, общее положения, в котором информируют о наименовании технологии сварки подлежащей аттестации, виде аттестации (первичная, периодическая), продолжительность использования аттестуемой технологии, наличие результатов контроля, наличие аттестованного сварочного и термического оборудования, наличие аттестованных сварщиков и специалистов сварочного производства, наличие аттестованной лаборатории и специалистов по контролю качества. Далее указывают аттестационные требования, требования к контролю качества и дополнительные сведения.

К заявке прилагают следующие материалы:

- производственно-технологическая документация (ПТД) заявленного к аттестации технологического процесса, необходимая для составления программы производственной аттестации заявленной технологии, включая сведения о НД, регламентирующих применение аттестуемой технологии сварки (наплавки);
- справка о результатах контроля производственных сварных соединений за последние 6 мес., подписанная руководителем лаборатории и заверенная печатью организации-заявителя (при периодической аттестации);
- ксерокопии документов на аттестованных сварщиков и специалистов сварочного производства, на аттестованное сварочное оборудование, документы об аттестации лаборатории неразрушающих методов контроля и специалистов по контролю качества сварных соединений;
- данные о предыдущей аттестации (при периодической аттестации).

2 этап. АЦ создает аттестационную комиссию, в которую по согласованию с организацией-заявителем включает сотрудников данной организации (руководитель сварочных работ, представитель службы технического контроля, а также другие специалисты).

Направление производственной деятельности специалистов сварочного производства, входящих в комиссию, должно соответствовать заявляемой области аттестации.

В работе аттестационной комиссии может принимать участие представитель территориального органа Ростехнадзора России, осуществляющий контроль соблюдения процедур проведения аттестации.

3 этап. Состав комиссии, программа производственной аттестации и сроки проведения аттестации должны быть утверждены приказами по АЦ и по организации-заявителю. В

приказе организации-заявителя должно быть указано лицо, ответственное за технические вопросы проведения производственной аттестации.

Производственная аттестация технологии сварки (наплавки) проводится для каждой группы однотипных производственных сварных соединений (наплавов), выполняемых в данной организации.

4 этап. АЦ совместно с организацией-заявителем перед проведением производственной аттестации технологии сварки (наплавки) должен составить программу аттестации. «Программа производственной аттестации технологии сварки (наплавки)» должна быть подписана членами аттестационной комиссии и утверждена руководителем АЦ.

5 этап. При разработке «Программы производственной аттестации технологии сварки (наплавки)» должны быть учтены требования к производственной аттестации, изложенные в нормативных документах, утвержденных или согласованных в установленном порядке. 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 (наплавов);
- виды и объемы аттестационных испытаний 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.

6 этап. Программа внеочередной аттестации технологии сварки (наплавки) должна быть дополнительно согласована со специализированной организацией, указанной в действующей нормативной документации или Реестре САСв.

7 этап. Производственная аттестация проводится АЦ совместно с организацией-заявителем путем выполнения в производственных условиях контрольных сварных соединений (КСС) 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.

8 этап. Сварку КСС должны выполнять сварщики организации-заявителя, аттестованные в соответствии с «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).

Сварка КСС выполняется в присутствии представителя АЦ и представителя организации-заявителя, входящих в состав аттестационной комиссии, которые осуществляют контроль за выполнением операций по подготовке, сборке, подогреву, сварке и термической обработке, а также подготовке сварных соединений к последующему контролю.

9 этап. Первичной аттестации подлежит каждая технология сварки (наплавки), которая применяется (или может быть применена) данной организацией при изготовлении, монтаже и ремонте технических устройств опасных производственных объектов.

До проведения первичной аттестации организация должна иметь утвержденную в установленном порядке техническую документацию на технологию выполнения сварных соединений (наплавов), прошедшую исследовательскую аттестацию, аттестованное сварочное оборудование, а также аттестованный в соответствии с ПБ 03-273-99 и ПБ 03-495-02 персонал сварочного производства, обеспечивающую их соответствие предъявляемым требованиям.

10 этап. По результатам производственной аттестации АЦ составляет заключение о готовности организации-заявителя к использованию данной технологии. Заключение подписывается председателем и членами аттестационной комиссии с указанием фамилий и должностей. Заключение должно быть согласовано с руководителем организации-заявителя и утверждено руководителем аттестационного центра, выполнявшего производственную аттестацию.

После прохождения аттестации, 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);
- допускаемый диапазон толщин и диаметров свариваемых деталей;
- марка (сочетание марок) сварочных материалов с указанием стандартов или технических условий;
- допускаемые 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 аттестационный центр, передает 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.

Список литературы

1. Алилуев А.Ю. Аттестация технологий сварки котельного оборудования на предприятиях Алтайского края / А.Ю.Алилуев, Д.В. Фитисов, Ю.О. Шевцов // Горизонты образования. – 2015. – Выпуск 17. – электронный ресурс [доступ свободный]. – http://edu.secna.ru/media/f/svarka_tez_2015.pdf. – С. 5-6.
2. Алилуев А.Ю. Промышленная безопасность при производстве сварочных работ на опасных производственных объектах / А.Ю.Алилуев, Ю.О. Шевцов, М.В. Радченко // Горизонты образования. – 2015. – Выпуск 17. – электронный ресурс [доступ свободный]. – http://edu.secna.ru/media/f/svarka_tez_2015.pdf. – С. 1-2.

МЕХАНИЗМ ФОРМИРОВАНИЯ КАРБИДНОЙ ФАЗЫ В ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЯХ БЕЙНИТНОГО КЛАССА

Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент, Ковалев С.В. – инженер

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

При изготовлении сварных конструкций ответственного назначения, работающих в условиях низких температур, весьма актуальна проблема повышения ударной вязкости и

сопротивления хрупкому разрушению металла [1, 2]. Эти характеристики в значительной степени зависят от структурно-фазового состояния металла околошовной зоны (ОШЗ).

Исследования проводились на образцах-имитаторах из стали 24Х2Н4ч, полученных при нагреве до 860 °С и последующем охлаждении в скоростном диапазоне от 17,2 до 0,04°С/с со структурой от мартенситной до феррито-перлитной, соответственно. Особый интерес представляют образцы, охлажденные со скоростью $\omega_{6/5}$ от 7,2 до 1,6 °С/с, так как в них сформировалась промежуточная структура зернистой морфологии (рисунок 1).

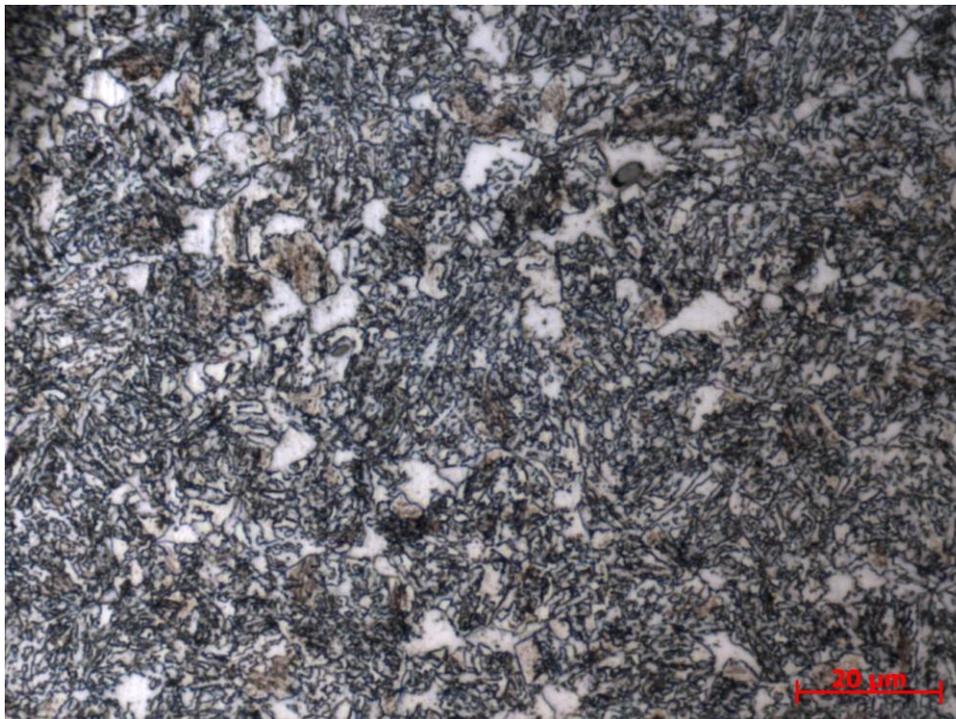


Рисунок 1 – Микроструктура бейнита зернистой морфологии

Формирование промежуточной структуры зернистой морфологии происходит по следующему механизму. На границах аустенитных зерен, где зарождение центров кристаллизации облегчено, диффузионным путем образуется доэвтектоидный феррит. В оставшемся еще не превращенном аустените концентрация углерода повышается, устойчивость его при этом увеличивается. Так как процесс формирования зернистого бейнита идет в высокотемпературной области бейнитного превращения, то скорость диффузии углерода в еще не превратившийся аустенит повышенная. Предположительно, часть обогащенного углеродом аустенита в дальнейшем претерпевает распад на бейнитный феррит и карбиды, а часть после охлаждения остается непревращенной с сохранением высокой концентрации углерода.

С целью уточнения тонкой структуры были произведены рентгеноструктурный анализ (рисунок 2) и электронная микроскопия исследуемых образцов (таблица 1). Выявлено, что в промежуточной структуре зернистой морфологии карбидная фаза представлена двумя типами карбидов: $Me_{23}C_6$ – карбиды хрома $(Fe,Cr)_{23}C_6$ и карбиды Me_3C – карбиды железа $(Fe,Cr,Mn)_3C$.

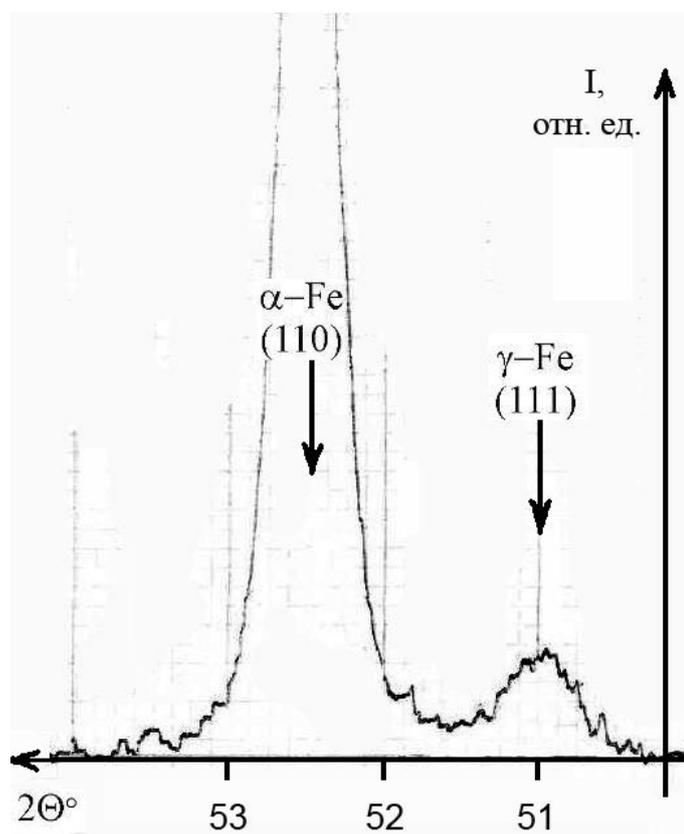


Рисунок 2 – Рентгеновская дифракционная картина, снятая на Co-K α излучении с участка перегрева ОШЗ стали 24Х2Н4ч. Скорость охлаждения $\omega_{6/5} = 1,85$ °C/c

Таблица 1. Объемные доли фаз в образцах стали 24Х2Н4ч

Фаза	$\omega_{6/5} = 1,85$ °C/c (%)			$\omega_{6/5} = 2,5$ °C/c (%)		
	1	2	3	1	2	3
α -фаза	88,9	75...81	5,0	91	84...87	88,03
γ -фаза	9	19...25	14	6,7	9...12	8,5
Me ₂₃ C ₆	2,0	-	-	0,64	-	-
Fe ₃ C	~0,1	-	-	2,83	-	-

Примечание: 1 – объемные доли фаз, измеренные по методу электронной микроскопии; 2 – объемные доли фаз, измеренные по методу рентгеноструктурного анализа; 3 – средние значения между методами электронной микроскопии и методом рентгеноструктурного анализа.

Карбиды хрома – это частицы округлой формы, резко отличающиеся по размеру (рисунок 3). Крупные частицы ($d \approx 0,2$ мкм) расположены, в основном, в стыках и на границах фрагментов фрагментированного феррита. Мелкие карбиды ($d \approx 10...20$ нм) глобулярной формы расположены преимущественно на дислокациях внутри всех структурных составляющих α -фазы. Однако их объемная доля не велика и в материале не превышает 0,1%.

В отличие от карбидов хрома, карбиды железа (Fe,Cr,Mn)₃C имеют вытянутую пластинчатую форму и располагаются внутри реек и пластин бейнитной α -фазы [3, 4].

Анализ диаграммы состояния Fe-Cr-C показывает, что карбиды хрома (Fe,Cr)₂₃C₆ не должны образовываться в исследуемой стали. Предположительно присутствие карбида (Fe,Cr)₂₃C₆ в исследуемой структуре можно объяснить тем, что на начальных стадиях

промежуточного превращения наряду с перераспределением углерода происходит и перераспределение хрома.

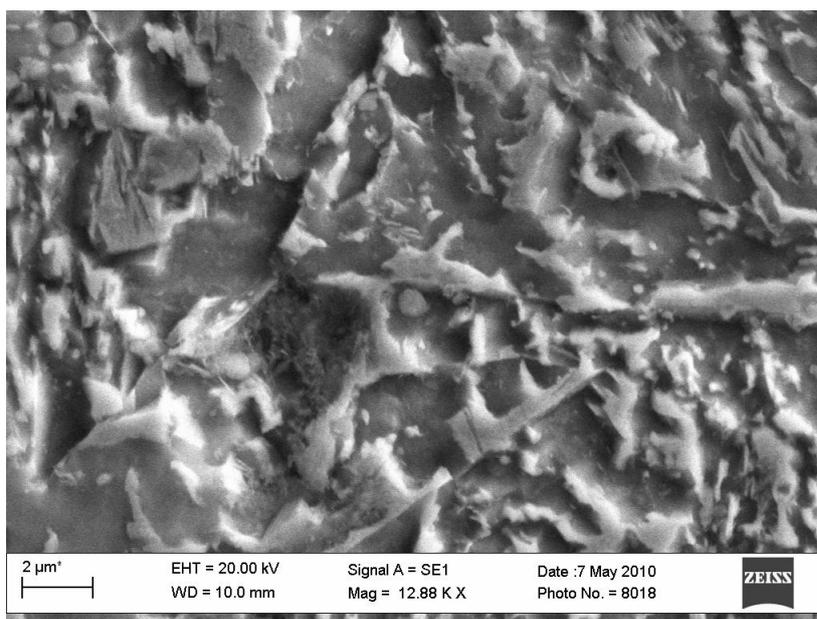


Рисунок 3 – Фрагменты феррито-карбидной смеси в стали 24X2HAc

Таким образом, углерод перераспределяется от фронта фазовой γ - α перекристаллизации, а хром, наоборот, перераспределяется к фронту. В результате на фронте перекристаллизации аустенит обедняется углеродом и обогащается хромом. Из аустенита такого состава и происходит выделение глобулярных карбидов хрома.

Список литературы

1. Иванайский А.А. Разработка и внедрение инженерного программного комплекса по оценке и прогнозированию механических свойств сварных соединений на основе сбора и обработки экспериментальной информации и компьютерного моделирования / А.А. Иванайский, М.Н. Сейдулов // Ползуновский альманах. – 2008. – № 2. – С. 112-114.
2. Сейдулов М.Н. Повышение эксплуатационной надежности основных несущих сварных узлов буровых установок из высокопрочных сталей бейнитного класса / М.Н. Сейдулов, Д.П. Чепрасов, А.А. Иванайский // Ползуновский альманах. – 2008. – № 3. – С. 187-188.
3. Чепрасов Д.П. Особенности формирования бейнитных структур зернистой морфологии в ОШЗ сварных соединений из высокопрочных низколегированных сталей / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдулов, А.А. Иванайский // Сварочное производство. – 2009. – № 7. – С. 7-11.
4. Сейдулов М.Н. Оценка и прогнозирование структуры и свойств сварных соединений из высокопрочных сталей бейнитного класса / М.Н. Сейдулов, Е.А. Иванайский, А.А. Иванайский // Ползуновский вестник. – 2009. – № 4. – С. 191-194.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ЭНЕРГЕТИЧЕСКОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

Щёткин А.И. – аспирант, Сабрев В.А. – магистрант

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

Аннотация

В данной работе рассмотрены виды разрушающих воздействий на высоконагруженное оборудование теплоэнергетического комплекса. Выявлены преимущества сверхзвуковых методов нанесения защитных покрытий перед дозвуковыми. Кроме этого, выявлены недостатки зарубежного оборудования для СГП-наплавки. Сформулированы основные требования, предъявляемые к отечественной установке для наплавки защитных покрытий. Представлена микроструктура наплавленного защитного покрытия на основе порошкового сплава ПГ-СР-3 системы Ni-Cr-B-Si.

Эксплуатация различных машин и механизмов зачастую характеризуется высокими механическими и тепловыми нагрузками на их узлы и детали. Помимо этого, сюда могут добавиться воздействия различных, не менее разрушительных, агрессивных сред. Важнейший показатель надежности и долговечности механизма в целом - состояние поверхностного слоя его деталей. Даже сравнительно небольшое повышение стойкости к определенным воздействиям, как правило, приводит к колоссальной экономической выгоде.

Особо актуальна проблема поверхностного износа в теплоэнергетике, где интенсивному абразивному износу частицами золы и несгоревшего топлива при высоких температурах (более 650⁰ С), а также окислительному воздействию воздуха с продуктами горения, подвергаются внутренние, труднодоступные части отопительных котлов. Сущность абразивного износа заключается в том, что крупные частицы, обладающие достаточной твердостью и остротой граней, при ударах о стенку трубы непрерывно срезают с поверхности микроскопически малые слои металла, постепенно уменьшая в этом месте толщину стенки трубы. Помимо абразивного износа, большой разрушительной силой обладает колебание температур. Вследствие циклического нагрева и охлаждения, рабочая поверхность детали быстро покрывается сеткой трещин, проникающих иногда на значительную глубину и вызывающих потерю размеров и даже разрушение. Способность сопротивляться этому воздействию называется жаростойкостью. Помимо этого, в теплоэнергетике нельзя пренебрегать таким свойством металлов, как жаростойкость – сопротивление окислению поверхностного слоя с последующим отслоением. Все эти негативные процессы неизбежно приводят к выходу из строя отдельных деталей энергетических установок, и создается риск возникновения аварийной ситуации. При этом для ликвидации последствий необходимо остановить процесс сжигания топлива, дать оборудованию остыть, что влечёт за собой простой оборудования, затраты на ремонт (до 40% от стоимости основного оборудования) и прекращение подачи тепла потребителям.

Логичным выходом из сложившейся ситуации является изготовление отдельных деталей и узлов отопительных установок из легированных конструкционных сталей. Этот шаг экономически нецелесообразен в виду высокой стоимости материала, а также очень сложного процесса изготовления с технической точки зрения.

В настоящий момент единственным правильным, по нашему мнению, выходом из создавшегося положения является создание многофункциональных защитных покрытий на поверхности деталей отопительных котлов, подверженных наиболее сильному поверхностному износу.

Основные задачи, которые выполняют защитные покрытия – это защита основного металла от коррозионного, теплового, абразивного, эрозионного, адгезионного, вибрационного изнашивания и их комбинаций.

Для этих целей используется целый ряд различных электротехнологических процессов: газопламенное, плазменное, газодетонационное, холодное газодинамическое напыление, а также получение износостойких защитных покрытий путем применения наплавочных

процессов с использованием различных источников теплоты (электрическая дуга, газовые, плазменные струи, импульсно- индукционный нагрев, лазерное излучение, электронные пучки в вакууме и атмосфере воздуха и др.)

Одним из наиболее прогрессивных и эффективных направлений создания покрытий с заданными свойствами на рабочих поверхностях является нанесение защитных покрытий с использованием концентрированных потоков энергии. Среди различных методов нанесения покрытий в последние годы активно развиваются методы с использованием сверхзвуковых газовых струй, в частности процессы напыления и наплавки порошковых износостойких материалов. Здесь для нанесения покрытий используется струя продуктов сгорания топливоздушная смеси. В струе частицы распыляемого материала разгоняются до 800 м/с, нагреваясь при этом ниже точки плавления.

Основными технологическими преимуществами сверхзвукового газопорошкового метода нанесения защитных покрытий, по сравнению с дозвуковым, являются:

- уменьшение расхода горючего и окислительного газов при одинаковом давлении: кислорода - в 1,3...2,0 раза, пропана в 1,3...1,8 раза;
- уменьшение длины факела пламени в 3...5 раз;
- уменьшение времени нагрева в 1,8...2 раза;
- увеличение скорости наплавки в 1,8...2 раза;
- уменьшение размеров пятна нагрева и повышение концентрации теплоты в пятне нагрева в 4...5 раз.

В мире активно используются зарубежные установки высокоскоростного газопламенного напыления HVOF (High Velocity Oxygen Fuel): Tafa-Praxair (США), Sulzer Metco (Швейцария).



Рисунок 1 - Модель 5220 пистолета фирмы «Praxair» (США)

Несмотря на очевидные преимущества, основным недостатком процесса газопламенного напыления являются относительно низкая адгезионная прочность сцепления покрытия с основой, а в среде высоких температур отслоение произойдет гораздо быстрее. Кроме этого недостатки имеет и вышеуказанное оборудование:

- высокая стоимость установок (6...8 млн. руб.) и запасных частей;
- необходимость использования дорогостоящих мелкодисперсных (10...45 мкм) зарубежных порошковых сплавов;
- высокая квалификация персонала для эксплуатации, обслуживания и ремонта;
- использование только в заводских условиях.

Эти проблемы решаются заменой процесса напыления на процесс создания неразъемного соединения покрытия с поверхностью детали – наплавку, с использованием отечественного оборудования и расходных материалов. На котлах не может быть использован из-за высоких технологических температур.

Однако процесс сверхзвуковой газопорошковой наплавки на мировом рынке технологий существует всего около 15 лет, при этом приоритет и при всей перспективности является малоизученным.

Инструментом для выполнения процесса сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки) является сверхзвуковой пистолет (рисунок 2). Система подачи

наплавляемого порошка – эжекционная с продувкой порошкового канала сжатым воздухом. Данная система позволяет избежать засорения канала при различных технологических режимах наплавки.



Рисунок 2 – Пистолет для СГП-наплавки

На данное устройство и на процесс наплавки были получены патенты:

- Патент РФ № 60410, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки;

- Пат. РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки.

К преимуществам данной аппаратуры следует отнести:

- возможность использования отечественных, серийно выпускаемых, более доступных порошковых материалов с размером фракции 40...100 мкм (ПГ-СР3);

- мобильность, компактность, простота использования данной аппаратуры, что позволяет производить наплавочные работы в полевых условиях в отличие от сложных стационарных зарубежных установок, использующихся только в заводских условиях;

- стоимость разработанной аппаратуры на 1-2 порядка ниже выпускаемого за рубежом сверхзвукового технологического оборудования.

С помощью разработанного оборудования неоднократно были получены образцы наплавленного защитного покрытия на основе порошкового сплава ПГ-СР-3 системы Ni-Cr-V-Si отечественного производства.

Для проведения исследований из полученных образцов изготавливались шлифы методами механического шлифования с последующим полированием. Далее образцы подвергались структурному травлению химическими реактивами. Исследования проводились на микроскопе НЕОРНОТ 32. Изображения микроструктур получены с помощью оцифровки при увеличении $\times 320$. Съёмка производилась на поверхностях основного и наплавленного металлов, а также границе сплавления.

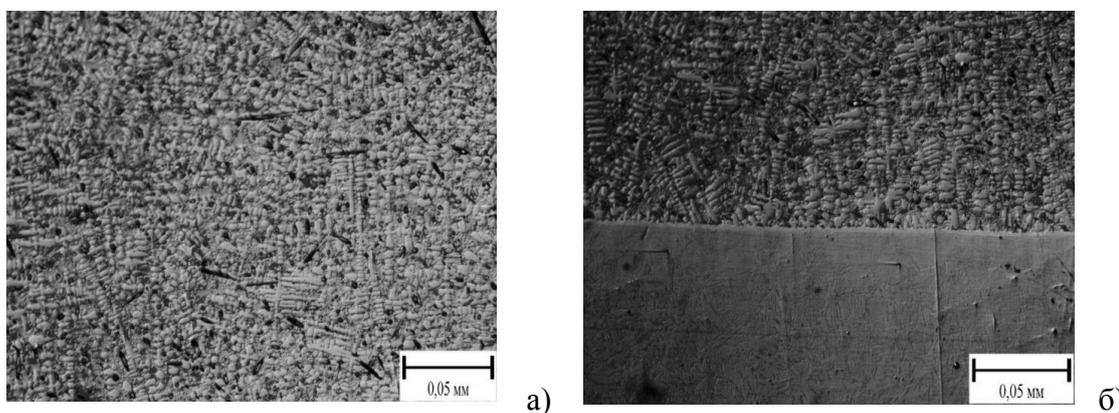


Рисунок 3 – Микроструктура покрытий: (а) – наплавленный металл, (б) – граница сплавления основного и наплавленного металлов

Микроструктура покрытий, наплавленных на образцы, представлена никелевой матрицей с карбидами и боридами, равномерно распределенными как вблизи границы сплавления, так и по мере удаления от нее. Структура основного металла соответствует феррито-перлитной структуре, то есть воздействие источника нагрева не приводит к изменению структуры основного металла. При рассмотрении границы сплавления не выявлено. Граница относительно ровная, что положительно сказывается на надежности сплавления покрытия с основой, что также подтверждается результатами исследования микротвердости по границе сплавления.

Список литературы

1. Радченко М.В., Киселев В.С. Разработка технологии создания защитных покрытий для повышения надежности и безопасности промышленного производства. Проблемы техносферной безопасности. 2015. Сб. статей I Междунар. заочной научно-практической конференции (10 февраля 2015 г.) / под ред. А.А. Мельберт, М.Н. Вишняк. Барнаул: АлтГТУ, 2015. С. 163–165.
2. Ежегодный научно-технический и производственный журнал – Актуальные проблемы в машиностроении. 30 марта 2016. Материалы третьей международной научно-практической конференции / под ред. В.Ю. Скиба. Новосибирск: НГТУ, 2016. С. 146–152.
3. Пат. РФ № 60410, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, Д.А. Нагорный, С.А. Маньковский; заявлен. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.
4. Пат. РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки / М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, В.В. Игнатьев; заявл. 19.03.2007. опубл. 10.02.2009, Б.И. № 4.

МОДЕРНИЗАЦИЯ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПорошковой НАПЛАВКИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ С ПОМОЩЬЮ СОВРЕМЕННОГО ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА SOLIDWORKS 2016

Щёткин А.И. - аспирант, Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Промышленная безопасность при эксплуатации высоконагруженных машин и механизмов в большой степени зависит от их надёжности и долговечности. Одним из важных показателей при этом является износостойкость поверхностных слоев деталей – даже относительно небольшое повышение износостойкости дает значительный экономический эффект. Одним из наиболее прогрессивных и эффективных направлений создания деталей с заданными свойствами на их рабочих поверхностях является нанесение защитных покрытий с использованием концентрированных потоков энергии.

Среди различных методов нанесения покрытий в последние годы активно развиваются методы с использованием концентрированных сверхзвуковых газовых струй, в частности процессы напыления порошковых износостойких материалов.

Однако, как и всем методам напыления, этому методу присущ практически неустранимый недостаток – возможность с течением времени отслоения покрытия от основы, что снижает уровень промышленной безопасности при эксплуатации оборудования.

Эта проблема решается заменой процесса напыления на процесс создания неразъёмного соединения покрытия с поверхностью детали – наплавкой с использованием сверхзвуковых газопорошковых струй.

Технология и аппаратура для сверхзвуковой газопорошковой наплавки самофлюсующихся порошковых сплавов системы Ni–Cr–B–Si на поверхности деталей позволяет получить износостойкие комбинированные покрытия, устойчивые к различным

видам износа в различных отраслях промышленности, включая машиностроение, в том числе и оборонное, теплоэнергетику.

Однако процесс наплавки на рынке российских технологий существует всего порядка 15 лет и при всей перспективности является малоизученным.

Целью работы является модернизация конструкции ранее запатентованного устройства для сверхзвуковой газопорошковой наплавки многофункциональных защитных покрытий.

При проведении конструкторско-технологических исследований были выявлены основные недостатки существующего оборудования, на основе этого выделены основные требования, предъявляемые к новому модернизированному устройству:

- более интенсивное охлаждение сверхзвуковой горелки;
- увеличение скорости и повышение ламинарности газовой струи;
- стабилизация и увеличение потока порошковой смеси;
- стабилизация сверхзвуковой газопорошковой струи.

В соответствии с сформулированными требованиями были поставлены и решены следующие задачи:

- увеличение диаметра каналов с целью свободного прохождения охлаждающей жидкости через все горелку;
- расчет, проектирование и изготовление сопел с числом Маха М4 и М6;
- изготовление внутреннего профиля сопел с более плавной конфигурацией (без переломов);
- изготовление канала подачи порошка не перпендикулярно газовой струе, а под максимально острым технически реализуемым углом для увеличения степени ламинарности газопорошкового потока;
- увеличение толщины стенки между каналом с охлаждающей жидкостью и каналом подачи порошка с целью минимизации конденсата в каналах, затрудняющего подачу наплавляемого материала;
- исследование влияния конфигурации насадок на сопла на процесс формирования газопорошковой струи в условиях её обжатия сжатым воздухом.

Помимо этого, конструкция пистолета должна быть надежной, простой в изготовлении и обслуживании, а также соответствовать всем современным нормам и правилам.

На современном этапе развития средств компьютерного моделирования процесс проектирования любого изделия сложно представить без проведения инженерного анализа, в том числе прочностного, теплового, электромагнитного и т.д. Инженерные расчеты призваны сократить время, затрачиваемое специалистом на поиск рациональных конструктивных решений, позволяют избежать ошибок до начала изготовления изделия, свести до минимума количество натурных испытаний и в кратчайшие сроки получить приемлемый результат.

Для проектирования модернизированного пистолета для СГП-наплавки был использован современный программный комплекс SolidWorks 2016, предназначенный для автоматизации работ промышленных предприятий на этапах конструкторской и технологической подготовки производства.

Редактор SolidWorks 2016 позволяет создавать трехмерные модели отдельных деталей, сборочные единицы, состоящие из нескольких деталей, и чертежи по деталям.

Все детали новой конструкции горелки были изготовлены на токарно-фрезерном обрабатывающем центре высокой точности DMG 1250 CTX Beta.

Для изготовления внутреннего профиля сопел Лавалья был разработан уникальный осевой режущий инструмент (зенкер), который, в свою очередь, был изготовлен на шлифовально-заточном станке ANCA RX7 из твердосплавного материала.



Рисунок 1 – Процесс изготовления зенкера

Основная сложность заключалась в изготовлении критического сечения сопла, диаметр которого менее миллиметра. Расчетные значения диаметров критических сечений экспериментальных сопел Лавалья для чисел маха М2, М4 и М6 составляют 0,9; 0,7 и 0,5 мм соответственно. Данная операция была проделана на электроэрозионном микрофрезерном станке SARIX SX200 (Швейцария). Внутренняя поверхность отполирована вручную высококвалифицированным доводчиком.

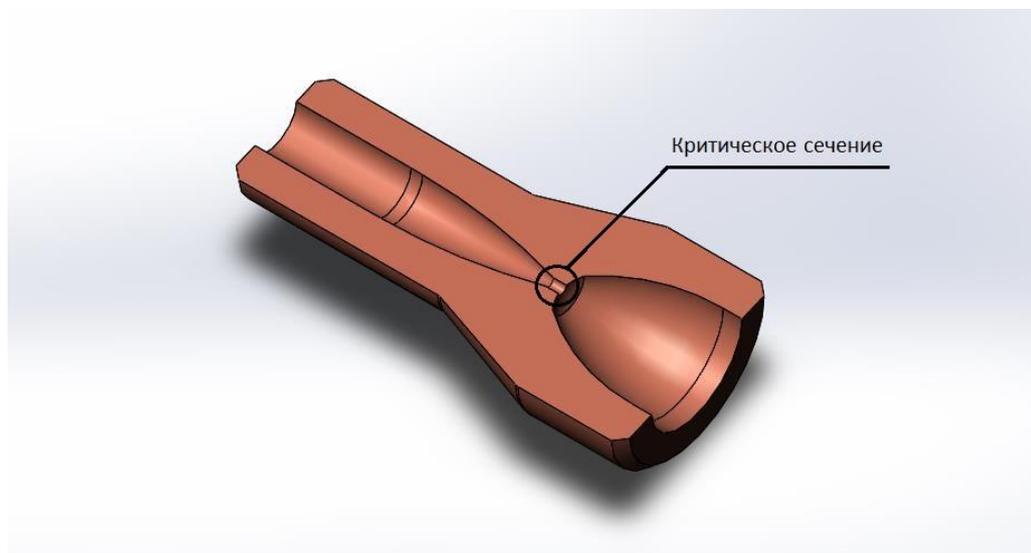


Рисунок 2 – Модель экспериментального сопла Лавалья в разрезе

Смеситель и рукоятка были заимствованы от наиболее отработанного технологического оборудования для нанесения покрытий способом дозвукового газопорошкового напыления «КЕДР». Внешний вид представлен на рисунке ниже.

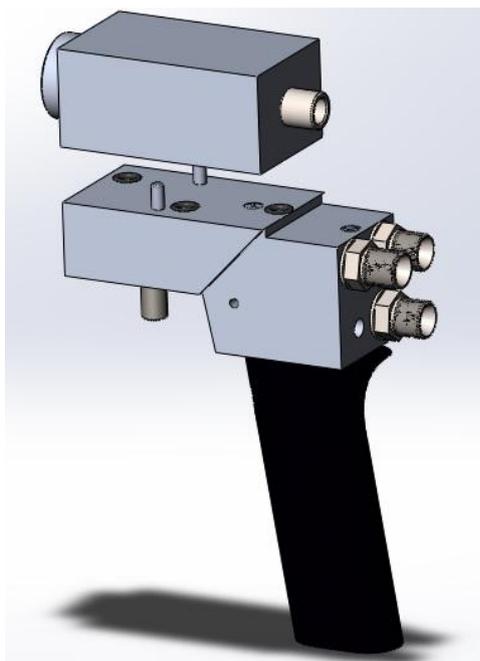


Рисунок 3 – Модель пистолета для напыления «Кедр»

Внешний вид не претерпел изменений, что нельзя сказать о внутренней конструкции смесителя. Связано это с тем, что, в установке «Кедр» смешение порошка, горючего газа и окислителя происходит непосредственно в смесителе. Модель смесителя в разобранном виде представлена на рисунке ниже

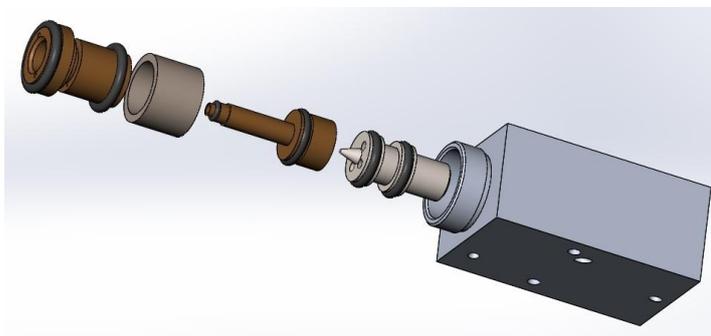


Рисунок 4 – модель смесителя установки «Кедр» в разобранном виде

Тогда как, разработанное нами устройство является сверхзвуковым, и ускорение газового потока происходит при прохождении через критическое сечение сопла Лавалья. Смешение горючего газа с окислителем происходит в камере перед критическим сечением сопла. А порошок, в свою, очередь подается после сопла Лавалья, непосредственно в разогнанную до сверхзвуковой скорости подожженную газовую струю. Результат модернизации смесителя представлен на рисунках ниже

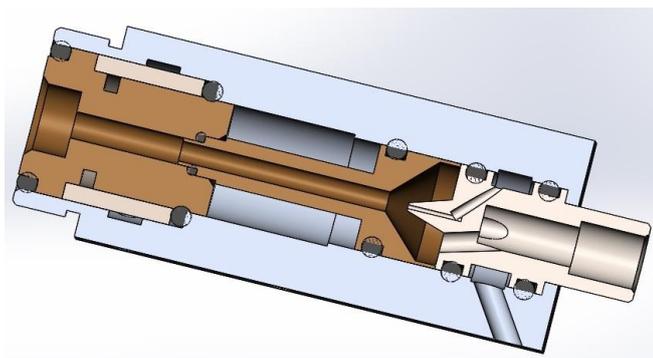


Рисунок 5 – Модель смесителя от установки «Кедр» в разрезе

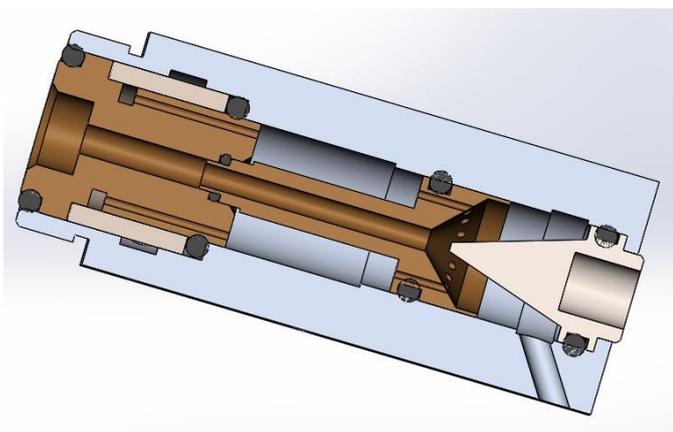


Рисунок 6 – Модель модифицированного смесителя в разрезе

Таким образом, новый пистолет для СГП-наплавки защитных покрытий состоит из модифицированного смесителя от установки «КЕДР», а также полностью уникальной горелки, состоящей из восьми составных частей, выполняющих разные функции. К сожалению подробные изображения основных частей разработанного устройства отсутствуют, т. к. в настоящее время проводится патентный поиск, изготовление и сертификация оборудования. Весомыми преимуществами данной аппаратуры является простота управления и обслуживания при относительной дешевизне и сохранении качества покрытий на уровне электронно-лучевого плакирования, высокая мобильность, что позволяет использовать ее непосредственно на объекте.

Для быстрой смены сопла и простоты разборки пистолета был изготовлен специализированный ключ, позволяющий выполнять им одним сборку всей конструкции.



Рисунок 7 – Специализированный ключ с гравировкой

Таким образом, для реализации данного проекта были проведены конструкторско-технологические исследования с помощью передовых современных средств автоматизированного проектирования. Модернизированное устройство стало обладать следующими качественными характеристиками:

- увеличенным диаметром каналов, обеспечивающих свободное прохождения охлаждающей жидкости через сопло Лавала;
- каналами подачи порошка под максимально острым технически реализуемым углом, что должно положительно влиять на увеличение степени ламинарности газопорошкового потока;
- уменьшенной вероятностью образования конденсата в каналах, затрудняющего подачу порошкового сплава за счёт увеличенной толщиной стенки между каналом с охлаждающей жидкостью и каналом подачи порошка;
- наличием насадок на сопла различной конфигурации для обжата газопорошковой струи.

Список литературы

1. Радченко М.В., Киселев В.С. Разработка технологии создания защитных покрытий для повышения надежности и безопасности промышленного производства. Проблемы техносферной безопасности. 2015. Сб. статей I Междунар. заочной научно-практической конференции (10 февраля 2015 г.) / под ред. А.А. Мельберт, М.Н. Вишняк. Барнаул: АлтГТУ, 2015. С. 163–165.
2. Praxair surface technologies - TAFA: HP/HVOF equipment solutions. 2009.
3. Пат. РФ № 60410, МПК В22В 19/06. Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, Д.А. Нагорный, С.А. Маньковский; заявлен. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007 в Б.И. № 3.
4. Пат. РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки / М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, В.В. Игнатьев; заявл. 19.03.2007. опубл. 10.02.2009, Б.И. № 4.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ЗАРУБЕЖНЫХ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Щёткин А.И. - аспирант, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор.

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

Для восстановления изношенных поверхностей наплавкой с помощью концентрированных потоков энергии широкое применение получили порошковые самофлюсующиеся сплавы системы Ni-Cr-B-Si, в которые нередко добавляют карбиды, бориды тугоплавких металлов (вольфрам, ванадий, хром, молибден) для образования композиционных сплавов с более высокими физико-механическими свойствами.

В последние годы отечественная промышленность и зарубежные фирмы («Метко» (Италия), «Кастолин» (Швейцария) и др.) расширяют выпуск биметаллических терморезирующих порошковых сплавов, обладающих экзотермическими свойствами, повышающими прочность сцепления покрытия с основой и физико-механические свойства в целом. Их применяют в качестве подслоя или для напыления основного слоя. Они состоят из частиц сферической или близкой к ней формы. Каждая частица экзотермических порошков состоит из никелевого ядра, покрытого тонким слоем мелкодисперсного алюминия. Представленные в таблице 1 порошки используются не только как износостойкие покрытия для восстановления деталей машин. Их можно применять как жаро-, тепло-, коррозионностойкие покрытия для деталей, работающих при повышенных температурах, в условиях окислительных сред, что способствует повышению долговечности детали, узла.

Таблица 1 – Состав наиболее распространенных порошковых сплавов отечественного и зарубежного производства

Страна	Марка сплава	C	B	Si	Ni	Cr	Fe	Прочие элементы, %	Твердость HRC
ДНР, ТЗНТС	ПГ-10Н-01	0,6 1	2,8 3,4	4 4,5	Основа	14 20	34	-	55-62
	ПГ-10Н-04	До 0,1	1,2 1,8	2,3 2,8	»	-	0,2 0,6	-	HRB 89-96
	ПГ-12Н-01	0,3 0,6	1,7 2,5	1,2 3,2	»	8 14	1,2 1,3	-	35-40
	ПГ-12Н-02	0,4 0,8	24	3 5	»	10 16	3 5	-	45-50
	ПГ-12Н-03	0,5 1,5	2,5 4,5	3,5 5,5	»	12 18	3,5 5	-	55-62
	ПТ-НА-01	-	-	-	»	-	-	4-5 Al	-
Страна	Марка сплава	C	B	Si	Ni	Cr	Fe	Прочие элементы, %	Твердость HRC
ДНР, ТЗНТС	ПТ-19Н-01	0,3 0,6	1,7 2,5	1,2 3,2	»	3,914	1,2 3,2	0,8-1,3 Al	35-40
	ПГ-19М-01	-	-	-	-	-	4	Si - основа, 8,5-10,5 Al	HRB 65-70
РОССИЯ, ПАО «Тула-чермет»	ПГ-СР3	0,4 0,7	2 2,8	2,5 3,5	Основа	13,5 16,5	5	-	48-52
	ПР-Н80Х13С2Р	0,2 6,4	1,2 1,8	2 2,8	»	12 14	До 5	-	25-35
	ПР-Н77Х15С3Р2	0,35 0,6	1,8 2,3	2,8 3,5	»	14 16	До 5	-	35-45
	ПР-Н73Х16С3Р3	0,6 0,9	2,3 3	2,7 3,7	»	1517	До 5	-	45-50
	ПР-Н70Х17С4Р4	0,8 1,2	3,1 4	3,8 4,5	»	16 18	До 5	-	55
	ПР-Н67Х18С5Р5	0,9 1,5	4 4,7	4 5	»	16 18	До 5	-	60
	ПР-Н65Х25С3Р3	0,9 1,5	2 3	2,1 2,3	»	23,5 26,5	До 5	-	45
	ПН68Х21С5Р	0,35 0,5	1 1,3	4 5	»	20 22	4 7	-	40
	ПН70Ю30	0,07	-	-	»	-	0,2	28-33 Al	40
	ПН85Ю15	0,07	---	-	»	-	0,2	12-15 Al	30-35
	ПН55Т45	0,07	-	-	»	-	0,2	43-47 Ti	55-60
	ПТ88Н12	0,07	-	-	10 12,5	-	0,2	Ti-основа	-
	ПТ65Ю35	0,07	-	-	-	-	0,2	Ti-основа, 35-40 Al	-
США	16С	0,5	4	4	»	16	2,5	-	-
	31С	0,5	2,5	2,5	46	11	2,5	35 W	-
	Колмоной 4	0,45	2	2	Основа	8	3	-	35-40
	Колмоной 5	0,65	2,5	3,75	»	11,5	4,25	-	45-50

	Колмоной 6	0,75	3	4,25	»	13,5	4,75	-	56-61
	Колмоной 70	0,75	2,5	3,25	»	11,5	3,75	16 W	50-55
Япония	MSFNi 1	До 0,25	1- 2,5	1,5- 3,5	»	0-10	До 4	До 4 Cu	15-30
	MSFNi 2	До 0,5	1,5- 2,5	2- 3,5	»	9-11	До 4	-	30-40
	MSFNi 3	0,4- 0,7	2-3	3- 4,5	»	10- 15	До 5	-	40-50
	MSFNi 4	0,4- 0,9	2,5- 4	3,5- 5	»	12- 17	До 5	До 4 Mo; до 4 Cu	50-60
	MSFNi 5	0,5- 1,1	3- 4,5	2-5	»	15- 20	До 5		55-65
	MSFCo 1	До 1,5	1,5- 4	2- 4,5	10-30	16- 21	До 5	До 10 W; до 7 Mo	35-50
	MSFCo 2	До 1,5	2-3	1,5- 3	0-15	19- 24	До 5	4-15 W	50-65

В порошковых сплавах хром (содержанием от 12 до 18%) и никелевая основа обеспечивают антикоррозионность. Упрочняющая карбидная фаза повышает твердость и износостойкость. На это влияет химический состав и способы получения.

Высокая жаростойкость сплавов на основе никеля и хрома обеспечивается благодаря окисной пленке, образующейся на никеле при высоких температурах, обогащенной оксидом хрома.

Кремний в составе хрома обеспечивает коррозионную стойкость в агрессивных средах. Также он входит в состав карбидов типа $Cr_{23}C_6$, Cr_7C_3 и вызывает их укрупнение. Углерод снижает жаростойкость и способствует образованию карбидов хрома.

Бор увеличивает жаростойкость сплавов. С одной стороны, бор является раскислителем, а с другой стороны затрудняет диффузионные процессы.

Хорошая смачиваемость, низкая температура плавления сплавов на основе никеля и присутствие флюс образующих элементов бора и кремния в наплавленном сплаве обеспечивает равномерность свойств покрытия.

Список литературы

1. ООО «Торезский завод наплавочных твердых сплавов» [Электронный ресурс] // Донецкая Народная Республика, [2016]. URL: <http://tznts-dnr.ru/> (дата обращения: 15.04.2016).
2. ПАО «Тулачермет» [Электронный ресурс] // Российская Федерация, г. Тула [2016]. URL: http://www.tulachermet.ru/pls/public/tulamet.viewnovost_outside (дата обращения: 15.04.2016).
3. Исследовательская группа «Инфолайн» [Электронный ресурс] // Обзор рынка металлических порошков для аддитивных технологий в России// Российская Федерация, г. Москва [2016]. URL: <http://www.infomine.ru/research/32/498> (дата обращения: 15.04.2016).

К ВОПРОСУ О ДИАГНОСТИКЕ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГАЗОПорошковых СТРУЙ В ПРОЦЕССАХ НАПЛАВКИ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Киселев В.С. – к.т.н., доцент,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Возможность использования покрытий на деталях машин является качественным скачком в развитии материаловедения. В настоящее время имеют огромное значение ресурсосберегающие технологии, придающие, путем поверхностной обработки, новые эксплуатационные свойства детали, так как во многих случаях целесообразно упрочнять не

всю деталь, а достаточно нанести на нее слой покрытия с лучшими характеристиками материала. Использование покрытий позволяет увеличить срок службы деталей машин и механизмов путем повышения их износо-, термо-, и коррозионной стойкости, возможности восстановления отработавших деталей, замене дорогостоящих материалов более дешевыми.

Существует довольно большое количество способов нанесения различных покрытий. В особую группу можно выделить покрытия, получаемые напылением металлов, сплавов, соединений металлов, керамики и других материалов посредством использования теплоты сжигания горючей смеси или теплоты дугового разряда в газовых средах - эту группу способов называют газотермией. К ней относятся электродуговая и газопламенная металлизация, газоэлектрическая металлизация, электроимпульсное нанесение покрытий, плазменное и детонационное напыление.

Газопорошковая наплавка занимает особое место среди известных способов нанесения защитных покрытий. Его особенности - техническая простота, высокая производительность, возможность нанесения покрытий сравнительно больших толщин с широким спектром свойств. Эти возможности способствуют применению данной технологии и ее продуктов в различных отраслях техники. Имеет смысл исследовать возможности нанесения с помощью способа газопорошковой наплавки не только металлических материалов, но и керамики, полимеров, а также композиционных материалов.

Одной из наиболее важных проблем в области газопламенной наплавки, является оптимизация режима нанесения покрытий, который зависит от набора взаимосвязанных гидродинамических, теплофизических и физико-химических параметров. Такая многопараметрическая модель требует разработки комплексного подхода к процессу измерений в нестационарных высокотемпературных потоках.

Для выхода на оптимальный режим работы газопламенной установки используется метод многократных пробных наплавки. Однако большое количество входных параметров в технологии, часть из которых могут быть неконтролируемыми, приводит к неполной воспроизводимости результата напыления, что отражается на качестве покрытия. Подобный способ оптимизации технологии является весьма трудоемким и продолжительным, часто дающим не полную информацию. Таким образом, актуальным является создание блока диагностики и отработки режимов сверхзвуковой газопорошковой наплавки, который позволит оперативно определять выходные температурно-скоростные параметры частиц в газовом потоке.

Основными подходами к диагностике сверхзвуковых газовых струй являются методы оптической пирометрии и спектрометрии, а также корреляционный метод измерения скорости пролета наплавляемых частиц.

Блок диагностики и отработки режимов сверхзвуковой газопорошковой наплавки позволит производить получение и анализ температурных и скоростных характеристик наплавляемого порошка различного химического, фазового состава, и дисперсности в зависимости от соотношения рабочих газов и производительности подачи порошка для сопел с различным числом Маха, что позволит выделить оптимальные режимы работы автоматической системы подачи рабочих газов и наплавляемого порошка в процессе сверхзвуковой газопорошковой наплавки.

В целях радикального решения задачи повышения надежности, увеличения эксплуатационного ресурса наиболее интенсивно изнашивающихся деталей отрасли энергетики, предлагается использовать способ упрочнения и восстановления рабочих поверхностей методом газопорошковой износостойкой наплавки. Из всех известных способов нанесения защитных и упрочняющих покрытий способ газопорошковой наплавки для данного случая по технико-экономическим показателям является одним из наиболее выгодных.

Его преимущества заключаются в относительной простоте реализации процесса нанесения покрытий, минимальной опасности возникновения трещин (процесс наплавки включает подогрев и последующее замедленное охлаждение), универсальности

применения, мобильности, позволяющий наплавлять покрытия на крупногабаритные, протяженные детали, и обеспечивает возможность наплавки покрытий в локальных, труднодоступных местах при относительно хорошем качестве защитных покрытий. В серийном производстве технология газопорошковой наплавки достаточно проста, а стоимость оборудования и затраты на эксплуатацию невысоки (в 3-5 раз ниже, чем при плазменном способе наплавки аналогичных покрытий).

Отличительной чертой процесса газопорошковой наплавки является то, что в качестве наплавляемых материалов используются промышленно выпускаемые в России гранулированные порошки самофлюсующихся сплавов определенных фракций. Покрытия из этих сплавов обладают высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью и стойкостью к окислению в воздушной среде при высоких температурах. Газоабразивный износ деталей с наплавленным покрытием снижается в 3-5 раз. В различных условиях эксплуатации срок службы деталей с покрытиями, наплавленными газовыми струями в 5 раз превышает срок службы аналогичных деталей без покрытий. Поэтому задачей дипломного проекта стала диагностика сверхзвуковых газовых струй в процессах газопорошковой наплавки защитных покрытий.

На базе разработанной технологии сверхзвуковой газопорошковой наплавки проведена диагностика сверхзвуковой газовой струи в процессе газопорошковой наплавки с нанесением защитных покрытий на изнашиваемые поверхности деталей. Одной из наиболее важных проблем в области газопламенной наплавки является выбор рациональных режимов нанесения защитных покрытий, которые имеют набор взаимосвязанных гидродинамических, теплофизических и физико-химических параметров. Такая многопараметрическая модель требует разработки комплексного подхода к процессу измерений в стационарных высокотемпературных потоках.

В процессах газопорошковой наплавки для улучшения качества покрытия необходимо учитывать некоторые особенности. Важную роль играют качество и надёжность самого процесса. Вследствие этого необходимо выявить оптимальное соотношение рабочих газов: пропана и кислорода, определить расстояние между краем сопла горелки и защищаемой поверхностью изделия с максимальной температурой. В процессе исследования параметров нанесения защитных покрытий основной задачей является определение формы, размеров и температуры сверхзвуковой газопорошковой струи, установление основных закономерностей, температурных и скоростных характеристик наплавляемых частиц порошкового сплава.

Для достижения сформулированной цели работы решались следующие научные и прикладные задачи:

1. Анализ параметров СГП струи в зависимости от технологических параметров наплавки (температура, стабильность, ламинарность, длина, диаметр).
2. Анализ аппаратуры, необходимой для определения температуры и реализация схемы для экспериментальных исследований.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ОРГАНИЗАЦИИ ХРАНЕНИЯ ИНФОРМАЦИИ ПО ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИМ СВАРОЧНЫМ УСТАНОВКАМ

Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор, Нестеров А.П. – магистрант,

Радченко Д.М. – магистрант

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

Постоянное увеличение количества различной информации ввиду научно-технического прогресса во всех видах деятельности человека в настоящее время приводит к возникновению сложностей при проведении поиска необходимых данных. Особо актуальна данная проблема в машиностроении ввиду постоянного роста числа разрабатываемых и

производимых в России и за рубежом электротехнологических установок, используемых при производстве машиностроительной продукции, в том числе и сварных конструкций.

Вследствие этого разработка и внедрение единых баз данных, содержащих эту информацию является необходимым условием быстрого и своевременного её поиска.

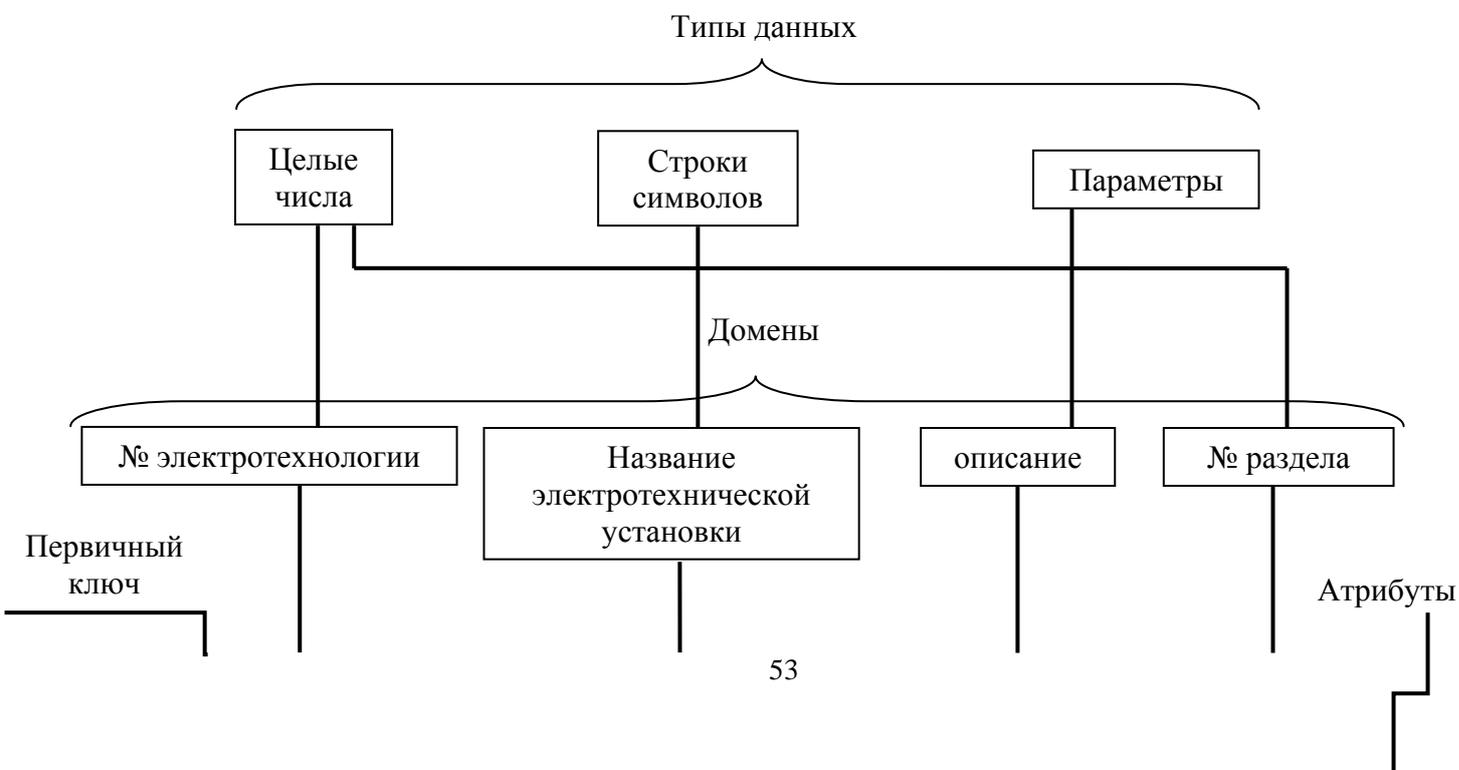
База данных (БД) как совокупность хранящейся вместе информации должна удовлетворять следующим требованиям: поддержание логической структуры данных; быстрота обработки запросов; минимизация ресурсов памяти для размещения данных; минимальная избыточность данных; целостность данных; логическая независимость от программы; физическая независимость данных; безопасность и секретность данных; единство управления при вводе, модификации и поиске данных; эффективность пользовательского интерфейса для работы.

На сегодняшний день существует несколько основных подходов к организации хранения информации в базе данных (БД). Все они различаются по своей логической структуре, описываемой определенной моделью данных. Классическими принято считать модели данных: иерархическая; сетевая; реляционная. Наибольшее распространение из упомянутых выше получила именно реляционная модель данных. И не последнюю роль в этом играет её мощный и выразительный математический аппарат.

Реляционная модель данных была предложена сотрудником фирмы IBM Эд. Коддом и основывается на следующих основных понятиях [1]: тип данных; домен; атрибут; кортеж; первичный ключ; отношение.

Отношение представляет собой множество элементов, называемых кортежами [2]. Привычной формой представления отношения является двумерная таблица. Таблица имеет строки (записи) и столбцы (колонки). Каждая строка таблицы имеет одинаковую структуру и состоит из полей. Строкам таблицы соответствуют кортежи, а столбцам – атрибуты отношения (см. рис. 1). Математически отношение можно описать следующим образом [2]. Пусть даны n множеств $D_1, D_2, D_3, \dots, D_n$, тогда отношение R есть множество упорядоченных кортежей $\langle d_1, d_2, d_3, \dots, d_n \rangle$, где d_k принадлежит D_k , d_k – атрибут, а D_k – домен.

Понятие тип данных в реляционной модели данных полностью адекватно понятию типа данных в языках программирования. Обычно в современных реляционных БД допускается хранение символьных, числовых данных, битовых строк, специализированных числовых данных (таких как "параметры"), а также специальных "темпоральных" данных (дата, время, временной интервал). Достаточно активно развивается подход к расширению возможностей реляционных систем абстрактными типами данных. В примере на рис. 1 приведены данные трех типов: строки символов, целые числа и "параметры".



№ электротехнологии	Название электротехнической установки	Описание	№ раздела

Рисунок 1 – Пример реляционной модели данных электротехнологических установок

Понятие домена более специфично для баз данных, хотя и имеет некоторые аналогии с подтипами в некоторых языках программирования. В самом общем виде домен определяется заданием некоторого базового типа данных, к которому относятся элементы домена, и произвольного логического выражения, применяемого к элементу типа данных. Если вычисление этого логического выражения дает результат "истина", то элемент данных является элементом домена. Наиболее правильной интуитивной трактовкой понятия домена является понимание домена как допустимого потенциального множества значений данного типа. Следует отметить также семантическую нагрузку понятия домена: данные считаются сравнимыми только в том случае, когда они относятся к одному домену.

Схема отношения - это именованное множество пар {имя атрибута, имя домена}. Степень или "арность" схемы отношения - мощность этого множества. Если все атрибуты одного отношения определены на разных доменах, осмысленно использовать для именования атрибутов имена соответствующих доменов. Схема БД (в структурном смысле) - это набор именованных схем отношений.

Кортеж, соответствующий данной схеме отношения, - это множество пар {имя атрибута, значение}, которое содержит одно вхождение каждого имени атрибута, принадлежащего схеме отношения. "Значение" является допустимым значением домена данного атрибута (или типа данных). Степень кортежа, т.е. число элементов в нем, совпадает со степенью соответствующей схемы отношения. Попросту говоря, кортеж - это набор именованных значений заданного типа.

Отношение - это множество кортежей, соответствующих одной схеме отношения. На самом деле, понятие схемы отношения ближе всего к понятию структурного типа данных в языках программирования. Было бы вполне логично разрешать отдельно определять схему отношения, а затем одно или несколько отношений с данной схемой.

Однако в реляционных базах данных это не принято. Имя схемы отношения в таких базах данных всегда совпадает с именем соответствующего отношения-экземпляра. В классических реляционных базах данных после определения схемы базы данных изменяются только отношения-экземпляры. В них могут появляться новые и удаляться или модифицироваться существующие кортежи. Однако во многих реализациях допускается и изменение схемы базы данных: определение новых и изменение существующих схем отношения. Это принято называть эволюцией схемы базы данных.

Представлением отношения фактически является таблица, заголовок которой - схема отношения, а строки - кортежи отношения-экземпляра; в этом случае имена атрибутов именуют столбцы этой таблицы. Поэтому иногда говорят "столбец таблицы", имея в виду "атрибут отношения". Этой терминологии придерживаются в большинстве коммерческих реляционных СУБД.

Реляционная база данных - это набор отношений, имена которых совпадают с именами схем отношений в БД.

Как видно, основные структурные понятия реляционной модели данных (если не считать понятия домена) имеют очень простую интуитивную интерпретацию, хотя в теории реляционных БД все они определяются абсолютно формально и точно.

Достоинство реляционной модели в простоте, понятности и удобстве физической реализации на ЭВМ. Именно простота и понятность для пользователя явились основной причиной ее широкого использования. Проблемы же эффективности обработки данных этого типа оказались технически вполне разрешимы.

Существует два фундаментальных механизма манипулирования реляционными БД – реляционная алгебра и реляционное исчисление. Первый базируется в основном на классической теории множеств (с некоторыми уточнениями), а второй – на классическом логическом аппарате реляционного исчисления.

В свою очередь, обычно рассматриваются два вида реляционного исчисления – исчисление доменов и исчисление предикатов. Все эти механизмы обладают одним важным свойством: они замкнуты относительно понятия отношения. Это означает, что выражения реляционной алгебры и формулы реляционного исчисления определяются над отношениями реляционных БД и результатом вычисления также являются отношения. В результате любое выражение или формула могут интерпретироваться как отношения, что позволяет использовать их в других выражениях или формулах.

Известно, что механизмы реляционной алгебры и реляционного исчисления эквивалентны, т.е. для любого допустимого выражения реляционной алгебры можно построить эквивалентную (т.е. производящую такой же результат) формулу реляционного исчисления и наоборот. Выражения реляционной алгебры строятся на основе алгебраических операций (высокого уровня), и подобно тому, как интерпретируются арифметические и логические выражения, выражение реляционной алгебры также имеет процедурную интерпретацию. Другими словами, запрос, представленный на языке реляционной алгебры, может быть вычислен на основе вычисления элементарных алгебраических операций с учетом их старшинства и возможного наличия скобок. Для формулы реляционного исчисления однозначная интерпретация отсутствует. Формула только ставит условия, которым должны удовлетворять кортежи результирующего отношения. Поэтому языки реляционного исчисления являются более непроцедурными или декларативными.

Поскольку механизмы реляционной алгебры и реляционного исчисления эквивалентны, то в конкретной ситуации для проверки степени реляционности некоторого языка БД можно пользоваться любым из этих механизмов.

Реляционная алгебра и реляционное исчисление обладают большой выразительной мощностью: очень сложные запросы к базе данных могут быть выражены с помощью одного алгебраического выражения или одной формулы реляционного исчисления. По этой причине именно эти механизмы целесообразно включать в реляционную модель данных электротехнологий. При этом любой запрос, выражаемый с помощью одного выражения реляционной алгебры или одной формулы реляционного исчисления, может быть выражен с помощью одного оператора.

Список литературы

1. Ресурсы сети InterNet. Основы современных баз данных.
2. Хомоценко А.Д., Цыганков В.М., Мальцев М.Г. Базы данных: учебник для высших учебных заведений. – СПб.: КОРОНАпринт, 2004. – 736 с.
3. Роберт Дж. Мюллер. Базы данных и UML. – М.: Лори, 2002. – 434 с.

СБЕРЕГАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИИ В ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКЕ

Радченко М.В. - д.т.н., профессор, Щёткин – аспирант

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

Довольно часто для отопления жилых помещений в городе используются котлы, которые могут работать на низкосортном топливе. Однако, при использовании таких котлов возникает проблема – интенсивное абразивное изнашивание поверхностей нагрева частицами золы и несгоревшего топлива при высоких температурах. Кроме того, с проблемой изнашивания деталей сталкиваются в большинстве других отраслях промышленности. Поэтому необходимо принимать меры по упрочнению поверхностного слоя. Изготовление деталей из высокопрочных легированных сталей зачастую экономически невыгодно. Поэтому используются различные методы поверхностной защиты деталей, подверженных износу. Одним из наиболее доступных, новых и эффективных способов решения этой проблемы является сверхзвуковая газопорошковая наплавка (СГП – наплавки). И для того, чтобы этот процесс был эффективно реализован необходимо соответствующее оборудование, отвечающее требованиям процесса СГП-наплавки. Реализация процессов сверхзвуковой газопорошковой наплавки экономически оправдана только в автоматизированном режиме.

В ряду базовых задач по созданию системы автоматического управления (САУ) процессом СГП – наплавки является возможность оперативного регулирования температуры, поддержание стабильной заданной температуры в точке наплавления с сохранением сверхзвуковой скорости потока. Эту задачу можно решить путем использования косвенного метода регулирования температуры за счет изменения соотношения рабочих газов с помощью параметрических регуляторов расхода газа, позволяющих обеспечивать достаточно точное регулирование и стабильность параметров.

На современном этапе построение системы должно быть выполнено на современной элементной базе с высокой степенью надежности, гибкости и быстродействия. Этим требованиям отвечает система управления на базе перепрограммируемого микроконтроллера. В результате анализа научно-технической литературы, а также технологических требований, были выделены основные критерии управления, а также составлен алгоритм работы автоматической системы газораспределения.

Разработанный блок управления газами имеет три режима работы:

- автоматический;
- ручной;
- режим наладки.

Основным рабочим режимом работы является автоматический. Ручной режим и режим наладки похожи по принципу работы, отличие заключается в том, что последний имеет возможность сохранения введенных параметров в памяти контроллера. Эти параметры в дальнейшем вызываются из памяти в автоматическом режиме. При включении установки на ЖКИ выводится основное меню, при этом достаточно выбрать автоматический режим, указать тип материала, для которого были сохранены параметры количественного расхода газа в режиме наладки, и запустить установку.

Из анализа результатов апробации следует, что управление параметрами газораспределения с помощью системы автоматического управления, построенной на базе программируемого контроллера, позволит выстраивать оптимальный процесс горения в газовой струе, основываясь на данных значениях давления газов и выведенных зависимостях, в соответствии с требуемыми скоростями и температурами для конкретного типа порошкового защитного материала, а также поддерживать эти параметры стабильными. Значения этих параметров сохраняются в памяти системы и при каждом пуске установки будут точно воспроизводиться, что резко повышает повторяемость результата, и тем самым обеспечивается стабильность качества покрытия на больших поверхностях защищаемых деталей.

Таким образом, применение предлагаемой технологии при ремонте позволило не только получить стабильность наносимого защитного слоя, улучшить его прочностные характеристики, но также снизить затраты на потребляемую энергию при проведении ремонтных работ.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ДЕТАЛЕЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор, Нестеров А.П. - магистрант,

Радченко Д.М - магистрант

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

При разработке новых технологических процессов создания износостойких защитных покрытий при восстановлении деталей машиностроительного производства для оптимизации технологических параметров часто используют эмпирические зависимости, характеризующие влияние технологических параметров на параметры качества создаваемых покрытий. Построение таких зависимостей, как правило, сопряжено с большими временными затратами и материальными, так как подразумевает получения большого количества экспериментальных данных. Поэтому целесообразно для исследования этих процессов использовать математические модели, т.е. математическое моделирование.

Существует достаточно большой математический аппарат и набор стандартных компьютерных программ, позволяющих строить математические модели. Авторами на базе пакета прикладных программ MatLab и метода наименьших квадратов разработан новый программный продукт, предназначенный для построения регрессионных моделей для прикладных статистических исследований. При этом иногда достаточно иметь лишь статистические математические модели в виде регрессионных соотношений между входными и выходными параметрами. Данная программа, в отличие от других программных продуктов, позволяет получить не только уравнения регрессии, связывающие входные и выходные параметры процесса, но и построить графические модели в трехмерном пространстве (поверхность в 3D), а также их проекции на координатные плоскости. В программе предусмотрена разнообразная работа с данными, вычисление максимального из остатков и их суммы, оценка качества построенной модели (адекватность по критерию Фишера, коэффициенту детерминации и оценке среднего квадрата ошибки предсказания).

Настоящая работа посвящена исследованию возможности этой программы на примере изучения процесса создания износостойких защитных покрытий методом газопламенной наплавки самофлюсующихся порошковых сплавов системы Ni-Cr-B-Si, применяемых для повышения стойкости восстановленных деталей машиностроительного производства.

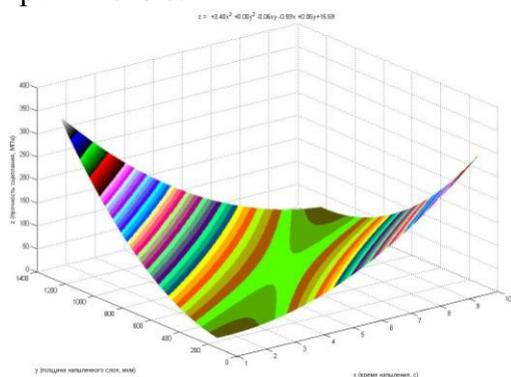
Известно, что при наплавке одним из наиболее важных параметров, определяющих качество покрытия, является прочность сцепления покрытия с основой $\sigma_{\text{сцеп}}$ [1]. Этот параметр зависит от многих факторов, основными из которых являются дистанция наплавки $L_{\text{нап}}$ (расстояние от среза сопла горелки до наплавляемой поверхности), время наплавки $t_{\text{нап}}$ и толщина покрытия $h_{\text{покp}}$. Поэтому были спланирован и проведен полный двухфакторный эксперимент с целью получения статистических данных, характеризующих зависимости прочности сцепления с поверхностью от данных наиболее значимых параметров режима наплавки. Газопламенная наплавка самофлюсующегося порошкового сплава ПГ-10Н-01 на листы из стали 20 проводили на установке «КЕДР», варьируя исходные параметры в пределах $L_{\text{нап}} = 50 \dots 110$ мм, $t_{\text{нап}} = 1 \dots 6$ с. Для определения прочности сцепления авторы этой работы использовали один из наиболее известных в технике эксперимента и распространенных способов - штифтовой метод [2].

На основе экспериментальных данных, полученных в результате исследований наплавленных слоев, были построены регрессионные зависимости в виде полиномов второго

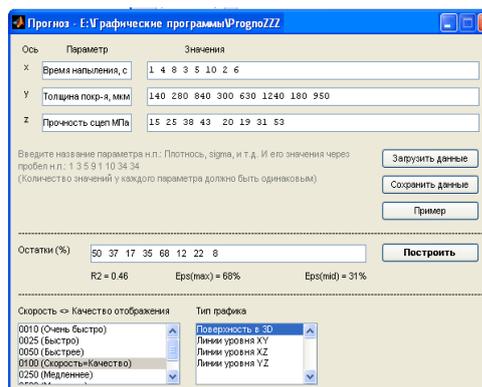
порядка и трехмерные математические модели, графическое изображение которых представлено на рисунках 1, 2.

Анализ рисунка 1-а, показывает, что в области изменения режимов наблюдается следующая зависимость: плоскость стремится вверх в двух случаях: 1) при увеличении $h_{\text{покр}}$ и уменьшении $t_{\text{нап}}$, 2) при уменьшении $h_{\text{покр}}$ и увеличении $t_{\text{нап}}$, что говорит об увеличении прочности сцепления. Минимальная $\sigma_{\text{сцеп}}$ наблюдается при максимальных и минимальных величинах $h_{\text{покр}}$ и $t_{\text{нап}}$.

Это можно объяснить следующим. При увеличении времени наплавки увеличивается толщина покрытия. При этом вследствие более длительного нагрева поверхности и материала покрытия в нем образуются внутренние напряжения, которые не успевают релаксироваться, что приводит к его отслоению от защищаемой поверхности. Следовательно, в данном случае наиболее рациональным является время нанесения покрытия 5-6 с.



а)

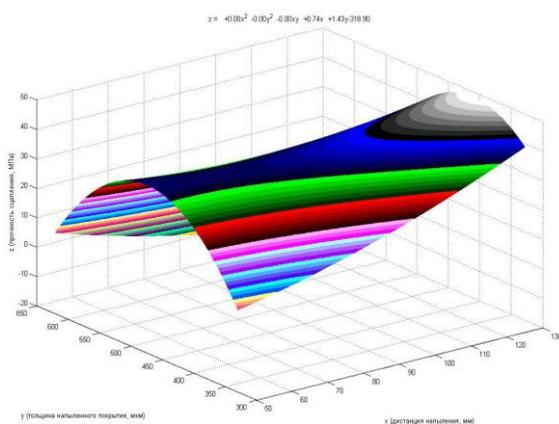


б)

Рисунок 1 – Трехмерная математическая модель зависимости прочности сцепления от толщины наплавленного слоя и времени наплавки (а) и данные для ее построения (б)

Также с позиций качества защитных покрытий представляет интерес математическая модель зависимости прочности сцепления от толщины наплавленного слоя и дистанции наплавки. В результате получена следующая зависимость (рисунок 2а). Вид плоскости наглядно показывает, что с увеличением толщины покрытия до определенного значения (400...500 мкм) происходит увеличение $\sigma_{\text{сцеп}}$, а затем снижение.

Максимальная величина $\sigma_{\text{сцеп}}$ наблюдается при максимальной $L_{\text{нап}}$ и $h_{\text{покр}}$ в интервале между значениями 400...500 мкм в изгибе графика. При увеличении дистанции наплавки прочность сцепления возрастает, достигает своего максимума при $L_{\text{нап}}=120$ мм, а затем ее значения снижаются. Поэтому оптимальная дистанция при наплавке составляет 110...120 мм, оптимальная толщина - 400...500 мкм.



Параметр	Значения
X Дистанция нап-я, мм	50 100 80 130 60 90 70 110
Y Толщина пок-я, мм	350 330 390 340 490 410 620 390
Z Прочность сцеп МПа	15 26 34 37 38 24 30 50

Остатки (%)	R2	Eps(max)	Eps(mid)
3 5 11 9 5 52 1 19	0.65	52%	13%

а)

б)

Рисунок 2 – Трехмерная математическая модель зависимости прочности сцепления от толщины наплавленного слоя и дистанции наплавки (а) и данные для ее построения (б)

Таким образом, в результате исследования установлено, что разработанная математическая модель позволяет предопределить рациональные технологические параметры для формирования наплавленных покрытий с наиболее благоприятными показателями физико-механических и эксплуатационных свойств. Логично предположить, что эти выводы можно распространить на процессы газопорошковой наплавки покрытий.

Список литературы

1. Тушинский Л.И., Плохов А.В. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий. - Новосибирск: Наука, 1986. - 201 с.
2. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Федоров В.А., Маньковский С.А., Нагорный Д.А. Исследование прочности сцепления покрытия с основой как определяющего фактора качества// Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Т.В. Ершова «Современные технологические системы в машиностроении (СТСМ – 2006)» Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. - С. 70-73.

СВЕРХЗВУКОВАЯ ГАЗОПорошковая НАПЛАВКА КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ СТОЙКОСТИ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТРУБНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛОВ С «КИПЯЩИМ СЛОЕМ»

Радченко М.В. - д.т.н., профессор, Щёткин А.И. – аспирант

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

В теплоэнергетике одной из основных проблем является поверхностный износ, где твердые частицы топлива и золы нередко очень быстро разрушают системы топливоподдачи, трубы и стенки газоходов, лотки и трубы гидрозолоудаления котлоагрегатов. Примером тому, является интенсивный абразивный износ участков трубных панелей котельных установок с «кипящим слоем». Котлоагрегаты данного типа имеют широкое распространение, так как по сравнению с иными типами котельных установок позволяют сжигать дешевое низкосортное топливо, что делает их использование экономически целесообразным. При этом основным недостатком является небольшой срок межремонтного периода 1,5...2,5 месяца, из-за того, что влияние абразивных потоков при высоких температурах и окислительное воздействие воздуха с продуктами горения на рабочие поверхности приводят к их активному изнашиванию, потере работоспособности и выходу из строя. Поэтому задача продления срока службы трубных элементов котлоагрегатов, подверженных износу, является актуальной.

На практике существуют различные способы решения данной проблемы, но наиболее выгодным является создание защитных покрытий на рабочих поверхностях, подверженных износу.

Анализ способов и материалов для создания покрытий, а также вида износа поверхностей трубных элементов в топочной камере котла с «кипящим слоем», показал, что наиболее подходящим по стоимости и качеству защитных покрытий представляется способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки высоколегированными сплавами системы Ni-Cr-B-Si, промышленно выпускаемыми в России.

В качестве технологической аппаратуры для СГП-наплавки защитных покрытий использовалось оригинальное устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки [1], разработанное и запатентованное авторским коллективом ООО «НИИ Высоких Технологий», патент на полезную модель [2].



Рисунок 1 – Общий вид котлоагрегата с низкотемпературной топкой с «кипящим слоем» типа КВ-Ф-10-115-НТКС

При эксплуатации котлоагрегатов с незащищенными трубными элементами ремонтные работы, связанные с заменой комплекта изношенных экранных труб, выполнялись один раз в 1,5...2,5 месяца, в зависимости от типа используемых углей (каменный или бурый), стоимостью 600 тысяч рублей. Обследования, проведенные во время остановки котлоагрегатов с наплавленными трубными панелями, после двух лет эксплуатации в реальных условиях на участках трубных элементов с наплавленным покрытием следов износа не выявили. Эксплуатация котлоагрегатов была продлена еще на 1 год. По результатам эксплуатации сделан вывод, что износостойкость трубных панелей с наплавленными защитными покрытиями при работе в условиях воздействия абразивных частиц в высокотемпературной области повысилась не менее чем в 10...12 раз.

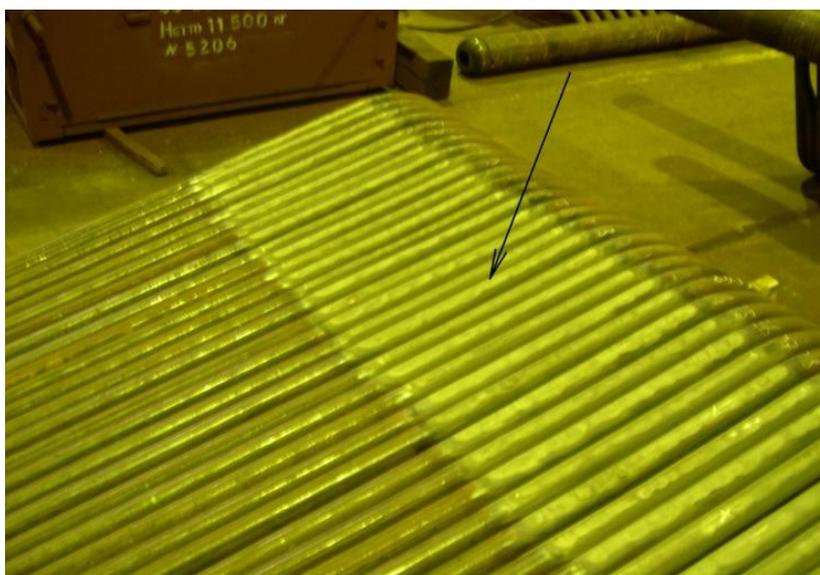


Рисунок 2- Износостойкие защитные покрытия на поверхности трубных панелей котлоагрегатов с «кипящим слоем», выполненные методом газопорошковой наплавки

Список литературы

1. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / М.В.Радченко, Ю.О. Шевцов, Д.А. Нагорный, С.А. Маньковский, Т.Б. Радченко // Обработка металлов. – 2007. - №1. - С. 16-18.
2. Патент на полезную модель № 60410 Россия, МПК В22В 19/06 Устройство для сверхзвуковой газопорошковой наплавки / М.В. Радченко, Ю.О. Шевцов, Т.Б. Радченко, Д.А. Нагорный, С.А. Маньковский; заявл. 4.07.2006; опубл. 27.01.2007, Бюл. №3.

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ЭНЕРГИИ ГАЗОПЛАЗМЕННОГО ИСТОЧНИКА НАГРЕВА

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Щёткин А.И. – аспирант Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

При эксплуатации детали механизмов и машин подвергаются высоким механическим и тепловым нагрузкам, а также воздействием разных агрессивных сред. При этом состояние поверхностного слоя деталей машин и механизмов является важнейшим фактором прочности, надежности и долговечности всего изделия или механизма в целом, поскольку разрушение конструкционного материала начинается обычно с его поверхности, что приводит как к потере необходимой прочности изделия, так и к ухудшению нормальной работоспособности из-за образования различных поверхностных дефектов.

Примером высокоскоростного износа рабочих поверхностей является катастрофически быстрый износ трубных элементов котлов с кипящим слоем (КС), вследствие воздействия высокотемпературных абразивных потоков, что приводит к выходу котла из строя и необходимости проведения сложного, длительного и трудоемкого ремонта.

Таким образом, актуальность проблем износа рабочих поверхностей обуславливает необходимость развития различных способов поверхностного упрочнения и восстановления рабочих поверхностей, а также широкое использование этих способов в машиностроении при упрочнении, ремонте и восстановлении деталей механизмов и машин.

Зачастую в защите и упрочнении нуждается не вся поверхность детали, а отдельная её часть (как в случае с трубными элементами котлов с КС), подвергающаяся наиболее интенсивному износу. В таких случаях одними из наиболее приемлемых являются газотермические способы нанесения защитных покрытий, так как позволяют реализовать

процесс с наименьшими затратами, обладают большой производительностью, а получаемые покрытия обеспечивают необходимые качественные показатели.

По процессу нанесения покрытия все газотермические способы нанесения покрытий можно разделить на две группы: способы нанесения покрытий путем напыления и способы нанесения покрытий с помощью процесса наплавки. При этом только наплавка позволяет получить монолитное соединение металла покрытия с основным металлом путем сплавления и перемешивания основного и присадочного металла в тонком слое поверхности, образуя надежное соединение с металлической связью, что является критерием высокого качества.

Из всех газотермических способов наплавки покрытий [1] способ газопламенной наплавки порошковых покрытий является наиболее простым и доступным. Данный способ наплавки обладает рядом технико-экономических преимуществ перед иными способами упрочнения (нанесения покрытий) (наплавки): относительная простота реализации процесса нанесения покрытий, практическое устранение проблемы отслоения наплавленного покрытия, низкие затраты на оборудование и реализацию процесса наплавки (на 1-2 порядка и более ниже, чем при плазменном способе наплавки аналогичных покрытий), универсальность применения.

Однако широкое применение способа газопламенной наплавки покрытий (особенно при необходимости нанесения высококачественных покрытий с высокой однородностью) затруднено ввиду ряда недостатков:

- низкая степень механизации и автоматизации процесса наплавки;
- неудобство и низкая точность нанесения покрытий на малогабаритные детали;
- высокие потери порошковых сплавов при наплавке (20...50%);
- неравномерное распределение температур в пятне нагрева;
- отсутствие стабильной однородности качества наплавленных слоев при необходимости получения больших площадей покрытий.

Причинами данных недостатков являются: низкая концентрация тепловой энергии в пятне нагрева, обусловленная большими размерами и рассеянной структурой факела газового пламени (диаметр пятна нагрева $D = 40-50\text{мм}$, длина факела $L_f = 250-400\text{мм}$), а также зависимость качества наплавленных покрытий от квалификации лица, осуществляющего наплавку (поскольку весь процесс газопорошковой наплавки характеризуется практически полным отсутствием механизации и сводится к ручному нанесению покрытий с помощью наплавочной горелки).

Уменьшение размеров пламени путем использования сопел меньшего диаметра приводит к резкому снижению производительности процесса, а в ряде случаев к уменьшению мощности пламени ниже значений, требуемых для осуществления процесса наплавки.

Таким образом, устранение недостатков процесса газопорошковой наплавки и повышение однородности качества наносимых покрытий, при сохранении производительности процесса, возможно путем увеличения концентрации энергии источника нагрева и уменьшения зоны термического влияния (уменьшение размера пятна нагрева).

Альтернативным вариантом решения данной проблемы, разработанным в лаборатории НИИ ВТ при АлтГТУ, является повышение концентрации энергии газопламенного источника нагрева и уменьшение зоны термического влияния путем увеличения скорости истечения газовых потоков на срезе сопла газопламенной установки [2]. Достигается это модернизацией дозвуковой газопламенной аппаратуры посредством использования сверхзвукового сопла (на основе сопла Лавалля). Сверхзвуковое сопло позволяет формировать сжатый газовый поток с высокой скоростью истечения продуктов сгорания, при этом повышается концентрация энергии данного источника нагрева, вводимая в нагреваемую поверхность.

На начальном этапе разработки оборудования для сверхзвуковой газопорошковой наплавки была поставлена цель: разработать автоматизированную аппаратуру для осуществления качественного процесса наплавки (с использованием отечественных

хромоникелевых порошковых сплавов, фракцией 60-100 мкм), позволяющую получать наплавленные покрытия с высокой износостойкостью и однородностью качества.

В ходе экспериментальных исследований были разработаны и опробованы сверхзвуковые сопла с различными профилями внутреннего сечения и разными числами Маха. В процессе сравнительного анализа по нагреву поверхности была определена конфигурация внутреннего профиля сопла, способствующая формированию высокоскоростного газового потока с более эффективными теплоэнергетическими характеристиками применительно к процессу наплавки.

Сравнительный анализ теплоэнергетических и эксплуатационных характеристик сверхзвуковых и дозвуковых сопел, как источников нагрева показал, что сверхзвуковой газопламенный поток, по скорости нагрева и концентрации тепловой мощности в пятне нагрева эффективней, чем дозвуковой газопламенный поток, широко используемый для реализации процесса газопорошковой наплавки. Сравнительные эксперименты по нагреву поверхности газовым потоком, формируемым сверхзвуковыми соплами и стандартными дозвуковыми соплами разной пропускной способности показали высокую эффективность использования сопел со сверхзвуковым профилем. Заключалось это в том, что факел газопламенного потока, формируемого соплом со сверхзвуковым профилем, имел небольшие размеры и сжатую структуру, а также позволял производить быстрый высококонцентрированный нагрев тонкого слоя рабочей поверхности до температуры, необходимой для осуществления процесса наплавки (температуры запотевания) за кратчайший промежуток времени. При этом распределение температур в пятне нагрева было более равномерным, а участки ЗТВ были более сконцентрированными, чем при нагреве пламенем, формируемым дозвуковым соплом. Всё это создавало предпосылки использования данных сопел со сверхзвуковым профилем для (дальнейшей) реализации процесса качественной газопорошковой наплавки.

Всё вышесказанное послужило основанием для проведения комплекса исследований по разработке конструктивных параметров оборудования, позволяющего реализовать качественный процесс сверхзвуковой газопорошковой наплавки, а также ряда технических решений, способствующих механизации и автоматизации процесса наплавки.

Были проведены исследования по разработке наиболее эффективной схемы подачи порошка в зону наплавки, обеспечивающей стабильную подачу с широким диапазоном регулирования количества защитного порошка. В итоге была разработана схема прямой подачи порошка в закритический участок сопла (в зону горения газовой смеси) с эжекционно-воздушным механизмом, в которой регулировка подачи и количества подаваемого порошка осуществлялась при помощи тарельчатого питателя, управляемого блоком автоматики. Исходя из результатов исследований теплового воздействия сверхзвукового газопламенного потока на сопло с учетом различных пространственных положений газопламенной горелки, была разработана конструкция сопла с учетом требуемой системы охлаждения и подвода порошка.

Для плавной регулировки подачи порошка и газов, составляющих рабочую смесь, была разработана система автоматического управления [3], позволяющая осуществлять процесс наплавки на различных режимах (с возможностью сохранения отработанного режима в памяти устройства для последующего воспроизведения).

Таким образом, в результате проведения данной научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы было разработано экспериментальное оборудование, позволяющее производить газопорошковую наплавку с помощью высокоскоростных газопламенных струй, формируемых сверхзвуковым соплом с расчетным числом Маха [4].

Для оценки эффективности разработанного оборудования и качественных характеристик наносимых им покрытий был произведен комплекс сравнительных исследований покрытий [5, 6], выполненных соответственно дозвуковой и сверхзвуковой газопорошковой наплавкой самофлюсующимися сплавами системы Ni-Cr-B-Si.

Сравнительный анализ покрытий показал, что покрытия, наплавленные сверхзвуковой газопорошковой наплавкой, обладают более равновесной структурой в виде никелевой матрицы с карбидными включениями глобулярной формы, равномерно распределенными по покрытию. Об этом говорят результаты, полученные при исследовании распределения микротвердости в покрытии, наплавленном сверхзвуковой газопорошковой наплавкой, позволяющие говорить об интенсивном и равномерном распределении карбидов в покрытии. При этом значения микротвердости колеблются в пределах 400...600 МПа. Фазовый рентгеноструктурный анализ подтверждает наличие карбидных составляющих в наплавленном покрытии. Исследования на износ жестко закрепленные частицы образцов с покрытиями, выполненными дозвуковой и сверхзвуковой газопорошковой наплавкой, показали, что износостойкость покрытий, выполненных сверхзвуковой газопорошковой наплавкой примерно в 1,5-1,8 раза выше износостойкости образцов, выполненных дозвуковой наплавкой.

Список литературы

1. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А. Эффективные газодинамические методы нанесения защитных покрытий на объектах теплоэнергетики // Материалы всероссийской научной конференции молодых ученых в 7-ти частях «Наука. Технологии. Инновации» Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2006. Часть 2. – С. 229-231.
2. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Перевалов П.А. Технология создания защитных покрытий на поверхностях котлоагрегатов с «кипящим слоем» сверхзвуковой газопорошковой наплавкой // Проблемы повышения эффективности металлообработки в промышленности на современном этапе. Тезисы 3-ей Всероссийской научно-практической конференции 30-31 марта 2005 г. Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2005. – С. 51-55.
3. Радченко М.В., Радченко Т.Б., Шевцов Ю.О., Борисов А.П., Черемисин П.С. Разработка системы автоматического управления процессом сверхзвуковой газопорошковой наплавки. Сварка и диагностика, 2008. - №2. – с. 14-16
4. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Нагорный Д.А., Маньковский С.А., Радченко Т.Б. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки // Обработка металлов №1, 2007. - С. 16-18.
5. Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Федоров В.А., Маньковский С.А., Нагорный Д.А. Исследование прочности сцепления покрытия с основой как определяющего фактора качества // Материалы международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Т.В. Ершова «Современные технологические системы в машиностроении (СТСМ – 2006)» Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2006. - С. 70-73.
6. Радченко М.В., Чепрасов Д.П., Шевцов Ю.А., Иванайский А.А., Борисов А.П., Сейдуров М.Н., Черемисин П.С. Исследование процессов сварки и наплавки с использованием современной методики сбора и обработки экспериментальных данных. Обработка металлов, 2008. - №1(38). - с. 7-11.

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Шевцов Ю.О. – к.т.н., профессор,

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

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

Использование функциональных (прежде всего – защитных) покрытий на деталях машин и механизмов является качественным скачком в развитии всех отраслей экономики. В настоящее время все большую актуальность приобретают различные ресурсо- и энергосберегающие технологии, в том числе - придающие путем поверхностной обработки

новые эксплуатационные свойства детали, так как во многих случаях целесообразно упрочнять не всю деталь, а достаточно нанести на нее слой покрытия с лучшими характеристиками материала. Использование покрытий позволяет увеличить срок службы деталей машин и механизмов путем повышения их износо-, термо-, и коррозионной стойкости, возможности восстановления отработавших деталей, замене дорогостоящих материалов более дешевыми и т.д.

Покрытие – это поверхностный слой кого-либо материала, нанесенный на объект с целью улучшения поверхностных свойств основного материала, называемого материалом подложки. Улучшают, среди прочих, такие свойства, как внешний вид, адгезию, смачиваемость, стойкость к коррозии, износостойкость, стойкость к высоким температурам, электропроводность. Покрытия могут наноситься в жидкой, газообразной или твердой фазах.

Обычно выделяют следующие основные виды (способы нанесения) функциональных покрытий:

- Тонкие пленки (PVD-процесс);
- Металлизация (анодирование, хромирование, алитирование и др.);
- Плакирование;
- Гальваностегия;
- Напыление (газопламенное, детонационное, лазерное и др.);
- Наплавка;
- Окраска;
- Полимеризация;
- Биметаллы и композиционные материалы;
- Глазурь;
- Ламинирование.

ОБЗОР ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ СПОСОБОВ НАНЕСЕНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Щёткин А.И. – аспирант, Нестеров А.П. – магистрант
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Среди всех способов нанесения покрытий особо можно выделить газотермию - группу способов, в которой для формирования на подложке слоя нужного материала используется газовый или пламенный поток. К этим способам относятся газотермическое напыление (газопламенное и высокоскоростное газопламенное, детонационное, плазменное, напыление с оплавлением т.д.) и наплавка (дуговая, электрошлаковая, плазменная, газопламенная, лазерная и т.д.).

Особый интерес представляют процессы наплавки, нашедшие широкое применение в производстве при изготовлении и ремонте разнообразных изделий – от крупногабаритных, таких как валки прокатных станов (металлургия), сосуды высокого давления, до мелких деталей типа седел и клапанов двигателей внутреннего сгорания. Наиболее широко наплавка применяется при ремонтных работах. Восстановлению подлежат корпусные детали различных двигателей внутреннего сгорания, распределительные и коленчатые валы, клапаны, шкивы, маховики, ступицы колес и т. д.

Восстановительная наплавка применяется для получения первоначальных размеров изношенных или поврежденных деталей. В этом случае наплавленный металл близок по составу и механическим свойствам основному металлу.

Наплавка функциональных покрытий служит для получения на поверхности изделий слоя с необходимыми свойствами. Основной металл обеспечивает необходимую конструкционную прочность. Слой наплавленного металла придает особые заданные свойства.

Наплавка представляет собой процесс нанесения расплавленного металла на поверхность изделия, нагретую до оплавления или до температуры надёжного смачивания

жидким наплавляемым металлом. В результате взаимодействия расплавленного металла с оплавленной (или достаточно подогретой) поверхностью детали между ними образуются металлические связи.

Толщина наплавленного металла может быть различной: от 0,5 до 10 мм и более.

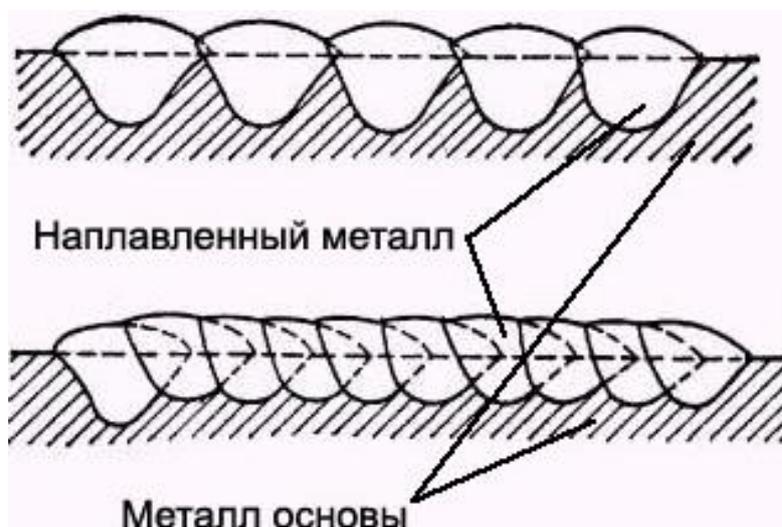


Рисунок 1 – Схематическое изображение покрытия, наплавленного с разным шагом.

При наплавке поверхностных слоёв с заданными свойствами должен выполняться ряд требований:

- Минимальное перемешивание наплавленного слоя основным металлом, расплавленным при наложении валиков;
- Минимальное проплавление основного металла (данное требование вытекает из предыдущего, т.к. в противном случае возрастает доля основного металла в формировании наплавленного слоя);
- Минимально возможная зона термического влияния и минимальные остаточные напряжения и деформации;
- Занижение до приемлемых значений припусков на последующую обработку деталей.

При наплавке разнородных материалов (например, высоколегированных мартенситных, аустенитных сталей на низкоуглеродистые) возможно образование хрупких прослоек промежуточного состава, зон с выделением твёрдых и малопластичных интерметаллидов, зон с охрупченными границами зёрен и т.п. При наличии таких прослоек возможны хрупкие разрушения - образование трещин, отслаивание наплавленного металла от основного ещё в процессе изготовления изделия.

В этом случае нужно применять усложнённую технологию: предварительно подбирать и наплавлять подслои (промежуточный слой) из другого металла, который образует твёрдые растворы как с основным, так и с наплавляемыми металлами.

Иногда необходимость подслоя может вызываться и другими причинами. Например, при эксплуатации наплавленной детали в условиях частых теплосмен в результате различных значений коэффициентов линейного расширения основного металла и металла наплавленного в зоне сплавления могут возникать большие термические напряжения, вызывающие после воздействия определенного числа циклов разрушения в результате термической усталости. В этом случае целесообразно предварительно на основной металл наплавлять подслои с промежуточным значением коэффициента линейного расширения.

Появление технологии наплавки относят к 1896 г., когда Спенсер получил патент на изобретение. Однако промышленное применение началось несколько позже. В частности, в 1922 г. братья Студи впервые осуществили в США наплавку коронок нефтяного бура способом газовой сварки с использованием присадочного материала в виде стальной трубки,

заполненной хромовым сплавом. Примерно в это же время была осуществлена наплавка клапанов ДВС с помощью изобретенного Хейнзом сплава – стеллита (кобальтохромовольфрамового сплава). В первое время для наплавки использовали газовую сварку, но впоследствии по мере развития технологии сварки стали использовать и другие способы. Начало автоматической наплавки относится к 1939 г., когда советские специалисты Михайлов и Ларионов осуществили наплавку с помощью покрытых электродов прямоугольного сечения.

В настоящее время, благодаря своей универсальности и разнообразию технологий, наплавка играет большую роль в деле увеличения производительности труда, повышения качества продукции и экономии сырья при производстве промышленного оборудования, его эксплуатации и ремонте.

ПРОБЛЕМЫ АДАПТАЦИИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА И СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЕМ ПИСТАЛЕТА ГАЗОПЛАМЕННОГО КОМПЛЕКСА

Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Радченко Д.М. – магистрант

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

Использование разнообразных машин и механизмов характеризуются высокими механическими и тепловыми нагрузками на их узлы и детали, которые подвергаются воздействию различных агрессивных сред. Важнейший показатель надежности и долговечности механизма в целом - состояние поверхностного слоя его деталей, так как разрушение конструкционного материала начинается обычно с его поверхности. Образование различных дефектов на поверхности изделия вследствие абразивного износа, воздействия активных сред и т.д. приводит к потере необходимой прочности изделия.

Особо актуальна проблема поверхностного износа в машиностроении, где интенсивному абразивному износу частицами золы и несгоревшего топлива при высоких температурах и окислительному воздействию воздуха с продуктами горения подвергаются трубы поверхностей нагрева котлов с кипящим слоем. Сущность абразивного износа заключается в том, что крупные частицы, обладающие достаточной твердостью и остротой граней, при ударах о стенку трубы непрерывно срезают с поверхности микроскопически малые слои металла, постепенно уменьшая в этом месте толщину стенки трубы. Контакт с абразивными частицами может вызвать активное истирание металла трубы на отдельных участках по периметру, утончение стенки и аварийный разрыв.

Проблема износа рабочих поверхностей обуславливает необходимость широкого применения различных способов упрочнения поверхностей как в машиностроении, так и при ремонте и восстановлении деталей механизмов и машин.

Использование различных методов поверхностного упрочнения деталей практически всегда экономически выгодно, поскольку позволяет повысить их ресурс, производить детали из более дешевых материалов, при этом дорогостоящие материалы, обеспечивающие требуемые эксплуатационные характеристики, наносятся на поверхности деталей в виде тонкого защитного покрытия.

Использование методов поверхностного упрочнения конструкционных материалов позволяет решить многие важнейшие технические задачи, но при этом в каждом конкретном случае требуется детальный подход при выборе способа упрочнения или нанесения защитных покрытий.

При газопламенной наплавке покрытий в отличие от напыления не образуется пористость и за счёт расплавления металла со схожими свойствами образуется крепкая связь между наплавляемым металлом и поверхностью детали. Наиболее распространенными сейчас являются сплавы никеля, которые образуют крепкую связь.

Создание сверхзвуковой газовой горелки остро ставит вопрос о необходимости разработки привода перемещения для неё. Разработка привода перемещения позволит

практически избавиться от участия человека, что увеличит точность и равномерность нанесения защитного покрытия на различные детали. В результате этого мы получим экономию материалов, и детали не будут подвергаться лишнему тепловому воздействию, что влечёт за собой нарушение химических свойств металла.

В настоящее время использование привода перемещения применяется только в дуговой сварке и то в небольших масштабах, а в газопламенных установках вообще практически не разрабатывается, в связи с этим тема данной дипломной работы «Адаптация электропривода и разработка системы управления перемещением пистолета газопламенного комплекса».

Разработка привода перемещения наплавки защитных покрытий на поверхности различных изнашиваемых деталей механизмов и машин заключается в замене ручного перемещения горелки вдоль поверхности детали на автоматическое управление.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Радченко Д.М. - магистрант,

Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор.

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

Согласно определению, принятому ЮНЕСКО, информационная технология - это комплекс взаимосвязанных, научных, технологических, инженерных дисциплин, изучающих методы эффективной организации труда людей, занятых обработкой и хранением информации; вычислительную технику и методы организации и взаимодействия с людьми и производственным оборудованием, их практические приложения, а также связанные со всем этим социальные, экономические и культурные проблемы.

Поэтому информационные технологии неразрывно связаны с механизацией производственного или непроизводственного, прежде всего управленческого процесса.

На сегодняшний момент производители товаров и услуг, а также все те, кто обеспечивает непрерывность цикла "наука - техника - производство - сбыт - потребление" не смогут эффективно действовать на рынке, не имея полной информации о всей этой организационной цепочке. Современному предпринимателю необходима своевременная информация о других производителях и потребителях подобных товаров (услуг), о поставщиках сырья, комплектующих и инновационных технологиях, о сложившейся на рынке ценовой политике на подобные товары (услуги), о положении на товарных рынках и рынках капитала, о ситуации в деловой жизни, об общей экономической и политической конъюнктуре в России и на мировых промышленных площадках, о долгосрочных тенденциях развития экономики, перспективах развития науки и техники и возможных результатах, о правовых условиях хозяйствования и т. п.. Таким образом предпринимателю необходимо большое количество разнообразной информации, позволяющей быть конкурентоспособным на рынке товаров (услуг). Данную информацию предприниматель может получить на информационном рынке.

В развитых странах значительная часть информационной деятельности в течение последних двух десятилетий вовлечена в рыночные отношения и выступает в качестве одного из важнейших элементов рыночной инфраструктуры по обслуживанию, реализации и развитию рыночных отношений, а также как самостоятельный специализированный сектор рынка, на котором предлагаются особые продукты и услуги.

Современный информационный рынок включает три взаимодействующих области: информацию, электронные сделки, электронные коммуникации.

Информация относится к нематериальному производству. В области электронных сделок рынок информации выступает непосредственным элементом рыночной инфраструктуры. Область электронной коммуникации находится на стыке с отраслью связи. Рынок электронных сделок включает системы резервирования билетов и мест в гостиницах,

заказа, продажи и обмена товаров и услуг (в том числе машиностроительных), банковских и расчетных операций.

На рынке электронных коммуникаций можно выделить различные системы современных средств связи и человеческого общения, технологий машинного производства: сети передачи данных, электронную почту, телеконференции, электронные доски объявлений и бюллетени, сети и системы удаленного диалогового доступа к базам данных и т. п.

Реализация технологического процесса материального производства осуществляется с помощью различных технических средств, к которым относятся: оборудование, станки, инструменты, конвейерные линии и т.п. По аналогии и для информационной технологии должно быть нечто подобное. Такими техническими средствами производства информации будет являться аппаратное, программное и математическое обеспечение процесса производства. С их помощью производится переработка первичной информации в информацию нового качества.

В связи с этим в работе был проанализирован информационный рынок машиностроительной продукции (услуг), значительная часть услуг которого относится к сфере деловой информации.

ОСНОВНЫЕ ПОДХОДЫ К ИЗМЕРЕНИЮ ТЕМПЕРАТУРЫ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГАЗОВЫХ СТРУЙ

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

Щёткин А.И. – аспирант, Шевцов Ю.О. – к.т.н., профессор

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

Как известно, температурой называют величину, характеризующую тепловое состояние тела. Согласно кинетической теории температуру определяют, как меру кинетической энергии поступательного движения молекул. Отсюда температурой называют условную статистическую величину, прямо пропорциональную средней кинетической энергии молекул тела.

Все предлагаемые температурные шкалы строились (за редким исключением) одинаковым путем: двум (по меньшей мере) постоянным точкам присваивались определенные числовые значения и предполагалось, что видимое термометрическое свойство используемого в термометре вещества линейно связано с температурой t :

$$t = kE + D,$$

где k – коэффициент пропорциональности; E – термометрическое свойство; D – постоянная.

Принимая для двух постоянных точек определенные значения температур, можно вычислить постоянные k , D и на этой основе построить температурную шкалу. При изменении температуры коэффициент k меняется, при чем различно для разных термометрических веществ. Поэтому термометры, построенные на базе различных термометрических веществ с равномерной градусной шкалой, давали при температурах, отличающихся от температур постоянных точек, различные показания. Последние становились особенно заметными при высоких (много больших температуры кипения воды) и очень низких температурах.

Термодинамическая шкала тождественна шкале идеального газа, построенной на зависимости давления идеального газа от температуры. Законы изменения давления от температуры для реальных газов отклоняются от идеальных, но поправки на отклонения реальных газов невелики и могут быть установлены с высокой степенью точности. Поэтому, наблюдая за расширением реальных газов и вводя поправки, можно оценить температуру по термодинамической шкале.

Температуру измеряют с помощью устройств, использующих различные термометрические свойства жидкостей, газов и твердых тел. Существуют десятки различных устройств, применяемых в промышленности, при научных исследованиях, для специальных целей.

В таблице 1 приведены наиболее распространенные устройства для измерения температуры и практические пределы их применения.

Таблица 1 - Устройства для измерения температуры

Термометрическое свойство	Наименование устройства	Пределы длительного применения, °С	
		Нижний	Верхний
Тепловое расширение	Жидкостные стеклянные термометры	-190	600
Изменение давления	Манометрические термометры	-160	60
Изменение электрического сопротивления	Электрические термометры сопротивления	-200	500
	Полупроводниковые термометры сопротивления	-90	180
Термоэлектрические эффекты	Термоэлектрические термометры (термопары) стандартизованные	-50	1600
	Термоэлектрические термометры (термопары) специальные	1300	2500
Тепловое излучение	Оптические пирометры	700	6000
	Радиационные пирометры	20	3000
	Фотоэлектрические пирометры	600	4000
	Цветовые пирометры	1400	2800

Так как при СГП–наплавке температура пламени составляет около 2000 °С, то рассмотрим измерение температуры на основе термоэлектрического эффекта (специальные термоэлектрические термометры - термопары) и теплового излучения (оптические пирометры, радиационные пирометры, фотоэлектрические пирометры, цветовые пирометры).

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ ВНЕДРЕНИЯ СМК В ОРГАНИЗАЦИЯХ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА АЛТАЯ

Киселев В.С. – к.т.н., доцент, Радченко Д.М. – магистрант,

Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор

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

На сегодняшний день развитие современной бизнес – деятельности, в особенности ориентированной на международный рынок, невозможно без внедрения системы менеджмента качества (СМК), основанной на стандартах серии ИСО 9000. Этот вопрос является особенно актуальным в связи с вступлением России в ВТО, которое неизбежно привело отечественных предпринимателей к использованию международных стандартов в области обеспечения качества продукции и оказания услуг, устанавливающие единые правила игры и равные условия на европейском рынке для всех товаропроизводителей. В этой связи разработка, внедрение и сертификация систем менеджмента качества приобретают особое значение для российских предприятий, стремящихся конкурировать с западными компаниями «на равных», в том числе и Алтай.

Опыт передовых отечественных компаний показал, что при внедрении систем менеджмента качества возникает большое количество проблем, которые являются по большей мере психологическими, так как они возникают при работе с персоналом. Данные проблемы целесообразно рассмотреть в порядке их возникновения на трех основных этапах создания системы: организация разработки системы, подготовка документации и внедрения разработанной системы.

Требования стандарта ГОСТ Р ИСО 9001-2001 "Система менеджмента качества. Требования" применимы ко всем типам организаций вне зависимости от их вида, размера и поставляемой продукции. В последней версии стандарта ИСО 9000 под термином "продукция" понимается как материальная продукция (технические средства, перерабатывающие материалы), так и нематериальная (услуги, программные средства). Другими словами, была проведена универсализация этого термина. При этом в процессе внедрения СМК должна учитываться специфика вида экономической деятельности, реализуемой предприятием.

В частности, в Алтайском регионе на предприятиях, вне зависимости от их форм собственности, размера и спектра предоставляемых услуг населению, вида и количества продукции, технического обслуживания автотранспортных средств, может использоваться общий подход к внедрению СМК, результатом которого должно быть качество и определенный технико-экономический эффект, а значит и увеличения количества налогов в региональный бюджет.

Создание СМК на любом предприятии предполагает кропотливую работу по ее разработке и адаптации к нуждам конкретного производства. Система качества требует не только определенной компетентности и подготовленности ее разработчиков, но и подготовленных специалистов по внедрению и адаптации к конкретным изменяющимся условиям определенного региона.

Наиболее тупиковым и неэффективным подходом, способным дискредитировать саму идею внедрения СМК на производстве, является формальный подход, при котором предприятия используют уже кем-то разработанную СМК и внедряют ее на своем производстве, без учета его особенностей, кадровых ресурсов, укомплектованности оборудованием, экономического состояния предприятий региона и т. п. В этом случае внедрение СМК скорее всего ничего не даст ни предприятию, ни региону.

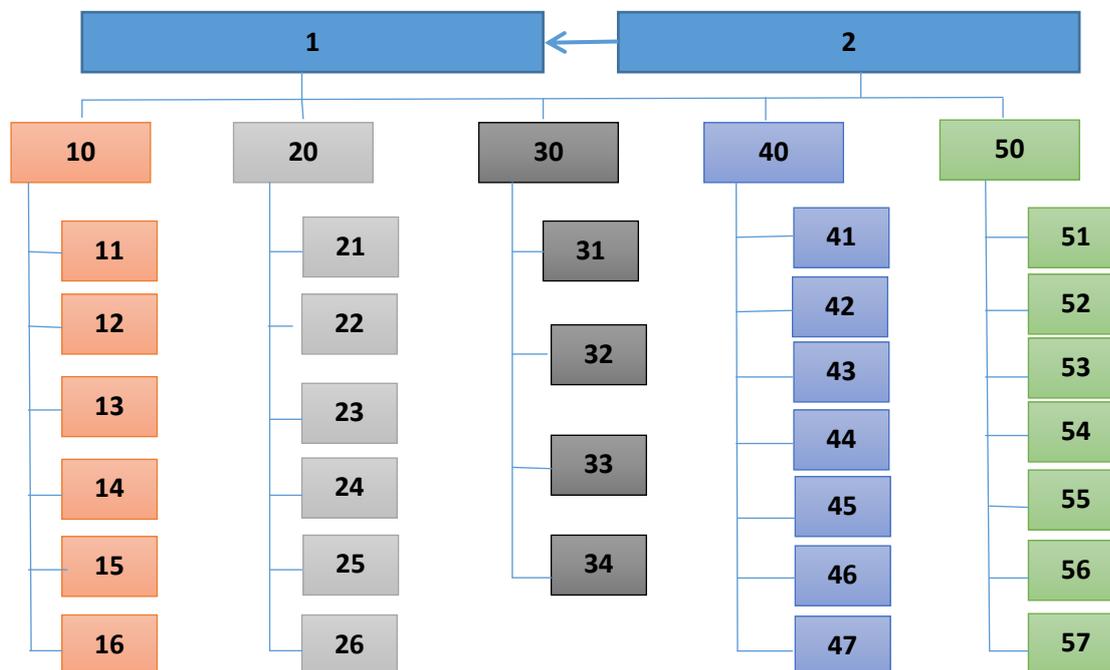
Поэтому прежде, чем принять решение о внедрении СМК, необходимо оценить и спланировать подготовительный период, который предшествует документальному оформлению и внедрению СМК.

Первым и наиболее ответственным этапом подготовительного периода является принятие взвешенного решения руководством о необходимости внедрения на предприятии СМК, основанного на анализе производства в целом и оценке ожидаемого технико-экономического эффекта. При этом руководству предприятия следует помнить, что внедрение СМК на предприятии требует затрат, окупаемость которых зависит от соответствия спроектированной СМК организационной структуре предприятия, его мощности, уровню квалификации и компетентности персонала, наконец, традициям предприятия.

На втором этапе подготовительного периода руководству следует сформулировать для себя политику в области качества, а также цели предприятия для ключевого бизнес-процесса СМК на определенный период времени. Таким образом, второй этап позволит, определить - какие позиции на рынке предоставления нематериальных услуг и материальной продукции предприятие собирается занять и на каких потребителей этих услуг (продукции) ориентируется, а также установить средства, необходимые для достижения этих целей.

Ориентация на потребителя является одним из важнейших принципов системы менеджмента качества. Задача предприятия - изучить предпочтения и ожидания потребителя, а затем преобразовать их в требования к процессам предоставления услуг. Это возможно только при обеспечении предприятия надежной обратной связью с потребителем. Наиболее

удобным способом описать связь «потребитель-предприятие» является построение "иерархической организационной структуры", которая схематично позволяет увидеть и проанализировать совокупность условий, обеспечивающих качественное предоставление услуги (продукции).



Таких иерархических уровней несколько и самый высокий «Качество – управление качеством» (1-2): 1 - качество предоставляемой услуги (продукции); 2 - руководство по качеству; 3 – управление определяет качество услуги (продукции).

За первым уровнем следует второй (более низкий), который конкретно охватывает обязательные и необходимые составляющие любого качественного процесса. Этих составляющих пять: 10 - рациональные, эффективные и документированные процессы оказания услуг (технология, производственный процесс); 20 - квалифицированный производственный персонал; 30 - качественные материалы; 40 - работоспособное оборудование, отвечающее квалификациям производственного персонала и техническим характеристикам; 50 - учет интересов и требований потребителей.

Третий структурный уровень:

- включает в себя документированные процессы оказания услуг (технология, производственный процесс): 11 - документирование процессов; 12 - обеспечение сохранности и актуализации фонда; 13 - регламентация управления документацией (номенклатура дел); 14 - обеспечение своевременного аннулирования устаревшей документации и исключение возможности ее использования; 15 - наличие на рабочих местах технической и технологической документации и справочной документации, содержащей значения нормируемых параметров; 16 - наличие документации, регламентирующей процедуры, сопутствующие процессу оказания услуг и взаимодействия между подразделениями (организационная структура предприятия),

- объединяет требования к компетенциям и к процессу формирования их у персонала предприятия: 21 - наличие требований к квалификации персонала; 22 - соблюдение при приеме на работу соответствия квалификационных требований профессиональным компетенциям специалиста; 23 - контроль соблюдения должностных инструкций и трудовой дисциплины; 24 – контроль за своевременным прохождением персоналом, в случае необходимости, специальной подготовки (переподготовки, повышения квалификации); 25 - создание для персонала условий для повышения квалификации и роста его

профессионального мастерства; 26 - своевременность увольнения, согласно Трудовому Кодексу Российской Федерации, или перевода несоответствующего необходимым компетенциям производственного персонала на другую работу,

- управляет и формирует требования к материальным ресурсам (составляющим) производственного процесса: 31 - применение материалов, сертифицированных заводом-изготовителем; 32 - применение материалов, соответствующих технологическим процессам; 33 - входной контроль качества материалов; 34 - обеспечение условий хранения и выдачи на рабочие места материалов,

- управляет и формирует требования к производственному оборудованию: 41 - ввод в эксплуатацию в соответствии с действующими требованиями; 42 - эксплуатация оборудования с учетом его назначения и рекомендаций заводов-изготовителей, действующих правил и норм; 43 - регулярность и полнота проведения технического обслуживания; 44 - регулярность и соблюдение сроков проведения испытаний, аттестации и поверки; 45 - регулярность и соблюдение сроков проведения всех видов ремонта; 46 - квалифицированное и своевременное проведение ремонта; 47 – учет и своевременное списание непригодного (физически и морально устаревшего) оборудования;

- управляет учетом интересов и требований потребителей услуг (продукции): 51 - информационная обеспеченность потребителей; 52 - предоставление гарантий; 53 - обеспечение сохранности имущества потребителей; 54 - предоставление отчетной документации о выполненных работах; 55 - соблюдение сроков выполнения работ; 56 - корректность общения; 57 - качество выполнения работ.

На схеме показан пример построения подобной "иерархической организационной структуры", которая может быть адаптирована и применена к конкретному предприятию машиностроительного комплекса. Таким образом, качественное предоставление услуг (производство продукции) зависит от совокупности пяти благоприятных факторов:

- наличия квалифицированного производственного персонала;
- рациональности, эффективности и документированности процессов оказания услуг;
- использования качественных материалов;
- наличия технически исправного оборудования, отвечающего требованиям производственного процесса;
- учета интересов и требований потребителей.

Выделение этих пяти факторов позволяет обеспечить рациональное построение организационной структуры предприятия. Руководствуясь положением об обеспечении подконтрольности процессов, реализуемых предприятием, и принципами персональной ответственности за их осуществление (ГОСТ Р ИСО 9001-2001), каждый элемент должен относиться к соответствующему звену в организационной структуре предприятия.

Анализ составляющих структуры с позиции состояния собственного производства позволяет руководству реально оценить степень готовности своего предприятия к внедрению СМК, ресурсы, необходимые для его осуществления, приоритетное направление, требующее улучшения.

АКТУАЛЬНОСТЬ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДОБРОВОЛЬНОЙ СЕРТИФИКАЦИИ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

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

Радченко Д.М. – магистрант, Нестеров А.П. – магистрант

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

В настоящее время добровольная сертификация стала уже неотъемлемой частью рыночного механизма оценки соответствия качества продукции или услуг. Для коммерческих организаций система добровольной сертификации является средством обеспечения высокого качества продукции, и способом достижения соответствующего места

на российском рынке. Системы добровольной сертификации также способствует повышению конкурентоспособности отечественных компаний при выходе на международные рынки.

Добровольная сертификация является одним из инструментов регулирования качества продукции или услуг, повышения конкурентоспособности организации. Сфера применения добровольной сертификации в России постоянно расширяется, параллельно с этим идет сокращение области обязательной сертификации. При этом ограничиваются виды лицензируемой деятельности и идет отмена некоторых видов лицензий. Всё это способствует появлению новых систем добровольной сертификации, которые обеспечивают уверенность потребителей конкретных услуг или продукции в соответствующем качестве работ или товаров. Например, Национальное Агентство Контроля Сварки (НАКС) представило свою концепцию безопасности в сфере сварочного производстве, которая предусматривает, что контроль за деятельностью в сфере сварочного производства предприятий, исключение составляют опасные производственные объекты, будет осуществляться, как раз за счет органов добровольной сертификации.

Добровольная сертификация персонала в сфере сварочного производства позволяет подтвердить соответствие квалификационных признаков (компетенций) сварщиков и специалистов сварочного производства:

- при приеме на работу;
- при участии в тендерах на выполнение определенного объема работ по сварке и родственным технологиям;
- по результатам обучения.

Правовое регулирование систем добровольной сертификации осуществляется в рамках Федерального закона «О техническом регулировании». Согласно положениям этого правового документа, юридическое лицо и (или) индивидуальный предприниматель создает свою собственную систему добровольной сертификации и знак соответствия, которые регистрируются федеральным органом исполнительной власти по техническому регулированию.

Системы добровольной сертификации, прежде всего, ориентированы на коммерческие предприятия, для которых добровольная сертификация обеспечивает повышение конкурентоспособности их продукции, услуг или иных объектов.

Как правило, в России системы добровольной сертификации создаются независимыми юридическими лицами, что, в свою очередь, приводит к появлению определенных и предсказуемых проблем. Так, на российском рынке работает множество организаций, предлагающих выдать любой сертификат (справку) за вполне конкретную сумму.

Системы добровольной сертификации охватывают несколько направлений сертификации: товаров, работ и услуг, систем качества или систем производства, персонала. Пока наиболее популярным видом добровольной сертификации является сертификация потребительских товаров и услуг. Требования к качеству выпускаемой продукции определяется рядом нормативных документов. Эта нормативная база может включать в себя и национальные стандарты, и международные нормативные акты, и стандарты организаций.

Согласно федеральному закону «О техническом регулировании», создатели системы добровольной сертификации самостоятельно определяют требования, подтверждаемые при сертификации, участников системы, порядок выполнения и оплаты необходимых работ. Зарегистрированные системы добровольной сертификации должны публиковаться в официальных источниках, например, на сайте Госстандарта РФ. Благодаря этому, потенциальные участники системы добровольной сертификации могли бы получить необходимые сведения о действующих системах, их особенностях и органах сертификации в России.

На сегодняшний день в Алтайском регионе (сведения сайта об органах добровольной сертификации) действуют 11 центров, из них: 9 предлагают услуги в сертификации в сфере проектно-производственной и архитектурной деятельности и 2 услуги по сертификации во

всех сферах от 3 часов до 3 суток. Ценовая политика последних от 13 до 40 тысяч рублей. В области машиностроительного производства информации о независимых центрах добровольной сертификации нет.

Поэтому вопрос актуальности внедрения системы добровольной сертификации в Алтайском регионе стоит также остро, как и в целом по Российской Федерации.

АДДИТИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ 3D-ПЕЧАТИ ПОРОШКОВЫХ СПЛАВОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

Радченко М.В., - д.т.н., профессор, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор,
Щёткин А.И. – аспирант

Алтайский Государственный Технический Университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Развитие науки и техническое совершенствование выводят технологии на абсолютно новый уровень, позволяющий говорить о действительно революционном по своим возможностям рывке развития современного производства. Мы стоим на пороге преобразований, в мировой прессе получивших определение Третьей промышленной революции.

Первая такая революция началась с механизации текстильной индустрии, произошло это в Великобритании в конце XVIII века. Сотни ткацких мастерских, в которых продукция изготавливалась вручную, исчезли, и на их место пришло механизированное хлопковое производство. Так родились фабрики.

Вторая промышленная революция наступила в начале XX столетия, когда Генри Форд разработал конвейерную линию сборки изделий и возвестил о начале века массового производства. Сегодня пришел черед Третьей промышленной революции. Производство становится цифровым.

Традиционный способ выпуска изделий включает субтрактивные процессы удаления лишнего материала с заготовки механическим путем, изготовление большого количества деталей с последующей их сборкой или сваркой в готовое изделие. Теперь же функциональная деталь может быть разработана на компьютере и распечатана на принтере, создающем твердотельные объекты с помощью послойного наращивания материала. Цифровой дизайн может быть изменен: пара щелчков мышки в компьютерной программе – и вот уже готово изделие с улучшенной конструкцией. После запуска процесса печати принтеры работают автономно и не требуют вмешательства оператора до завершения всей процедуры. Установки аддитивного производства позволяют изготавливать прототипы и детали сложной геометрии, невозможной при использовании традиционных методов, легковесные конструкции и функционально интегрированные изделия. Речь идет о 3D-печати и ее возможностях.

Что же такое 3D-печать? По сути, это создание объекта методом его послойного выращивания на основе трехмерной САД-модели (модели, разработанной в системе автоматизированного проектирования).

Зачастую также используется термин «аддитивное производство», поскольку при изготовлении детали применяется аддитивный метод — добавление материала слой за слоем. В этом заключается отличие 3D-печати от традиционного метода производства изделий, который является субтрактивным и при котором лишний материал удаляется с заготовки с помощью механической обработки.

Аддитивные технологии появились как способ автоматизации задач по формированию прототипов и изначально были известны под термином «быстрое прототипирование». На данный момент существенный спектр задач, для которых используются технологии, до сих пор находится в области быстрого выполнения прототипов изделий и деталей. Поскольку процесс создания деталей основан на цифровых компьютерных моделях, то для описания технологий 3D-печати изделий существует еще один термин – «цифровое производство».

Любой 3D-принтер выращивает изделие послойно, а разбивка по слоям и геометрия слоев описывается в STL-файле. Для получения послойного STL-файла обычно применяется конвертор CAD-формата, встроенный в систему автоматизированного проектирования, которую используют инженерно-технические работники предприятия.

STL – формат файла, предназначенный для хранения трехмерных моделей объектов для использования в технологиях 3D-печати. Информация об объекте хранится как список нормалей и треугольных граней, которые описывают его поверхность.

На данный момент существует множество технологий 3D-печати, установок аддитивного производства и типов используемых материалов. Так, наибольшее распространение в 3D-принтерах получили титановые, алюминиевые и никелевые сплавы, конструкционная и нержавеющая сталь, сплав кобальт-хром, жаропрочные сплавы, полиамидные пластики широкого спектра свойств, высокотемпературные пластики, жаропрочная керамика, фотополимерные пластики. Но, несмотря на широкий спектр названий, суть процесса не меняется — деталь изготавливается слой за слоем по трехмерной компьютерной модели с минимальными трудозатратами на подготовку производства и постпроцессинг.

Несомненно, в зависимости от используемых материалов и сложности изготавливаемых деталей для организации производственного процесса 3D-печати требуется определенная инженеринговая подготовка — моделирование элементов поддержки (вспомогательных структур, необходимых для печати навесных элементов детали аналогично строительным подмосткам, используемым при строительстве мостов над водным пространством), выбор оптимальной ориентации модели на рабочей платформе, оптимизация топологии изделий для снижения веса и расхода материала. В случае с металлическими деталями — моделирование вспомогательных элементов конструкции для теплоотвода в процессе печати. В рамках постобработки напечатанных деталей следует производить снятие деталей с рабочей платформы, удаление поддержек и вспомогательных элементов конструкции, а при необходимости и полировку поверхности. При работе с металлическими изделиями нужны повышенные механические свойства: деталь подвергают температурной обработке для закалки и отжига дефектов.

Основные задачи, решаемые с помощью технологий 3D-печати, можно условно разделить на три группы:

- быстрое создание прототипов, ускоряющее процесс разработки изделий;
- создание конечных функциональных изделий сложной геометрии, легковесных конструкций, функционально интегрированных деталей;
- создание оснастки для литьевых процессов – пресс-форм для литья пластиков, мастер-моделей для литья металлов по выплавляемым и выжигаемым моделям, форм для литья металлов в песчано-глинистых формах (ПГФ).

Сегодня можно говорить о существовании широкого спектра различных технологий 3D-печати. Более того, при профессиональных обсуждениях периодически упоминаются разработки все новых технологий, а на профильных выставках демонстрируются новые машины (пусть до промышленного применения добираются и не все из них).

Ниже рассмотрим самые распространенные и коммерчески востребованные процессы 3D-печати.

1. Fused Deposition Modelling (FDM) — метод послойного наплавления.

Технология основана на печати методом послойного нанесения расплавленного пластика с помощью экструдера. Пластик подается в экструдер с разматываемой катушки в виде тонкой нити. Материалы: ABS- и PLA-пластики. Применение: простейшие прототипы и функциональные изделия из пластика.

2. Stereolithography (SLA), Digital Light Processing (DLP) — стереолитография.

В данной технологии жидкий фотополимерный пластик слой за слоем затвердевает под воздействием ультрафиолетового лазера (SLA) либо светодиодного проектора (DLP). Качество поверхности и детализация выращенных моделей отвечает самым высоким требованиям. Материалы: фотополимерные пластики. В качестве материала поддержки используется сам фотополимер, поддержки удаляются механически. После печати и удаления поддержек деталь необходимо выдерживать в ультрафиолетовой печи для достижения окончательной полимеризации пластика. Применение: печать высококачественных и детализированных прототипов, печать моделей для литья по выжигаемым моделям.

3. Multi-Jet Modeling (MJM) — многоструйное моделирование.

Технология многоструйного моделирования подразумевает использование жидкого фотополимера, который наносится на рабочую платформу печатающей головкой через большое количество форсунок и послойно отверждается ультрафиолетовым проектором. Материалы: фотополимерные пластики, воск. В качестве поддержки используется воск, вымываемый теплой водой или выплавляемый в печи. Применение: печать высококачественных и детализированных прототипов, печать моделей для литья по выжигаемым и выплавляемым моделям.

4. ColorJet Printing (CJP) — цветное склеивание порошкового материала.

Технология основана на послойном склеивании порошкового материала. Мелкозернистый гипсовый порошок раскатывается ракелем или роликом по рабочей поверхности. Склеивание в цельную деталь осуществляется выборочным нанесением на слой гипса специального связующего вещества с красящими добавками. Используется мелкозернистый порошок на гипсовой основе и связующее вещество 6 млн различных цветов. Детали, полученные по данной технологии, являются цветными и могут использоваться как демонстрационные и выставочные образцы продукции. Материал: гипс. Поддержки как таковые отсутствуют, в качестве поддержки выступает несклеенный порошок.

5. Selective Laser Sintering (SLS) — селективное лазерное спекание.

Суть технологии заключается в последовательном спекании слоев порошкообразного пластика с помощью лазеров высокой мощности. Порошок разравнивается ракелем по рабочей поверхности, после этого лазерный луч с помощью импульсного излучения заштриховывает соответствующий контур детали. Под воздействием высокоэнергетического лазерного луча шаровидные гранулы порошкового пластика спекаются между собой, образуя цельную деталь. Материалы: широкий спектр порошковых пластиков, керамика. Поддержки отсутствуют, в качестве поддержек выступает неспеченный порошок. Применение: печать прототипов, создание конечных изделий сложной геометрии, легких конструкций, производство функционально интегрированных деталей.

6. Selective Laser Melting (SLM) — селективное лазерное плавление.

В данной технологии слои мелкозернистого металлического порошка под воздействием сверхмощного лазера сплавляются (спекаются) в среде инертного газа в цельнометаллические изделия. Металлический порошок разравнивается ракелем по рабочему пространству, затем контур детали заштриховывается импульсным лазером высокой мощности. Сферические гранулы металлического порошка сплавляются в цельнометаллическое изделие.

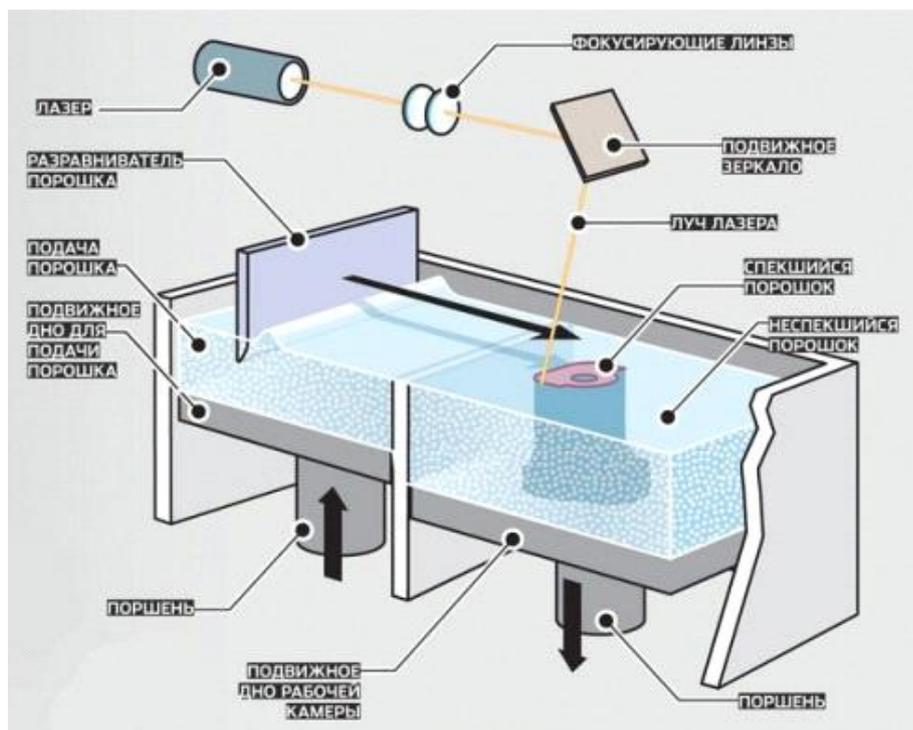


Рисунок 1 – Схема установки для селективного лазерного плавления.

Материалы: алюминий, титан, конструкционная сталь, нержавеющая сталь, никель, сплав кобальт-хром. Поддержкой выступает несплавленный металлический порошок, но зачастую рекомендуется дополнительно моделировать поддержки для организации теплоотвода с целью снижения температурных деформаций детали. Применение: конечные изделия сложной геометрии, функциональная интеграция деталей, изготовление форм для литья пластиков. В зависимости от производителя оборудования данная технология также может носить название Direct Metal Printing (DMP) и Direct Metal Laser Sintering (DMLS).

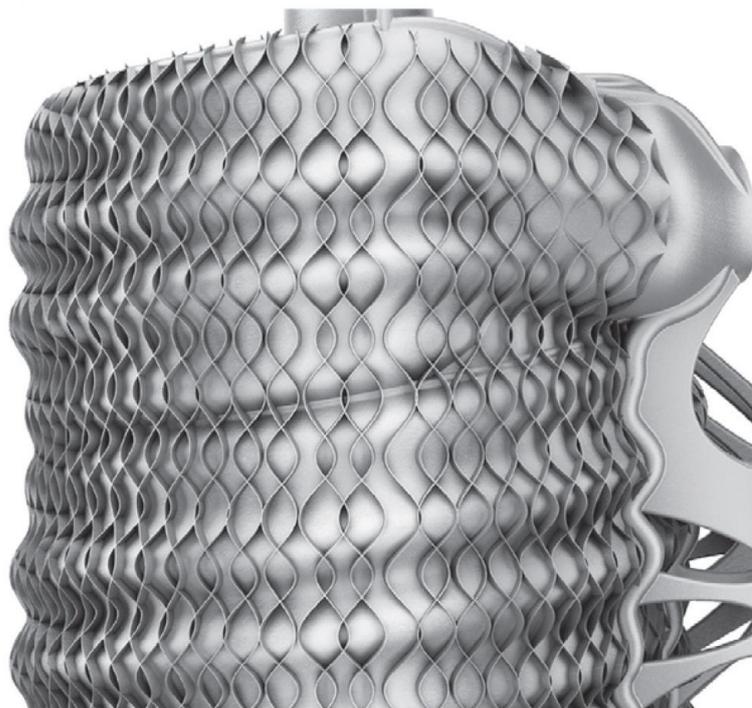


Рисунок 2 – Металлический теплообменник, изготовленный с помощью технологии 3D-печати.

Завершая обзор существующих технологий, хочется отметить, что сильные стороны аддитивного производства конечных изделий лежат в тех областях, где традиционное производство ограничено теми или иными барьерами, например, сложной формой детали, высоким весом или высокой стоимостью. Также 3D-печать является наиболее оптимальным способом сокращения времени разработки изделий за счет быстрого создания прототипов деталей и узлов. Помимо этого, аддитивные технологии незаменимы для быстрого и высокоточного создания литьевых форм и моделей.

Преимущества использования аддитивных технологий производства:

- изготовление изделия сложной геометрии;
- изготовление легковесных конструкций;
- изготовление бионических конструкций;
- выпуск изделий под конкретные требования заказчика;
- проведение функциональной интеграции изделий;
- создание форм и моделей для литья металла;
- сокращение времени разработки изделий за счет быстрого прототипирования;
- снижение производственных издержек.

Список литературы

1. 3-D Printing Manufacturing Process is Here; Independent global forum for the Unmanned Aircraft Systems community, UAS Vision [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.uasvision.com>.

2. Additive Manufacturing Consortium, Интернет-источник: <http://ewi.org/additive-manufacturing-consortium>.

3. World's First 3D Printed Metal Gun. [Электронный ресурс] режим доступа: <https://blog.solidconcepts.com/industry-highlights/worlds-first-3dprinted-metal-gun>.

ВИХРЕТОКОВАЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ МЕТОДОМ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

Маликов В.Н. – преподаватель АлтГУ, Репетун Д.Ю. – студент колледжа АлтГУ,

Жданов И.А. – студент колледжа АлтГУ

Алтайский государственный университет (г. Барнаул)

Методы и средства неразрушающего вихретокового контроля применимы для поиска дефектов в изделиях из любых электропроводящих материалов. Поиск дефектов в изделиях современной промышленности обусловлен возросшими требованиями к безопасности и качеству изделий. В частности, в экономике развитых стран, до 5 процентов себестоимости изделий составляют затраты на контроль качества.

В современном машиностроении широко применяют дюралюминий и алюминиево-магниевые сплавы. Такие сплавы являются основными конструкционными материалами в авиации и космонавтике. Благодаря удачному сочетанию прочности и легкости их широко применяют при производстве скоростных поездов, например, поездов Синкансэн (Япония), и во многих других отраслях машиностроения. Например, сплав Д16АМ применяется в экстремальных условиях низких температур, дюралюминий Д16Т пластичен и поэтому используется в судостроении. С учетом областей применения данных сплавов, контроль качества изделий, изготавливаемых из подобных материалов, является крайне актуальной задачей.

Конструктивное исполнение датчика – вихретокового преобразователя.

Разработан сверхминиатюрный вихретоковый преобразователь (ВТП) [1-2] для локального контроля физических параметров при исследовании свойств пластин из алюминиевых сплавов и сварных швов. Достоинством данного преобразователя является

возможность, в отличие от аналогичных приборов, проводить локальные измерения на участках величиной порядка сотен микрометров и на глубинах порядка 5 мм. Непосредственно измеряемым параметром является электрическая проводимость материала и ее распределение по поверхности и толщине исследуемого объекта. Вихретоковый преобразователь подключен к звуковой плате компьютера со специальным программным обеспечением (ПО), управляющим подачей напряжения на возбуждающую обмотку преобразователя, а также считывающим значения напряжения с измерительной обмотки в условных единицах, которые далее с учетом предварительной калибровки переводятся в значения электропроводности. В общем виде, схема работы измерительной системы выглядит следующим образом: цифровой сигнал от виртуального генератора поступает на вход цифроаналогового преобразователя (ЦАП) звуковой карты. После ЦАП уже аналоговый сигнал через усилитель мощности подается на возбуждающую обмотку ВТП. При этом синусоидальный сигнал создает электромагнитное поле, которое, взаимодействуя с исследуемым объектом, наводит ЭДС в измерительной обмотке ВТП. Через предусилитель это напряжение поступает на микрофонный вход звуковой карты и затем на вход аналого-цифрового преобразователя (АЦП) звуковой карты, где аналоговый сигнал преобразуется в цифровой и передается в блок обработки и управления ПО. Этот блок фиксирует значения цифрового сигнала в условных единицах, соответствующих значениям напряжения U и на измерительной обмотке. Звуковая плата компьютера дает возможность во время сканирования варьировать частоту электромагнитного поля, создаваемого возбуждающей обмоткой преобразователя, в диапазоне $100 \div 2000$ Гц.

Результаты экспериментов и их анализ.

Эксперименты проводили на пластинах №1 и №2 из дюралюминия Д16Т.

Пластина №1 толщиной 5,5 мм имела три дефекта в виде прорезей шириной 1 мм, не доходивших до противоположной поверхности 1, 3 и 4 мм (рис. 1, а). Пластина №2 толщиной 5,5 мм имела шесть дефектов в виде прорезей шириной 0,25 мм, не доходивших до

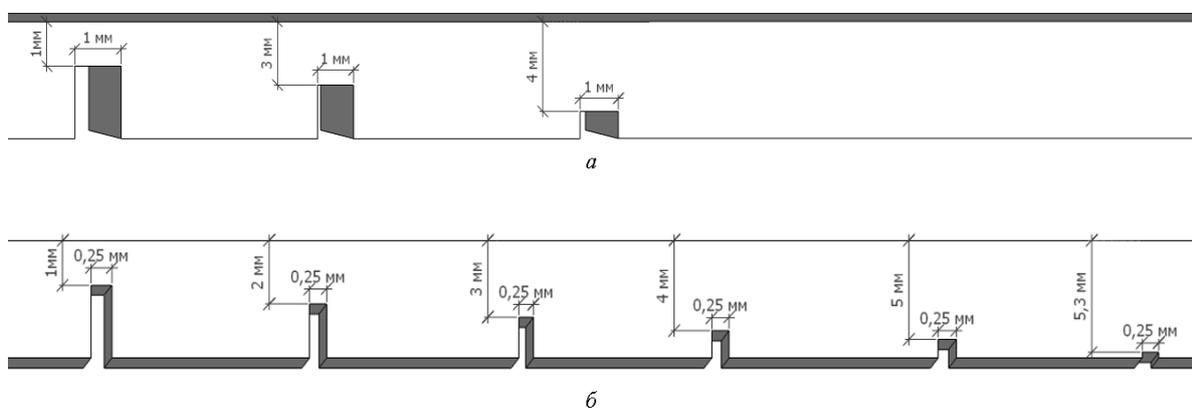


Рисунок 1 – а – пластина №1; б – пластина №2

противоположной поверхности на 1, 2, 3, 4, 5 и 5,3 мм (рис. 1, б).

При проведении экспериментов с пластиной №1 напряжение, подаваемое на возбуждающую обмотку ВТП, составляло $U_B = 2$ В.

С целью определения чувствительности датчика к дефектам в глубине металла осуществляли сканирование со стороны бездефектной поверхности пластины. Полученные данные представлены на рисунке 2.

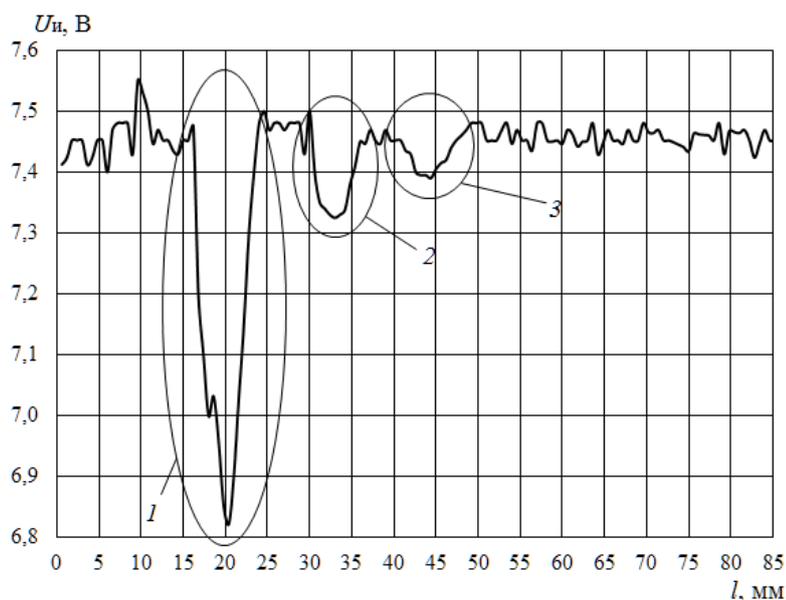


Рисунок 2 – Результаты сканирования пластины №1

Результаты дефектоскопии пластины №1 при частоте $\omega = 500$ Гц позволили обнаружить все три прорезы по уменьшению амплитуды выходного сигнала U_n . Уменьшение амплитуды сигнала U_n на первом дефекте составило 0,75 В, на втором – 0,2 В, на третьем – 0,1 В.

Эксперименты подтвердили эффективность разработанной измерительной системы для поиска дефектов шириной от 1 мм, оканчивающихся на глубине до 4 мм от бездефектной поверхности.

Для установления предела локализации магнитного поля сконструированным ВТП измерительную систему тестировали на пластине №2 с дефектами шириной 0,25 мм, оканчивающимися на глубине до 5,3 мм от бездефектной поверхности.

Результаты дефектоскопии при частоте $\omega = 500$ Гц позволили обнаружить пять дефектов на глубине от бездефектной поверхности соответственно 1, 2, 3, 4 и 5 мм (см. рисунок 3).

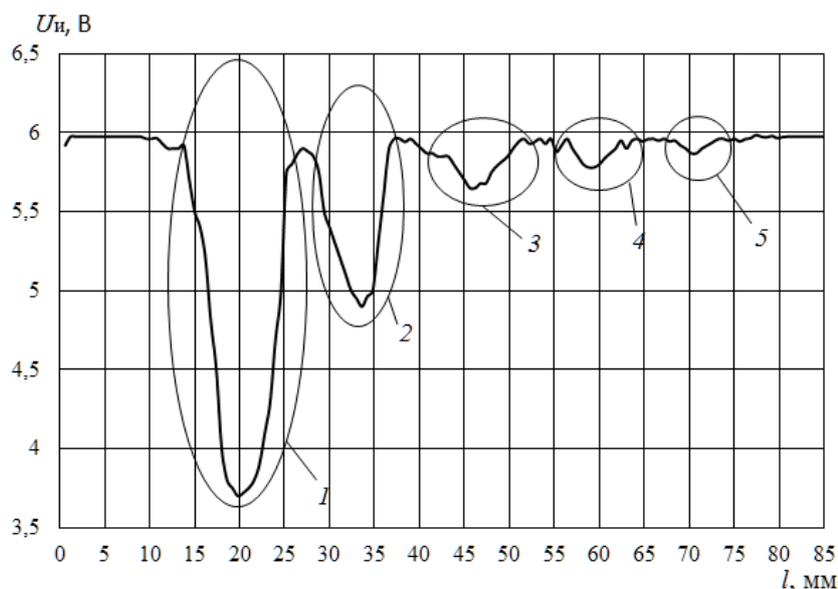


Рисунок 3 – Результаты сканирования пластины №2

Выводы

Таким образом, результаты эксперимента показали большие возможности метода вихревых токов при исследовании дефектов, скрытых в толще металла. Если ранее вихретоковый метод контроля можно было использовать для контроля только поверхностных дефектов (трещин, прорезей, нарушения сплошности поверхностного слоя металла), то применение сверхминиатюрных вихретоковых преобразователей и специального программного обеспечения позволило локализовать магнитное поле на малом участке объекта контроля и добиться значительной глубины проникновения поля в глубину исследуемого объекта при подборе соответствующей частоты поля, создаваемого возбуждающей обмоткой.

Список литературы

1. Дмитриев С.Ф., А.М. Сагалаков, А.В. Ишков, Маликов В.Н. Сверхминиатюрные токовихревые преобразователи для исследования переходов металл–диэлектрик // Приборы и техника эксперимента, 2014. № 6. - С. 102–106
2. Дмитриев С.Ф., Катасонов А.О., Маликов В.Н., А.М. Сагалаков. Дефектоскопия сплавов методом вихревых токов // Дефектоскопия. 2016. №1. С. 41-47.