

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СГП-НАПЛАВКИ НА ДЕТАЛИ ОБЪЕКТОВ КОТЛОАДЗОРА

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

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

### *Аннотация*

Теплоэнергетика и множество других отраслей промышленности являются материалоемкими. Одним из важных вопросов является способ упрочнения участков трубных панелей котлов с «кипящим слоем» так, как твердые частицы топлива очень часто и быстро выводят из строя системы топливоподачи, трубы и стенки газоходов, лотки и трубы гидрозолоудаления агрегатов.

Примером является интенсивный абразивный износ участков трубных панелей котлоагрегатов с «кипящим слоем». Котельные установки данного типа имеют широкое распространение, так как обладают рядом преимуществ по сравнению с иными типами котельных установок, что делает их использование более экономически целесообразным. 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 выводу из строя.

Вследствие этого необходимость продления срока службы котлов с «кипящим слоем», в которых трубные панели подвержены интенсивному абразивному износу, является актуальным. Из-за особенностей эксплуатации трубных панелей котлов с «кипящим слоем» основными требованиями к покрытиям являются: износостойкость к абразивному изнашиванию и жаростойкость.[1]

Существуют различные способы решения описанной проблемы, однако наиболее выгодный - создание защитного покрытия на рабочей поверхности, подверженной износу. В зависимости от среды, в которой эксплуатируется котлоагрегат, выбирается способ нанесения и материал покрытия. Разработанный способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки) самофлюсующихся порошковых сплавов на основе никеля системы Ni-Cr-B-Si является наиболее подходящим для решения поставленной задачи.

В качестве основного материала выбрана сталь 10, так как согласно рекомендациям по наплавке она наиболее обширно применяется для низкоуглеродистых сталей, а также имеет рекомендуемую скорость охлаждения при проведении экспериментов менее 100 °С/с. Применяется в основном для штамповки, поковки, трубопроводов котлов высокого давления и других деталей с весьма длительным сроком службы при температурах до 350 °С. Низко- и среднеуглеродистые стали наиболее подвержены износу, что позволяет произвести наплавку с целью увеличения прочностных свойств.

Выпускаемые самофлюсующиеся порошковые сплавы на основе никеля системы Ni-Cr-B-Si имеют различный химический и гранулометрический состав, различные физические и эксплуатационные свойства, приведенные в ГОСТ 21448-75. Существуют и современные аналоги данного порошкового материала. Одним из современных производителей сплавов системы Ni-Cr-B-Si является компания ТЕХНИКОРД. Данная продукция представляет собой гранулированные порошки на основе никелевых самофлюсующихся сплавов системы Ni-Cr-B-Si или Ni (Co)-Cr-B-Si, а также их смеси с порошками карбида вольфрама. [2]

Основной материал для сверхзвуковой газопорошковой наплавки - наплавочный порошковый сплав ПГ-СРЗ системы Ni-Cr-B-Si, который применяется для защиты деталей, подвергающихся нагреванию и контактирующих с абразивными материалами. Этот сплав обеспечивает восстановление, исправление дефектов, стойкость на истирание, повышенную коррозионную стойкость, высокую твердость и износостойкость деталей при высоких температурах. Основу наплавочного порошкового сплава составляет никель. Оптимальный слой наплавки - 2 мм. [3]

С целью решения проблемы износа участков трубных панелей котлоагрегатов с «кипящим слоем» проведены экспериментальные исследования СГП-наплавки порошкового сплава ПГ-СРЗ с внедрением упрочняющей фазы на основе:

- карбида титана (TiC);
- карбида титана (TiC), плакированный никелем;
- карбида ванадия;
- карбида молибдена;
- наноструктурированного порошка Ni-Al.

Карбид титана – соединение углерода и металлического титана (химическая формула TiC). По жаропрочности карбид титана превосходит все известные тугоплавкие карбиды, поскольку плавится при температуре более 3000 °С, что позволяет применять его на объектах котлонадзора.

Карбид ванадия - материал, обладающий высокой твердостью, высокотемпературной прочностью, химической и термической стабильностью. Благодаря своим свойствам он применяется в качестве легирующей добавки к спеченным твердым сплавам на основе карбидов вольфрама и титана для повышения эксплуатационных свойств термодиффузионных покрытий. Карбид ванадия представляет собой вещество темно-серого цвета с металлическим блеском, плотностью 5,4 г/см<sup>3</sup> и твердостью равной 9 единицам по минералогической шкале

Карбид молибдена отличается относительно высокой твердостью (микротвердость равна 1479 кг/мм<sup>2</sup>) и в сочетании с другими карбидами может использоваться для производства твердых сплавов. Он весьма тугоплавок (температура плавления более 2700 °С) и по твердости близок к алмазу.

#### *Список литературы*

1. Хасуи А., Моригаки О. Наплавка и напыление. Пер. с яп. – М.: Машиностроение, 1985 г. - 240 с.
2. <http://www.itec-ferosplav.ru>
3. Патент РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки /Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатъев В.В.; заявл. 19.03.2007.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СГП-НАПЛАВКИ НА ДЕТАЛИ, РАБОТАЮЩИЕ В УСЛОВИЯХ ИНТЕНСИВНОГО ИЗНОСА

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

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

#### *Аннотация*

Детали, в частности крыльчатки насосов, подвергающиеся физическому износу от значительных нагрузок, поверхностного трения, абразивного и механического воздействия, а также подвергающиеся тепловому износу быстро выходят из строя, что ведет к возникновению аварийных ситуаций и вынужденному простою оборудования. Вследствие чего требуются постоянные закупки и замены этих деталей, что влечет за собой дополнительные затраты средств и времени.

В целях улучшения технико-экономических параметров целесообразно использовать сверхзвуковую газопорошковую наплавку (СГП-наплавку). Она может существенно продлить срок службы детали, а также с ее помощью можно осуществлять ремонт уже выведенных из строя деталей при малых затратах. Именно поэтому внедрение СГП-наплавки является актуальным.

При СГП-наплавке легче регулировать степень нагрева основного и присадочного металла благодаря их раздельному нагреву. Газокислородное пламя также защищает наплавленный металл от окисления его кислородом воздуха и от испарения элементов,

входящих в состав наплавляемого металла. Также к преимуществам СГП-наплавки следует отнести:

получение покрытий с показателями качества на уровне электронно-лучевого плакирования;

возможность использования отечественных, серийно выпускаемых, более доступных порошковых материалов на основе Ni с размером фракции 40...100 мкм;

мобильность, компактность, простота использования 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.

Главной причиной быстрого изнашивания крыльчатки насоса является кавитационное изнашивание. Кавитационное изнашивание связано с нарушениями сплошности потока жидкости, движущейся с большой скоростью. На участках, где давление жидкости падает ниже давления насыщения паров, возникают пузырьки пара, воздуха, газа. В зоне повышенного давления кавитационные полости и пузырьки захлопываются с большой скоростью, вызывая микрогидравлические удары жидкости о поверхность детали и ее разрушение. Кавитация связана с неправильной конструкцией проходных каналов гидравлического устройства и отклонением режима работы от проектного.

Нередко кавитационное изнашивание сочетается с эрозионным процессом, если поток жидкости или газа загрязнен механическими частицами. Эрозионно-кавитационному изнашиванию подвергаются детали гидравлической части насосов, гидроциклонные установки, фонтанная и газлифтная арматура, отводы вертлюгов. [1]

Основным материалом является Сталь 20, так как она обладает высокими эксплуатационными характеристиками, что позволяет значительно расширять области ее применения. Низко- и среднеуглеродистые стали наиболее подвержены износу, что позволяет произвести наплавку с целью увеличения прочностных свойств.

Основной материал для СГП-наплавки - наплавочный порошковый сплав на никелевой основе ПГ-СРЗ, который используется с целью придания деталям определенных свойств: повышенную стойкость к воздействию абразивного износа, коррозии, жара и др. С помощью ПГ-СРЗ могут быть улучшены характеристики поверхностей металлургического, химического, горнодобывающего и другого оборудования. [2]

Для придания новых эксплуатационных свойств поверхности крыльчатки насоса проведены экспериментальные исследования СГП-наплавки порошкового сплава ПГ-СРЗ с внедрением nano-структурированного порошка Ni-Al. [3]

Nano-структурированный порошок Ni-Al способствует улучшению диффузионного взаимодействия составляющих композиционного покрытия и их лучшему сплавлению, позволяет добиться эффективного сплавления основного износостойкого покрытия с материалом основы, получить легко обрабатываемую плотную и пластичную структуру с высокими антифрикционными и прочностными характеристиками, а также достаточным уровнем твердости. Таким образом, появляется возможность повысить долговечность восстановленных или упрочненных деталей, работающих в условиях кавитационного изнашивания.

#### *Список литературы*

1. Архипов К.И. Справочник инженера-механика по ремонту нефтяного оборудования, 1996 г. – 53 с.
2. Патент РФ № 2346077. Способ сверхзвуковой газопорошковой наплавки /Радченко М.В., Шевцов Ю.О., Радченко Т.Б., Игнатъев В.В.; заявл. 19.03.2007.
3. [www.findpatent.ru](http://www.findpatent.ru). Материал для напыления покрытий.  
<http://www.findpatent.ru/patent/173/1737017.html>

## РАЗРАБОТКА БАЗЫ ДАННЫХ СВАРОЧНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ СТАЛЕЙ ГРУППЫ М02

Шакиров И.А., - магистрант, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### *Аннотация*

Не смотря на значительные успехи в механизации и автоматизации сварочного производства, ручная дуговая сварка (далее РД) по-прежнему широко применяется, особенно в мелкосерийном производстве и строительно-монтажных работах при сооружении металлоконструкций различного назначения. Правильный выбор сварочных электродов при прочих равных условиях во многом определяет качество сварных соединений. Создание базы данных сварочных электродов является одним из путей принятия с помощью компьютера и средств связи в этом направлении обоснованных и эффективных решений.

В работе [1] в качестве перспективного направления была выбрана разработка баз данных электродов для РД. Для группы металлических материалов М01 была показана возможность повышения эффективности работы специалиста при разработке технологии РД за счет улучшения информационного обеспечения. Для создания базы данных электродов по РД, можно использовать программный продукт Access 2016 корпорации Microsoft.

В продолжение развития вышеназванного направления нами была проведена работа по разработке базы данных электродов для группы металлических материалов М02. К этой группе относятся теплоустойчивые хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали перлитного класса [2], для которых должны использоваться типы электродов по ГОСТ 9467-75.

При разработке базы данных по электродам для группы металлических материалов М02, были сформулированы следующие задачи:

1. Произвести анализ особенностей работы конструкций из теплоустойчивых сталей;
2. Определить технические характеристики электродов для группы металлических материалов М02, которые нужны специалисту при решении технологических задач;
3. Разработать информационные таблиц, связи между ними и создать запросы на выборку данных.

РД находит широкое применение при изготовлении конструкций из теплоустойчивых сталей. Это обусловлено мелкосерийностью производства и низкой технологичностью конструкции узлов энергетического оборудования.

Повышенная температура работы таких узлов способствует развитию диффузионных процессов и снижению работоспособности энергетического оборудования. Хромомолибденовые и хромомолибденованадиевые стали чувствительны к термическому циклу сварки, а околошовная зона склонна к закалке.

Для снижения последствий диффузионных процессов стремятся приблизить химический состав шва к химическому составу основного металла. В связи с этим обозначение типа электрода содержит сведения о химическом составе наплавленного металла, например, Э-09МХ, а не показатели прочности наплавленного металла, как для группы сталей М01.

В условном обозначении электродов для сварки теплоустойчивых сталей группа индексов, указывающих характеристики наплавленного металла и металла шва, должна включать два индекса. Первый индекс, указывает минимальную температуру, при которой ударная вязкость металла шва и наплавленного металла при испытании образцов типа IX по ГОСТ 6996-66 составляет не менее  $34 \text{ Дж/см}^2$  ( $3,5 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ ). Второй индекс указывает максимальную рабочую температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности наплавленного металла и металла шва. Для сравнения группа индексов М01 содержит сведения о прочности, относительном удлинении и при необходимости минимальную температуру, при которой показатель ударной вязкости не менее  $34 \text{ Дж/см}^2$  ( $3,5 \text{ кгс} \cdot \text{м/см}^2$ ).

При сварке сталей группы М02 необходимо добиваться снижения влияния термического цикла сварки на свойства сварного соединения.

При выборе электродов для теплоустойчивых сталей, необходимо взять во внимание максимальную рабочую температуру, при которой регламентированы показатели длительной прочности наплавленного металла в металле шва, типоразмер труб, а также режимы подогрева и термообработки металла.

Все выше перечисленные сведения об электродах должны быть достаточными для принятия решения специалистом сварочного производства.

При разработке базы данных для группы сталей М02 были созданы таблицы, содержащие в себе всю необходимую информацию по электродам для теплоустойчивых сталей, определены связи, а также отражены типовые задачи специалистов сварочного производства при создании запросов для выбора сварочного электрода

Выводы:

1. Проведен анализ особенностей работы конструкций из теплоустойчивых сталей и определена концепция разработки базы данных электродов для группы металлических материалов М02;
2. Определены технические характеристики электродов для группы сталей М02;
3. Разработаны информационные таблиц, связи, созданы запросы на выборку данных.

*Список литературы*

1. Шакиров И.А. Разработка базы данных сварочных электродов для сталей, группы М01 / И.А. Шакиров, Б.И. Мандров, // Горизонты образования. – 2016. – Выпуск 18. – электронный ресурс [доступ свободный]. –[http://edu.secna.ru/media/f/svarka\\_tez\\_2016.pdf](http://edu.secna.ru/media/f/svarka_tez_2016.pdf). - С. 26-27.
2. ГОСТ 9467-75 Электроды покрытые металлические для ручной дуговой сварки конструкционных и теплоустойчивых сталей.
3. СТО 00220368-017-2010 Сварка сосудов, аппаратов и трубопроводов из теплоустойчивых сталей.

## НАНООРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

Аргунова М.П. –магистрант, Попова А.А. – к.т.н., старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

*Аннотация*

Успешное решение задач повышения эффективности общественного производства и перевода экономики страны на путь преимущественно интенсивного развития тесно связано с ускорением научно-технического прогресса. Необходимо создать принципиально новые виды техники и технологии, существенно повысить производительность труда во всех отраслях народного хозяйства. В этих условиях особое значение приобретают проблемы надежности и долговечности машин и механизмов, экономного использования материалов, энергии и трудовых ресурсов. Их решение неразрывно связано с обеспечением эффективной защиты поверхности деталей и конструкций от коррозии и износа.

Актуальность темы также обусловлена тем фактом, что использование объемно-легированных материалов, являвшееся в последнее столетие основным способом борьбы с изнашиванием и коррозией, становится все более проблематичным из-за истощения запасов легирующих элементов. Кроме того, по мере развития и совершенствования техники постоянно растут требования к орудиям труда и условиям их эксплуатации (повышение скоростей, температуры, нагрузок, агрессивности среды, уменьшение массы и др.) Применение традиционных конструкционных материалов уже не в состоянии в ряде случаев удовлетворить комплекс этих требований. В связи с этим экономически и технически целесообразно развивать принципиально новый подход к выбору материалов уже на стадии

проектирования. Механическая прочность детали гарантируется за счет применения одного материала, а специальные свойства поверхности обеспечиваются сплошным или локальным формированием на ней тонких слоев других материалов – покрытий. В результате обеспечивается повышенная долговечность детали, сочетающаяся с экономией легирующих элементов, удешевлением изделий.

Вышесказанное объясняет все возрастающий интерес к проблеме защитных покрытий, определяет значение разработки и практического применения технологии покрытий различного назначения в современных условиях. Среди областей, в которых нанотехнологии нашли успешное применение, можно отметить медицину, строительство, энергетику, а также машиностроение, где новые наноматериалы значительно повышают свойства металлов.

Для решения вопросов защиты поверхности деталей от абразивного, коррозионного, механического износа и износа при трении скольжения, высокотемпературной газовой коррозии, а также для ремонта с одновременным повышением эксплуатационных свойств поверхности нашли широкое применение защитные покрытия, наносимые различными методами газотермического напыления (далее – ГТН).

ГТН – это процесс нагрева, диспергирования и переноса конденсированных частиц распыляемого материала газовым или плазменным потоком для формирования на подложке слоя нужного материала.

Под общим названием ГТН объединяют следующие методы: газопламенное напыление; высокоскоростное газопламенное напыление; детонационное напыление; плазменное напыление; напыление с оплавлением; электродуговая металлизация; активированная электродуговая металлизация [1]. В настоящее время наиболее широко в промышленности применяются три основных процесса: металлизация из проволоки; порошковое газопламенное напыление; плазменное напыление порошкообразных материалов [2].

С помощью напыления можно создавать надежную защиту поверхностей изготовленных деталей машин и крупных стальных конструкций. Кроме того, способы напыления позволяют восстанавливать дорогостоящие детали с относительно небольшими затратами материала, времени и денежных средств, что дает значительную экономию металла.

Принцип ГТН: материал, который должен быть нанесен на поверхность детали, пластифицируется в источнике тепла и распыляется высокоскоростным потоком сжатого воздуха или струей газа. При ударе о шероховатую поверхность детали мельчайшие частицы, имеющие еще температуру, равную температуре плавления, деформируются и, внедряясь в поры и неровности детали, образуют покрытие [1].

ГТН применяют для создания на поверхности деталей и оборудования функциональных покрытий: износостойких; коррозионно-стойких; антифрикционных; антизадирных; теплостойких; термобарьерных; электроизоляционных; электропроводных.

Материалами для напыления служат порошки, шнуры и проволоки из металлов, металлокерамики и керамики. Некоторые из методов ГТН являются альтернативой методам гальванической, химико-термической обработки металлов, плакирования, другие – методам покраски, полимерным покрытиям.

Преимущества технологии напыления:

1. возможность нанесения покрытий на изделия, изготовленные практически из любого материала;
2. возможность напыления разных материалов с помощью одного и того же оборудования;
3. отсутствие ограничений по размеру обрабатываемых изделий. Покрытие можно напылить как на большую площадь, так и на ограниченные участки больших изделий;
4. возможность применения для увеличения размеров детали (восстановление и ремонт изношенных деталей машин);
5. относительная простота конструкции оборудования для напыления, его малая масса, несложность эксплуатации оборудования для напыления, возможность быстро и легко перемещаться;

6. возможность широкого выбора материалов для напыления;
7. небольшая деформация изделий под влиянием напыления. Многие способы поверхностной обработки изделия требуют нагрева до высокой температуры всего изделия или значительной его части, что часто становится причиной его деформации;
8. возможность использования напыления для изготовления деталей машин различной формы;
9. простота технологических операций напыления, относительно небольшая трудоемкость, высокая производительность нанесения покрытия;
10. не требуется специальной дорогостоящей обработки (очистки) продуктов, загрязняющих окружающую среду, в отличие от средств очистки и нейтрализации при гальванических видах обработки изделий [3].

ГТН применимо как к новым деталям (нанесение покрытий со специальными свойствами), так и бывшим в эксплуатации, имеющим повреждения рабочей поверхности (восстановление геометрических размеров). С помощью напыления можно восстановить от десятков микрон до миллиметров металла [4].

ГТН относится к группе классических ресурсо- и энергосберегающих технологий. Зачастую масса нанесенного покрытия составляет лишь доли процента от массы всей восстановленной детали. Поскольку слой наносится с минимальными припусками под последующую обработку – ниже затраты на механическую обработку. Температура детали в процессе напыления, как правило, не превышает 60...80°C, что совершенно исключает коробление и деформации присущие способам наплавки [2].

ГТН широко используется как альтернатива «гальваники». С использованием напыления стало возможным значительно снизить или исключить влияние на износ деталей таких факторов, как эрозия, коррозия (в том числе высокотемпературная), кавитация. ГТН может быть использовано для нанесения покрытий обладающих специальными свойствами, например: для создания термобарьерного слоя, обеспечения электроизоляционных свойств, поглощения излучения продуктов радиоактивного распада, обеспечения определенных оптических свойств, реализации селективного смачивания, создания биологически активных поверхностных свойств для различных искусственных органов и многого другого. В промышленно развитых странах освоение техники газотермического напыления происходит путем вытеснения «грязных» гальванических технологий. Ситуация в России, сложившаяся в 1980-90-х годах позволяет не реанимировать устаревшие технологии, а адаптируясь к новым условиям, вместо гальванических методов использовать новейшие технологии ГТН.

Ученые считают, что появление нанотехнологий – начало новой Научно-технической революции, которая сильно изменит мир уже в XXI веке. Стоит, правда, заметить, что в реальную практику нанотехнологии входят не очень быстро. Отчасти это объясняется высокой ценой нанотехнологий и необходимостью модернизации кадровой и материально-технической базы предприятия.

Однако некоторые направления уже сейчас применяются в промышленности для улучшения свойств материалов. Бесспорно, технология ГТН эффективна для решения вопросов защиты поверхности деталей от абразивного, коррозионного, механического износа и износа при трении скольжения, высокотемпературной газовой коррозии, а также для ремонта с одновременным повышением эксплуатационных свойств поверхности. С помощью напыления можно создавать надежную защиту поверхностей изготовленных деталей машин и крупных стальных конструкций. Кроме того, способы напыления позволяют восстанавливать дорогостоящие детали с относительно небольшими затратами материала, времени и денежных средств, что дает значительную экономию металла.

#### *Список литературы*

1. Технологии // Газотермическое напыление. – [Электронный ресурс]. – Электрон.

дан. – Загл. с экр. – Режим доступа: URL: [http://neftegaz.ru/tech\\_library/view/4404-Gazotermicheskoe-napylenie](http://neftegaz.ru/tech_library/view/4404-Gazotermicheskoe-napylenie).

2. Газотермическое напыление. ООО «Рудетранссервис». – [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – Загл. с экр. – Режим доступа: URL: [http://www.rudetrans.ru/o-svarke/gazotermicheskoe\\_napylenie/](http://www.rudetrans.ru/o-svarke/gazotermicheskoe_napylenie/).

3. Половинкин, В.Н. Наноинженерия поверхностей изделий машиностроения. – [Электронный ресурс]. – Электрон.дан. – Загл. с экр. – Режим доступа: URL: <http://www.proatom.ru>.

4. Карпеченко, И., В. Миронов, С. Шкурат, П. Полянский. Восстановление изношенных деталей методами газотермического напыления. Motrol 2009, 10В, 264-267.

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ МЕТАЛЛООБРАБОТКИ ПРИ ЗАГОТОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССАХ

Бородина В.А. – магистрант, Попова А.А. – к.т.н., старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г.Барнаул)

### *Аннотация*

Для развития металлообрабатывающей отрасли в России приоритетной задачей является не только рост производительности обработки металлов, но и строгое соблюдение требований, предъявляемых к качеству продукции. Именно поэтому особую актуальность имеют исследования, направленные на определение оптимальных параметров режимов резания. Однако для этого необходимы режущие инструменты, которые изготавливаются из сверхтвердых материалов с помощью высокоскоростной обработки [2].

Запуск нового режущего инструмента с наноструктурированным покрытием позволит существенно повысить износостойкость металлорежущего инструмента, в результате чего обработка металла станет более качественной и быстрой. Первые серийные образцы сменных многогранных пластин с износостойкими покрытиями компания SandvikCoromant продемонстрировала еще в 1969 году. Первые износостойкие покрытия были получены путем химического процесса осаждения при высоких температурах 950–1050 °С из парогазовой среды. Данный процесс принято сокращенно называть CVD (Chemical Vapor Deposition). Данная технология широко применяется не только для нанесения износостойких покрытий на режущем инструменте, но и в других областях техники, где требуется получение слоев покрытия и пленок из кристаллических материалов с высокой чистотой и заданной структурой.

Для России технология метода CVD стала доступной благодаря созданию совместных предприятий с фирмами Hertel (Германия) и KennametalHertel (США). Производство SandvikCoromant, открытое в конце 70х, успешно работает в Москве, по сей день. Однако как на этом, так и на других отечественных инструментальных предприятиях установки CVD используют технологии, основанные в основном на зарубежных разработках [1].

Для улучшения свойств режущего инструмента наибольший интерес представляют покрытия с кристаллической структурой из химически инертных и тугоплавких соединений, таких как карбид титана, нитрид титана, оксид алюминия. Первые износостойкие CVD покрытия были однослойными с толщиной порядка 4–7 мкм. Повышение производительности было достигнуто в основном за счет увеличения скоростей резания. Так за десять лет с 1970 по 1980 год скорости резания при снятии основного припуска при токарной обработке возросли в среднем со 100–120 до 150–200 м/мин.

Выраженный успех первых износостойких CVD покрытий обеспечил их широкое распространение в промышленности, но одновременно выявились существенные ограничения использования инструмента с покрытиями. Наибольшие проблемы вызваны недостаточной адгезией CVD покрытий, а также их негативным влиянием на механические свойства основы. Процесс химического осаждения характеризуется увеличенной скоростью



на заостренных участках поверхности изделий. С ростом толщины слоя покрытия адгезия катастрофически снижается. Для инструментальных применений CVD это означает, что толстый и легко откалывающийся слой покрытия ляжет как раз в зоне режущей кромки. С этим можно бороться, значительно округляя режущую кромку перед нанесением покрытия. Все перечисленные выше недостатки простейших CVD покрытий привели к необходимости серьезных исследований как в области совершенствования технологии CVD, так и в области разработки принципиально иных методов нанесения покрытий [3].

Эволюция CVD покрытий — это более чем 30-летняя история борьбы за устранение противоречия между повышением износостойкости и негативным влиянием на прочность основы, противоречия, заложенного в самой основе высокотемпературного процесса. Тем не менее на протяжении всей истории развития функциональных покрытий режущего инструмента доля метода нанесения CVD и его новых разновидностей превосходит все другие появившиеся позже принципиально иные технологии. Во всем мире признается первенство советских, а впоследствии российских разработок в создании второго по объему рынка технологии нанесения покрытий на режущий инструмент, а именно PVD (Physical Vapor Deposition), или MEVVA (Metal Vapor Vacuum Arc), или КИБ (конденсация с ионной бомбардировкой — термин, применяющийся в русскоязычной литературе). Инструменты с покрытием PVD появились в начале 80х годов прошлого столетия. Идея впервые была реализована в Советском Союзе, но, как это часто бывает, промышленное применение у зарубежных фирм оказалось более успешным и обширным. Первые покрытия PVD были получены в виде одного слоя нитрида титана TiN толщиной 2–4 мкм.

В русскоязычной практике часто встречается название «Булат», закрепившееся как за такими покрытиями с характерным золотистым цветом, так и за установками для их нанесения, получившими определенное распространение на машиностроительных предприятиях СНГ. Популярность нового метода нанесения покрытий определилась в первую очередь тем фактом, что PVD наиболее успешно улучшает свойства тех режущих инструментов, где технология CVD неэффективна или бесполезна. Таким образом, данный тип покрытий может с успехом использоваться для мелкоразмерных концевых инструментов.

Современные износостойкие инструментальные покрытия, как CVD, так и PVD существенно сложнее первых образцов. Большинство покрытий в настоящий момент выпускаются многослойными с целью создания требуемого уровня защиты инструментальной основы от механических и химических факторов износа за счет комбинации свойств различных частей своей слоистой структуры [3].

Эволюция CVD покрытий шла в трех направлениях. Первое — это снижение негативного влияния покрытия на прочность твердосплавной основы. Второе — улучшение адгезии. Третье — возможность наращивания толщины слоев покрытия для усиления защитных свойств, желательное, не в ущерб двум первым задачам. Большой эффект был достигнут от внедрения многослойных покрытий CVD, где поверх слоя карбида титана TiC наносились слои оксида алюминия Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и нитрида титана TiN. При этом первый слой покрытий служил основой для создания хорошей адгезии, а последующие слои усиливали защитные функции от различных факторов износа. Слои Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> были относительно тонкими — до 4 мкм. Впоследствии с внедрением ускорителей роста стало возможным увеличение толщины слоя до 8–10 мкм. Твердые сплавы с оксидным покрытием позволили достичь скоростей резания порядка 250–300 м/мин. Сплавы данного типа стали доминировать при чистовой обработке сталей и чугунов. Еще одно важное улучшение свойств твердых сплавов с покрытиями было достигнуто не за счет внедрения технологии градиентного спекания, а за счет изменения поверхностных свойств режущего материала еще до нанесения износостойкого покрытия.

В будущем можно ожидать разработки CVD покрытий, содержащих слой оксида циркония ZrO<sub>2</sub>. Опыты показывают, что этот материал может препятствовать диффузии компонентов твердого сплава в обрабатываемый материал при высоких температурах в 26 раз

более эффективно, чем оксид алюминия. Кристаллическая форма оксида циркония обладает высокой твердостью и также является абразивным материалом. Но пока не удается получить этот оксид в кристаллической форме для покрытий [1].

Эволюция PVD идёт, в основном, по пути поиска комбинаций покрытий, обеспечивающих большую износостойкость. Благодаря успехам, достигнутым в этом направлении, покрытия PVD отвоевали у CVD по разным оценкам от 30 до 40% рынка твердосплавных пластин. Простейшие однослойные PVD покрытия TiN сейчас применяются для метчиков и быстрорежущих фрез средней производительности, используемых для обработки простых материалов на низких скоростях. Эти же покрытия можно увидеть на сверлах из быстрорежа, предлагаемых для домашнего использования. На протяжении последних десятилетий во всем мире наблюдается значительный рост потребления режущего инструмента в авиационной промышленности, где наиболее сложными материалами для обработки являются титан и жаропрочные сплавы. В условиях высоких нагрузок на режущую кромку большие преимущества при производстве режущего инструмента обеспечивают наноструктурированные покрытия. Ведущие разработчики покрытий для режущего инструмента, получаемых методами физического осаждения PVD (Balzers, Semicon, Metaplas, Leybold, Platit и др.), разработали гамму наноструктурированных покрытий для нанесения на режущие инструменты, которые предлагаются потребителям для широкого применения. Наибольшее распространение пока получили покрытия (Ti, Al)N, где нанослои нитридов титана и алюминия постоянно меняются местами, создавая градиент концентрации составных элементов. Такие покрытия называют наноградиентными [4].

Создание покрытий для режущего инструмента нового поколения наиболее эффективно осуществлять при использовании инновационной концепции многослойно-композиционных архитектуры с нанометрической структурой и чередующимися слоями наноразмерной толщины различного композиционного состава и функционального назначения.

Принципиально отличными от вышеописанных, но также относящихся к классу PVD, являются покрытия DLC (DiamondLikeCoatings). Получаемые при этом углеродные нанопленки близки по свойствам к алмазу. Такие покрытия обладают очень высокой, превосходящей до 50 раз другие типы покрытий абразивной износостойкостью. К сожалению, их температурная стабильность и стойкость к окислению ограничены величиной 300 °C, что недостаточно для большинства случаев металлообработки, за исключением резания алюминия и силумина. В 2005 году фирма Walter впервые заявила о создании промышленной технологии нанесения PVD покрытий, содержащих слой оксид алюминия. Выпущенная гамма сплавов предлагается для обработки труднообрабатываемых материалов, таких как жаропрочные сплавы, и имеет хороший коммерческий успех, однако странно, что распространения этой технологии на другие твердые сплавы пока нет ни в производственной программе Walter, ни у других компаний [2].

Установки CVD достаточно громоздки и занимают от 50 м<sup>2</sup> производственной площади и более, и имеют сложную систему подвода газов. Некоторые газы, используемые для инструментальных CVD покрытий, токсичны, поэтому требуется соблюдение строгих мер безопасности. В сложившейся рыночной ситуации самые современные наноструктурированные покрытия стали доступны не только первой линейке ведущих инструментальных компаний, но и вторым брендам и небольшим производителям.

С момента появления технология PVD активно развивается при участии различных групп российских ученых, но плоды этого развития в основном реализуются западными компаниями. Несмотря на то, что в нашей стране активно действует немало лабораторных установок, способных производить покрытия PVD, соответствующие лучшим мировым образцам, их внедрение в практику отечественной инструментальной промышленности не происходит [4].

Таким образом, использование этих технологий открывает новые перспективы и для улучшения качества измерительных приборов. Оптическое измерение обрабатываемой поверхности в ходе самого процесса обработки позволит снизить ее погрешности.

Нанотехнологии в металлообработке открывают широкие перспективы, в частности, получение новых материалов с уникальными свойствами. Наноматериалы станут основой новой нанотехнологии, с помощью которой осуществляется термическая обработка металла, а также нанесение на его поверхность наноструктурных покрытий.

#### *Список литературы*

1. Нанотехнологии в области металлообработки. – [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Загл. с экр. – Режим доступа: URL: <http://metal-detel.ru/Nanotehnologii.html>.
2. Износостойкие покрытия как движитель инновационного процесса в технологии инструментальных материалов и современной металлообработке. – [Электронный ресурс]. – Электрон. дан. – Загл. с экр. – Режим доступа: URL: <http://www.nanonewsnet.ru/articles/2010/iznosostoikie-pokrytiya-kak-dvizhitel-innovatsionnogo-protssesa-v-tekhnologii-instrume>.

### ИНТЕНСИВНАЯ ПЛАСТИЧЕСКАЯ ДЕФОРМАЦИЯ ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ, УЛЬТРАЗВУКОВОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Останин С.Ю.- магистрант, Попова А.А. - к.т.н., старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

#### *Аннотация*

Актуальной задачей современного машиностроения является обеспечение долговечности деталей машин, которая в существенной мере определяется качественным состоянием поверхностного слоя. Именно от качества обработки во многом зависят важнейшие показатели механизмов – работоспособность, надежность, металлоемкость, себестоимость и другие технические и технико-экономические характеристики.

Работоспособность деталей машин зависит от качества обработки входящих деталей и состояния их поверхностного слоя, которое направленно формируется на финишных операциях технологического процесса изготовления.

Поверхность и поверхностный слой детали с точки зрения прочности являются ослабленными. Основной причиной этого является то, что атомы на поверхности имеют устойчивые связи только с соседними и нижележащими атомами, и их состояние является неуравновешенным, неустойчивым.

Разработан ряд методов, позволяющих улучшить состояние поверхностного слоя, в частности, большое распространение получили методы поверхностного пластического деформирования (ППД). ППД - это обработка деталей давлением (без снятия стружки), при которой пластически деформируется только их поверхностный слой. ППД осуществляется инструментом, деформирующие элементы которого (шарики, ролики или тела иной конфигурации) взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью по схемам качения, скольжения или внедрения. При ППД в результате деформационного упрочнения поверхностного слоя, в нем возникают сжимающие остаточные напряжения, сглаживание неровностей и улучшение их профиля, повышается прочность деталей при переменных нагрузках в 1,5-2,5 раза, а долговечность в 5-10 раз и более [1].

Интенсивная пластическая деформация (англ. severe plastic deformation) — способ получения беспористых металлов и сплавов с размером зерна около 100 нм, заключающийся в формировании за счет больших деформаций сильно фрагментированной и разориентированной структуры, сохраняющей в себе остаточные признаки рекристаллизованного аморфного состояния [2].

Достоинство метода интенсивной пластической деформации состоит в возможности получения крупногабаритных беспористых наноматериалов [3].

Одним из наиболее перспективных научных направлений в области создания материалов с уникальными свойствами, является разработка объемных ультрамелкозернистых (УМЗ) материалов, имеющих субмикроструктурную (СМК) или нанокристаллическую (НК) структуры методами интенсивной пластической деформации (ИПД). Важным преимуществом методов ИПД, в частности равноканального углового прессования (РКУП) и деформации кручением под высоким давлением (ИПДК) по сравнению с традиционными методами обработки давлением, является возможность достижения очень больших деформаций ( $\epsilon > 6-8$ ) без разрушения деформируемых заготовок, что позволяет по всему объему формировать равноосную УМЗ структуру с преимущественно высокоугловыми границами зерен в различных металлах и сплавах, в том числе и на основе алюминия [4].

Ультразвук при определенных условиях оказывает воздействие на фазовые превращения в металлах и сплавах, рост кристаллов и процессы пластической деформации. Установлено, что ультразвуковая обработка (УЗО) поверхности позволяет существенно повысить прочность крупнокристаллического титана. Воздействие механических колебаний приводит к ускорению процесса релаксации остаточных напряжений в изделии. Также оказывается возможным локальное изменение субструктуры материала за счет воздействия сфокусированного УЗ-пучка [1].

Достоинство применения технологии поверхностно-пластической деформации с применением ультразвуковых процессов заключается в том, что эта технология позволяет снизить материалоемкость и повысить надежность и долговечность изделий [1].

В то же время в области технологии получения перспективных материалов широкое применение находят методы интенсивной пластической деформации (ИПД), такие как равноканальное угловое прессование, кручение под квазигидростатическим давлением и всесторонняя изотермическая ковка [5].

Таким образом, практическое применение универсального оборудования для поверхностно-пластической деформации с использованием ультразвуковых процессов дает немалый экономический эффект. Технология поверхностно пластической деформации с применением ультразвуковых процессов обработки, позволяет упростить и удешевить весь процесс металлообработки.

С помощью УЗО можно обрабатывать большинство известных марок стали, алюминия, меди и других металлов. Обрабатываются различные конструктивные формы деталей: цилиндрические наружные и внутренние поверхности, торцевые, конические и шаровые поверхности, различные выступы, прямоугольные и радиусные канавки и т.д.

Сообщение ультразвуковых колебаний инструментам является эффективным средством воздействия на тепловой режим процесса обработки. Изменяя амплитуду колебаний инструмента, можно в определенных пределах управлять тепловым режимом процесса обработки материалов и создавать наиболее благоприятные условия работы инструмента и формирования поверхностного слоя детали [5].

#### *Список литературы*

1. <http://uran.donntu.org/~masters/2008/mech/samoylov/diss/index.htm>
2. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Интенсивная\\_пластическая\\_деформация](https://ru.wikipedia.org/wiki/Интенсивная_пластическая_деформация)
3. <http://www.studfiles.ru/preview/4421583/page:3/>
3. <http://www.dissercat.com/content/vliyanie-intensivnoi-plasticheskoi-deformatsii-na-strukturu-i-svoystva-alyuminievyykh-splavov#ixzz4eDBiw27E>
4. <http://naukarus.com/vliyanie-ultrazvukovyh-kolebaniy-na-strukturu-i-svoystva-ultramelkozernistogo-nikelya>

## НАНООРИЕНТИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ

Попова А.А. – к.т.н., Черепанов О.А. – магистрант

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

### *Аннотация*

Наноинженерия поверхностей объективно является наиболее востребованной в современном машиностроении нанотехнологией, представляя по своей сути наиболее доступный, достаточно простой, универсальный метод получения перспективных наноматериалов.

Актуальность разработки и широкого внедрения этих технологий связана с тем, что в деталях, узлах и изделиях машиностроения, особенно судового машиностроения, подвергаются старению, например, изнашиваются в основном их поверхности на глубину не более чем на 1-2 мм. Следовательно, заданными свойствами, например, высокой износостойкостью ко всем видам изнашивания должны обладать в первую очередь рабочие поверхности, ограниченной толщины. Вся остальная конструкция должна соответствовать требованиям прочности и усталостной долговечности [1].

Технологии формирования тонких пленок, основанные на методах физического или химического осаждения в вакууме, позволяют получать пленочные наноструктуры толщиной до нескольких атомных слоев. При такой толщине пленок подвижность осаждаемых на подложку атомов может быть очень высокой. В результате быстрой диффузии по поверхности, иногда дополнительно стимулируемой ионным облучением, более полно реализуется склонность наноструктур к образованию кластеров. Начинают реализовываться процессы самоорганизации, приводящие к возникновению нанообъектов - нульмерных или одномерных кластеров наночастиц или нанопор.

В качестве наиболее перспективных технологий использования нанопорошков специалисты отмечают следующие [1]:

- технологии нанесения износ-, коррозионностойких покрытий методом сверхзвукового «холодного» газодинамического напыления;
- технологии микроплазменного напыления;
- получение наноструктурированных покрытий с высокой твердостью методом электроискровой обработки в водных растворах и использованием наноразмерных порошковых материалов;
- технологии вакуумного осаждения наноразмерных порошковых материалов.

Осаждение с использованием плазмы тлеющего разряда проводят, как правило, при пониженном давлении в камере по схеме методов катодного и магнетронного распыления или ионного плакирования. Существует две разновидности рассматриваемого метода [2].

При реактивном распылении материал мишени в виде ионов взаимодействует в плазме тлеющего разряда с ионами активной газовой среды. На поверхность обрабатываемых деталей осаждается покрытие в виде соединения. Типичным примером может служить процесс получения покрытия из нитрида титана, когда в плазме тлеющего разряда происходит взаимодействие ионов титана и азота [3].

Вторая разновидность называется ионно-активированным химическим осаждением из паровой фазы. В этом процессе используются аналогичные CVD-методам химические реакции, но из-за активации плазмой тлеющего разряда необходимые для их протекания температуры снижают до 200-300 °С. Такой подход позволяет преодолеть основной недостаток CVD-методов, однако при этом практически невозможно получить покрытия с очень высокой чистотой химического состава, так как из-за недостаточной десорбции при низкой температуре основы в формирующиеся покрытие могут проникать примеси реакционных газов [4-5].

Результаты исследований технологии получения пленок в плазме тлеющего разряда на постоянном токе с помощью оригинального многоэлектродного устройства с магнетронной

плазмой, позволяют осаждать пленки в плазме тлеющего разряда в более широком интервале рабочих давлений (от 0,1 до 0,004 Па) по сравнению с обычными диодными системами. Изменение скорости процесса осаждения пленок в интервале от 0,25 до ~ 30 А/с позволяет варьировать структуру и свойства пленок от полимероподобных до алмазоподобных. Полученные результаты представляют интерес для решения прикладных задач в области физики с использованием тонких пленок.

#### *Список литературы*

1. Гаврилов Н.В., Никулин С.П., Радковский Г.В. Источник интенсивных широких пучков ионов газов на основе разряда с полым катодом в магнитном поле // Приборы и техника эксперимента - 2006. - Т. 1. - С. 93-98.
2. Гаврилов Н.В. Технологические источники широких пучков газовых ионов на основе дугового и тлеющего разрядов в магнитном поле: дис. ... канд. техн. наук. - Екатеринбург, 1999. - 171 с.
3. Словецкий Д.И. Механизмы химических реакций в неравновесной плазме - М.: Наука, 2010.
4. Браун С. Элементарные процессы в плазме газового разряда. - М.: Госатомиздат, 2011.
5. Ткачук Б. В., Колотыркин В. М. Получение тонких полимерных пленок из газовой фазы. М.: Химия, 2007.

#### ПРОБЛЕМА МОТИВАЦИИ СТУДЕНТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ К УЧЕБНОЙ И НАУЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Чернышев А.С. - магистрант, Попова А.А. - к.т.н., старший преподаватель  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

#### *Аннотация*

Сегодня в нашей стране одной из самых актуальных проблем в образовании является проблема мотивации воспитанников средних специальных образовательных учреждений. В связи с широким распространением различных электронных устройств и интернета российский студент большую часть своего времени находится в так называемой «развлекательной среде», от которой ему бывает очень сложно перейти к учебному процессу, требующему концентрации внимания, усидчивости и мыслительной работы. В современных условиях мотивация учебной деятельности студентов относится к одной из наиболее актуальных государственных проблем, так как это связано с профессиональной удовлетворенностью и профессиональной успешностью будущих специалистов. Как следствие, это создает условия для полноценной адаптации личности в социуме, что, в конечном итоге, гарантирует повышение качества жизни в стране.

В основе до вузовской мотивации всегда лежит потребность ученика в чём-либо. Каждый ребёнок, появляясь на свет, с первого момента своей жизни стремится познать мир вокруг себя, понять, как он устроен [1]. Это проявляется в его активной деятельности, в ярко выраженном желании получить внешние впечатления, приобрести опыт. Такая потребность в познании, а затем и в обучении естественна. Учебная деятельность, процесс приобретения новых знаний, которые были ведущей деятельностью студента, вытесняются другими мотивами, которые ранее не были столь для него значимыми. К таким мотивам относятся общение со сверстниками и внеучебная деятельность. Из вышесказанного следует, что в основе мотивации студента лежит коммуникативное взаимодействие с однокурсниками, стремление завоевать определённое положение в группе, добиться признания сверстников, стать популярным [2].

Большое влияние на познавательный интерес оказывает качество преподавания и личность преподавателя. Задача современного преподавателя, безусловно, состоит в том, чтобы побуждать студента к активному освоению предмета, а для этого ему необходимо обладать целым арсеналом интерактивных методик и навыками положительного и отрицательного подкрепления. Также очень важно, чтобы преподаватель превосходно знал и любил свой предмет, обладал личностными качествами, помогающими расположить к себе учащихся в средне специальном учреждении [2]. Немаловажным фактором являются и интеллектуальные способности студента. Известно, что обучаемые с высоким уровнем интеллекта часто имеют высокую мотивацию, которая позволяет им легко включаться в учебную деятельность, проявлять активность на занятиях. Они, как правило, сознательно стремятся овладеть знаниями и умениями, умеют сами себя организовывать. Важное воздействие на мотивацию студентов оказывает отношение родителей к его учебной деятельности. Например, безразличное отношение родителей к успехам в колледже снижает ценность образования в глазах студентов. А напряжённые отношения между родителями и педагогическим коллективом отвлекают внимание студента от обучения, заставляя его фокусироваться на конфликте и оценке поведения взрослых [3]. Взрослые могут спровоцировать своими высказываниями неверие подростка в свои силы или, наоборот, повысить его учебную результативность через убеждение студента в его потенциальных умениях и способностях. Однако известны случаи, когда родители и преподаватели, желая мотивировать учащегося, формируют у него внешние мотивы, а не внутренние. Например, когда взрослые пытаются давить на подростка, когда родители интересуются исключительно отметками, а не тем, что их ребёнок узнал нового, чему научился. Это приводит к тому, что студент становится ориентированным, прежде всего, на отметку, а не на сам процесс обучения. Причиной низкой мотивации студентов могут служить недоступность (сложность) учебной программы и высокие требования колледжа. Действительно, многие исследователи отмечают, что современные программы перенасыщены как с точки зрения содержания учебных предметов, так и с точки зрения учебных часов [3]. Нерациональное и механическое заучивание приводит к большим затратам времени, к возникновению у подростка чувства недовольства, скуки и отвращения к учебному процессу.

Проблема мотивации и стимулирования учащихся к учебной и научной деятельности является одной из основных трудностей, с которыми приходится сталкиваться преподавателям в среднем профессиональном образовательном учреждении «Алтайский архитектурно-строительный колледж» в процессе обучения студентов. Для начала следует выделить определение понятия «мотивация». Мотив является составляющим элементом психики, заставляющим человека действовать. Мотивы могут быть различные: например, интерес к содержанию и процессу деятельности, долг перед обществом, самоутверждение. Также в роли мотива выступают: интересы, идеалы, направленность, установки, эмоции и т. д. Базой и основой любого мотива является потребность. Выделив основные виды мотиваций и мотивов, можно утверждать, что все они, в общем и целом, зависят от множества факторов, начиная с потребностей и мотивов личности и их проявлений и заканчивая влиянием различных факторов среды. Так как учебный процесс, в целом, относится к сложным видам деятельности, мотивов для обучения может быть много. Однако, кто-то хочет учиться сам, кого-то необходимо мотивировать. Проведя опрос учащихся в архитектурно-строительном колледже, я сделал вывод, что не все учащиеся понимают и осознают важность учебного процесса, не все могут дать ясный ответ на вопрос «Для чего вы поступили в колледж?». Многие абитуриенты не сами выбирали будущую специальность, а пришли на факультет с друзьями. Родители так же сыграли немало важную роль в определении «будущего» своего ребенка. В таком случае преподаватели сталкиваются с низким уровнем мотивации учащихся, им приходится прибегать к вспомогательным способам стимулирования учебной деятельности. В поведении студентов, заинтересованных в научной деятельности, можно заметить наличие мотивов саморазвития и достижения, которые заставляют их много работать и развиваться, решать сложные задачи, преодолевать трудности для того, чтобы

достичь высших результатов. Процент таких учащихся не велик, так как мотив достижения напрямую зависит от способностей, выдающихся личностных качеств индивида, уверенности в успех. Сюда же можно отнести и материальную мотивацию, которая включает в себя виды материального поощрения, такие как стипендии, повышенные стипендии[4]. Но если в 60—80-е года минувшего века ежемесячное пособие студента позволяло ему существовать неотрывно от учебного процесса, то в настоящее время учащиеся зачастую вынуждены искать дополнительные источники доходов для того, чтобы обеспечить удовлетворение своих естественных потребностей. И здесь следует упомянуть иерархическую теорию потребностей А. Маслоу [4-5], которая гласит, что все потребности человека врожденные, или инстинктивные, и что они организованы в иерархическую систему приоритета или доминирования. Эта теория очень органично сочетается с теорией мотиваций, так как именно потребности индивида заставляют его действовать активно на пути к достижению цели, которая, в свою очередь, будет выступать удовлетворением этих потребностей. Не стоит забывать и о нематериальной мотивации. Как уже отмечалось, нематериальная мотивация представлена в виде получения наград, почетных грамот, сертификатов участников различных научных конференций, семинаров, мастер-классов и т. д., которые в будущем могут быть полезными в дальнейшей научной деятельности и профессиональном росте[5].

Таким образом, на мотивацию студента оказывают непосредственное влияние качество преподавания и личность преподавателя, психологический климат в семье и академической группе, интеллектуальные способности, дезадаптация к обучению в колледже, недоразвитость познавательных процессов и мыслительных операций, сложность учебной программы, её перегруженность и отношение родителей к учебной деятельности студента. Проблема мотивация студентов колледжа к учебной и научной деятельности требует глубоких исследований и диагностики результатов.

#### *Список литературы*

1. Климкина Н.А. Мотивация учения и ее формирование у учащихся // Социальная сеть работников образования nsportal.ru. — 2012. [Электронный ресурс] — Режим доступа URL: <http://nsportal.ru/nachalnaya-shkola/psikhologiya/2012/11/01/motivatsiya-ucheniya-i-ee-formirovanie-u-uchashchikhsya>. Гаврилов Н.В. Технологические источники широких пучков газовых ионов на основе дугового и тлеющего разрядов в магнитном поле: дис. ... канд. техн. наук. - Екатеринбург, 1999. - 171 с.
2. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы СПб.: Питер, 2013. — 65 с.
3. Маккензи Р.А. Ловушка времени. Как сделать больше за меньшее время. М.; 1993. - 239 с.
4. Маслоу А.Г. Мотивация и личность. СПб.: Евразия, 1999. — 478 с.
5. Хекхаузен Х. Мотивация и деятельность. М., 1989. [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL: <http://evartist.narod.ru/text14/98.htm>.

## ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ БИМЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ, ПОЛУЧЕННЫХ СВАРКОЙ ВЗРЫВОМ

Чернышев А.С. - магистрант, Вольферц Г.А. - руководитель  
Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова (г. Барнаул)

#### *Аннотация*

В последнее время одной из актуальных задач является создание новых материалов, обладающих следующими основными функциями: чувствительность, побудительность и активационная. Несомненно, сплавы с памятью формы (ПФ) удовлетворяют всем вышеперечисленным функциональным свойствам [1].



Например, в сплаве TiNi при повышении температуры происходит процесс обратного мартенситного превращения, и сплав способен изменять свою форму. Поэтому он используется при разработке различных силовых элементов, которые представляют собой взаимосвязанную пару из сплава с ПФ и упругого контртела и использующих работу материала. Сплав с ПФ во время нагрева способен совершать определенную работу, деформируя при этом контртело и тем самым, запасая упругую энергию в системе. При охлаждении контртело деформирует сплав с ПФ (реализуется эффект пластичности превращения), высвобождая запасенную энергию. Жесткость контртела определяет величину рабочего хода и усилий, развивающихся в сплаве с памятью формы. В качестве контртела или возвратного элемента используют различные устройства: пружины, пластины и т.д., выполненные из упругих материалов, например, стали.

Однако соединение никелида титана с другими металлами является сложным технологическим процессом. Основная проблема при получении композитов – это обеспечение адгезии между матрицей и сплавом с памятью формы и необходимых параметров фазового перехода в композиционном материале, которые обуславливают функциональную пригодность композита, а также стойкость композита к термоциклированию. Часто получаемые соединения обладают низкой прочностью, что препятствует разработке новых приборов и приспособлений работающих на эффекте памяти формы. В настоящее время в основном для соединения TiNi с металлами и сплавами используют сварку трением, контактную и лазерную сварку, причем последняя используется для соединения малогабаритных изделий.

Цель – изучить свойства биметаллических композитов, полученных сваркой взрывом.

Сварка взрывом является одним из эффективных методов создания качественных слоистых материалов различного назначения. Это высокоэкономичный и производительный процесс, который не требует дорогостоящего оборудования и оснастки. Из-за своей быстротечности, он подавляет развитие активных диффузионных процессов на границе раздела разнородных металлов и сплавов, позволяет получать равнопрочные соединения из практически любых сочетаний металлов и сплавов площадью до нескольких квадратных метров. Метод сварки взрывом основан на высокоскоростном косом соударении двух металлических пластин. В зависимости от скорости столкновения получают либо волнистую, либо плавную границу соединения. Необходимо отметить, что если требуется последующая обработка образца, такая, как прокатка или волочение, то плавная граница более предпочтительна, поскольку облегчает эти технологические процессы.

Схемы проведения сварки взрывом достаточно известны. Метаемая пластина, покрытая однородным слоем взрывчатого вещества, устанавливается на поверхности опорной плиты с некоторым зазором. При инициировании детонации метаемая пластина в одном конце начинает быстро изгибаться под углом, стремясь с определенной скоростью к плите, и сталкивается с опорной плитой[2].

Если скорость пластины слишком большая, то большая кинетическая энергия преобразуется в тепло и ведет к расплавлению материала. Вследствие этого образуются нежелательные интерметаллидные фазы.

Обнаружено, что сварка взрывом приводит к увеличению температурных интервалов как прямого, так и обратного превращений и уменьшению скрытой теплоты фазового перехода. Причина такого увеличения интервалов может быть связана с сильной пластической деформацией, приобретенной образцами в процессе изготовления.

Для того чтобы снять действие пластического деформирования образцы отожгли при температуре от 500 °С и выше. Последующие измерения теплового потока в дифференциальном сканирующем калориметре показали, что отжиг приводит к восстановлению температурных интервалов мартенситных превращений. Биметалл, включающий сплав TiNi с памятью формы, может с успехом использоваться при разработке термореле, термopереклyчателeй, терморегуляторов и других устройств.

Выводы:

1. Установлено, что сварка за счет высокоскоростного соударения пластин при подрыве взрывчатого вещества обеспечивает высокую адгезию между сплавом с ПФ и металлом. Сварной шов имеет волновой характер раздела и обеспечивает блокировку двух металлов. При этом сплав TiNi сохраняет термоупругие свойства. Однако наблюдается расширение температурных интервалов превращений и уменьшение скрытой теплоты превращения, что связано с сильной пластической деформацией TiNi в процессе сварки.

2. Применяемая технология сварки взрывом позволяет получать композитные материалы, сочетающие как функции исполнительного механизма с ПФ, так и контртела. Установлено, что посредством подбора режимов термообработки можно полностью восстановить термоупругие свойства TiNi сплава, подвергнутого высокоскоростной деформации сваркой взрывом.

#### *Список литературы*

1. Ооцука К. Сплавы с эффектом памяти формы / К. Ооцука, К. Сумидзу, Ю. Судзуки и др. // Под ред. Х. Фунакубо: Пер. с японск. – М.: Металлургия, 1990. – 224 с. Ильин Е.П. Мотивация и мотивы СПб.: Питер, 2013. — 65 с.
2. Захаренко И.Д. Сварка металлов взрывом / Минск: Наука и техника, 1990. – 205 с.

### ИССЛЕДОВАНИЯ В СТАТИКЕ СИСТЕМ РЕГУЛИРОВАНИЯ АВТОМАТОВ ДЛЯ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

Щеткин А.И. - магистрант, Шабалин В.Н. - к.т.н., профессор

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

#### *Аннотация*

Целью работы являлось выяснение влияния изменения диаметра электродной проволоки на коэффициенты:

- саморегулирования по току;
- саморегулирования по напряжению;
- усиления регулятора.

Испытания проводились на сварочных автоматах типа АДФ-1002 и АДФ-1202 с источником питания переменного тока ТДФ-1001УЗ, имеющего пологопадающую внешнюю характеристику.

Автомат АДФ-1002 имеет один асинхронный двигатель, спаренный как с редуктором механизма подачи электродной проволоки, так и с редуктором тележки. Скорость подачи сварочной проволоки и сварки не зависит от напряжения на сварочной дуге и регулируется сменными шестернями. Сварка может выполняться проволокой диаметром 3,0-5,0 мм, номинальная величина сварочного тока 1000 А. Автомат работает по принципу саморегулирования дуги.

Сварочный автомат АДФ-1202 относится к аппаратам с автоматическим регулированием напряжения на дуге и зависимой от него скоростью подачи электродной проволоки; нарушение длины дугового промежутка вызывает также изменение скорости подачи электродной проволоки, которое обеспечивает восстановление заданного напряжения на дуге. Регулирование скорости подачи электродной проволоки и скорости сварки – плавное. Сварка ведется электродной проволокой диаметром 2,0-6,0 мм, номинальный сварочный ток 1200 А.

Сущность процесса саморегулирования заключается в способности дуги с плавящимся электродом при постоянной скорости подачи самостоятельно, без автоматического регулятора, противостоять всем типовым возмущениям с полной их отработкой или переходом в новое устойчивое состояние.

На сварочном автомате АДФ-1002, меняя внешнюю характеристику источника питания, проводили два опыта, при постоянной скорости подачи электродной проволоки, при диаметре электродной проволоки 3,0 мм и 5,0 мм и рассчитывали значения коэффициентов Кст (коэффициент саморегулирования по току) и Ксн (коэффициент саморегулирования по напряжению).

По результатам проведенных опытов можно сделать вывод, что, при уменьшении диаметра электродной проволоки, величина коэффициента саморегулирования по току вырастает (табл. 1).

Таблица 1

Результаты расчетов и опытов на сварочном автомате АДФ-1002

N опыта	Øпр, мм	V, см/с	I, А	U, В	Кст	Ксн
1	3,0	2,639	400	45	0,0072	0,053
2	3,0	2,639	410	60		
3	5,0	2,639	690	35	0,0042	0,074
4	5,0	2,639	700	40		

Таким образом, увеличение Кст характеризует увеличение скорости (быстроты) обработки возмущений при сварке на автомате АДФ-1002.

Далее рассмотрим систему принудительного регулирования дуги для автомата АДФ-1202.

На сварочном автомате АДФ-1202, меняя внешнюю характеристику источника питания, проводили два опыта, стараясь получить режим сварки такой же, как и режим сварки на автомате АДФ-1002, при диаметре электродной проволоки 3 мм и 5 мм.

По полученным результатам проведенных опытов для автомата АДФ-1202 видно, что при уменьшении диаметра электродной проволоки величина коэффициента усиления регулятора возрастает (табл. 2).

Таблица 2

Результаты расчетов и опытов на сварочном автомате АДФ-1202

N опыта	Øпр, мм	I, А	U, В	Кнд
1	3,0	400	55	0,0667
2	3,0	450	60	
3	5,0	700	35	0,0346
4	5,0	750	40	

Таким образом, при рассмотрении двух систем автоматического регулирования выявлено, что скорость обработки возмущений в системе АРНД будет быстрее, чем у системы АРС. Поэтому автоматы с применением принудительного регулирования скорости подачи обеспечивают стабильное формирование и лучшее качество сварного шва.

#### Список литературы

1. Дюргеров, Н.Г. Саморегулирование в процессах дуговой сварки: [монография] / Н.Г. Дюргеров. Российский гос. Университет путей и сообщения – Ростов-на-Дону, 2005. – 102с.

2. Гладков, Э.А. Управление процессами и оборудованием при сварке: [учебное пособие вузов по специальности «Оборудование и технология сварочного производства» направления «Машиностроение. Технологии и оборудование»] / Э.А. Гладков – М. Академия, 2006. – 431с.

3. Ленивкин, В.А. Автоматизация сварочных процессов: [учебное пособие] / АГТУ, Ростов-на-Дону, 2008. – 205с.

## НАНОТЕХНОЛОГИИ В ОБЛАСТИ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Попова А.А. – к.т.н., доцент, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор, Шевченко А.П. – магистрант  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### *Аннотация*

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

Данные трудности определяют потребность в использовании новейших методик поверхностного упрочнения с применением различных по составу и дисперсии порошковых и наноструктурных сплавов. Основным показателем прочности и долговечности оборудования и инструмента считается качество поверхностного слоя деталей, так как разрушение материала в первую очередь испытывает его поверхность. Возникновение дефектов на поверхности изделия вследствие абразивного износа, действия сред и так далее приводит к снижению основных характеристик используемого материала.

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 защитного покрытия.

При правильном выборе конкретного способа нанесения покрытий защитные покрытия обладают высокими качественными показателями физико-механических свойств и эксплуатационных характеристик, которые требуются от изделия в каждом конкретном случае: прочность сцепления покрытия с защищаемой поверхностью, плотность, износостойкость и др.

Износостойкие покрытия широко используются в инструментальной промышленности для повышения работоспособности режущего инструмента. В своем развитии износостойкие покрытия прошли путь от простых покрытий (TiN, CrN и др.) до наноструктурных композиционных покрытий. Нитрид титана - покрытие общего назначения, которое увеличивает стойкость инструмента для обработки резанием, давлением в 2 - 3 раза. Это связано с простотой состава покрытия и удовлетворительными механическими и эксплуатационными свойствами. Наносится нитрид титана достаточно легко путем соединения атомов титана и азота физическим или химическим способами. Это покрытие применяется также для литейных форм и снижения трения в деталях машин. При использовании современных установок, позволяющих оптимизировать покрытие под конкретные условия обработки, возможно еще более значительное увеличение стойкости по сравнению с непокрытым инструментом. Важным и наиболее эффективным направлением совершенствования износостойких покрытий на основе нитрида титана TiN является их упрочнение за счет изменения химического состава, что достигается путем введения легирующих элементов (Zr, Cr, Al, Si, C, B и др.), изменения состава смеси реакционных газов (добавки азота, ацетилена или кислорода), совершенствования оборудования для нанесения покрытия. При использовании современных установок, позволяющих

оптимизировать покрытие под конкретные условия обработки, возможно еще более значительное увеличение стойкости по сравнению с непокрытым инструментом. [1]

Модификация состава на основе нитрида титана и введение в состав оптимального количества добавок кремния и бора позволяет в процессе роста покрытия подавлять образование столбчатой структуры, и тем самым повышать механические и трибологические свойства покрытий. Добавление кремния обеспечивает появление аморфных прослоек  $\text{SiN}_x$  между кристаллитами нитридной фазы. Идеи создания высокопрочных нанокристаллических материалов, основанные на представлениях о подавлении процессов роста зародышевых трещин, генерации и распространения дислокаций при уменьшении размеров кристаллитов со значением  $d \leq 10$  нм в настоящее время нашли эффективное применение при создании покрытий.

Хотя причины сверхвысокой твердости отдельных композиций до конца не поняты, можно перечислить основные факторы, способствующие росту твердости. К ним относятся высокие сжимающие напряжения, возникающие вследствие разности коэффициентов термического расширения пленки и подложки, искажение решетки кристаллических фаз вследствие изменения взаимной растворимости элементов; высокие внутренние напряжения (или напряжения роста), а также наличие химической связи между отдельными фазовыми составляющими.

Это особенно важно для покрытий, работающих в экстремальных трибологических условиях. Существует тенденция к применению современных покрытий во все более тяжелых рабочих условиях. Высокоскоростная резка твердых материалов, таких как упрочненные инструментальные стали и современные аэрокосмические суперсплавы на основе Ni, в особенности без применения охлаждающих жидкостей, являются классическим примером таких условий [2].

С точки зрения трибологии, такие процессы далеки от равновесных условий и характеризуются значительным градиентом различных характеристик на фрикционной поверхности, что может приводить к заметной нестабильности технологического процесса.

В таких условиях особенно ценной является способность наноструктурированных материалов стабильно работать в весьма неравновесных условиях [2].

Экстремальные трибологические условия связаны, например, с обработкой труднообрабатываемых материалов, когда инструменты работают при высоких температурах (до  $1000^\circ\text{C}$  и выше) и напряжениях (около 1-3 ГПа) на поверхности трения, каковые еще более осложняются сильным адгезионным взаимодействием инструмента и обрабатываемого материала. В результате наблюдаются весьма разнообразные фрикционные явления. Вдобавок к интенсивному истиранию, адгезии, абразивному и трибохимическому взаимодействию при таких высоких температурах, также может иметь место термическая усталость режущего инструмента [2].

С трибологической точки зрения, такой режим является катастрофическим и близким к «границе хаоса» из-за крайне высокого износа незащищенной фрикционной поверхности.

Соответственно, к покрытиям, применяемым в таких случаях, предъявляются высокие и комплексные требования, которым лучше всего отвечают наноструктурные пленки.

Появление в наноструктурной пленке аморфной фазы, как правило, сопровождается изменением структуры пленки, а именно, переходом от столбчатой (колонной) структуры, представляющей собой совокупность взаимосвязанных колонн, к композитной структуре, в которой нано-кристаллы одной или нескольких фаз разделены тонкими аморфными прослойками. Контролируемое введение «аморфизатора», например бора или кремния, позволяет управлять структурой и свойствами наноструктурных пленок. Известно, что для сопротивления абразивному и адгезионному изнашиванию покрытия должны обладать высокой твердостью  $N$ . Кроме того, они должны иметь низкий модуль упругости  $E$  и высокое упругое восстановление  $W$ , что особенно важно в условиях ударных, абразивных и эрозионных воздействий.

Помимо высокой твердости, трибологически наноструктурные пленки должны характеризоваться низкими значениями модуля упругости и высокими значениями упругого восстановления  $WE$  (достигающими 90 %). Было показано, что величина  $H/E$ , характеризующая стойкость материала к упругой деформации разрушения, может использоваться для оценки износостойкости покрытий. Покрытия должны обладать высоким сопротивлением пластической деформации, которое описывается параметром  $H3/E2$ . Важную роль играют структурное состояние покрытий и механизм взаимодействия покрытия с обрабатываемым материалом.

Наиболее важными факторами, определяющими достижение сверхтвердости нанокompозитов, является наноразмерность ( $d$  от 4 до 5 нм) кристаллов нитридов и наличие по их границам тонкой (менее 1 нм) прослойки аморфной фазы с высокой твердостью и высоким уровнем прочности межатомной (типа Si-N, B-N, Ti-N) связи с атомами кристаллической фазы. Это, во-первых, подавляет дислокационную пластичность (генерацию и распространение дислокаций), во-вторых, служит эффективным препятствием распространению микротрещин, в-третьих, делает невозможным зернограничное проскальзывание.

Наноструктурные покрытия Ti-Si-N имеют высокую твердость 30 - 45 ГПа и достаточно низкий модуль упругости 200 - 250 ГПа. Механические свойства их в большинстве случаев в значительной степени зависят от содержания кремния и при атомной доле 5-10 % Si достигают максимальных значений. Покрытия Ti-Si-N характеризуются высоким сопротивлением абразивному износу. Трибологические испытания по схеме «стержень-диск» показывают, что с увеличением содержания кремния в покрытиях на основе нитрида титана коэффициент трения снижается. Положительное влияние кремния на трибологические свойства покрытий связано с образованием (в процессе испытания) слоев на основе  $SiO_2$  или  $Si(OH)_2$ , играющих роль твердой смазки. Износостойкость этих покрытий почти в два раза выше, чем покрытия TiN. Кроме того, режущий инструмент с наноструктурными покрытиями Ti-Si-N имеет высокие служебные характеристики.

Наноструктурные (НС) покрытия находятся в настоящее время в центре внимания материаловедов, благодаря характерным, перспективным для техники изменениям в этих состояниях физических и механических свойств кристаллов, в том числе обеспечивающих создание новых керамических и металлокерамических композиций.

Важнейшим фактором, отвечающим за формирование в НС материалах необычных физических и механических свойств, являются особенности их высоконеравновесной структуры, в частности, дефектной субструктуры границ зерен, отличающихся высокой плотностью дефектов, структурной и термодинамической неравновесностью, наличием значительных полей локальных внутренних напряжений, изменением атомной плотности в приграничных зонах и т. д.

К настоящему времени накоплен достаточно большой экспериментальный материал о структурных особенностях наноструктурированных покрытий. Однако связать эти особенности с формированием особых физических и механических свойств в полной мере пока не удается.

Известно, что их деформация может носить как гомогенный, так и негомогенный характер с образованием полос сдвига, однако исчерпывающее объяснение этому явлению отсутствует. Не разработаны четкие критерии оценки поведения наноструктурных покрытий при деформации.

#### *Список литературы*

1. Валиев Р.Ч., Александров И. В Наноструктурные материалы, полученные интенсивной пластической деформацией. М. Логос, 2000.
2. German S Fox-Rabinovich, Kenji Yamamoto, Ben D Beake, Iosif S Gershman, Anatoly I

Kovalev/ Hierarchical adaptive nanostructured PVD coatings for extreme tribological applications: the quest for nonequilibrium states and emergent behavior/ Sci. Technol. Adv. Mater. (2012) 13 043001.

## НОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕДУРЫ АТТЕСТАЦИИ СВАРОЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор,  
Евменов Д.А. – магистрант

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

### *Аннотация*

Под аттестуемой технологией сварки (наплавки) следует понимать комплекс работ, включающих подготовку изделия к сварке, предусмотренных соответствующей производственно-технологической документацией по сварке (наплавке) (ПТД) при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции конкретных технических устройств опасных производственных объектов и выполняемых одним способом сварки.

ПТД, определяющая аттестуемую технологию сварки, должна быть представлена в виде технологических инструкций и карт технологического процесса выполнения сварного соединения или элемента сварной конструкции, включающих исчерпывающие сведения об основных операциях и параметрах технологического процесса. ПТД должна содержать требования к подготовке сварного соединения к сварке, сварочным материалам, оборудованию (сварочному, сборочному и вспомогательному), предварительному и сопутствующему подогреву, к параметрам процесса сборки и сварки, в том числе к последовательности выполнения прихваток, швов и отдельных слоев, к термической обработке после сварки, методам контроля, объему контроля, требования к качеству и др.

При разработке программ и проведении производственной аттестации технологий сварки (наплавки) рекомендуется различать три вида технологий.

Вид I - технологии, базирующиеся на использовании универсального сварочного оборудования, а применяемый основной материал, конструкция и размеры свариваемых деталей полностью воспроизводят производственные условия применения технологии при сварке контрольных сварных соединений (далее по тексту - КСС).

Вид II - технологии, базирующиеся на использовании специализированного сварочного оборудования или на применении сварочных материалов, предназначенных специально для данной технологии.

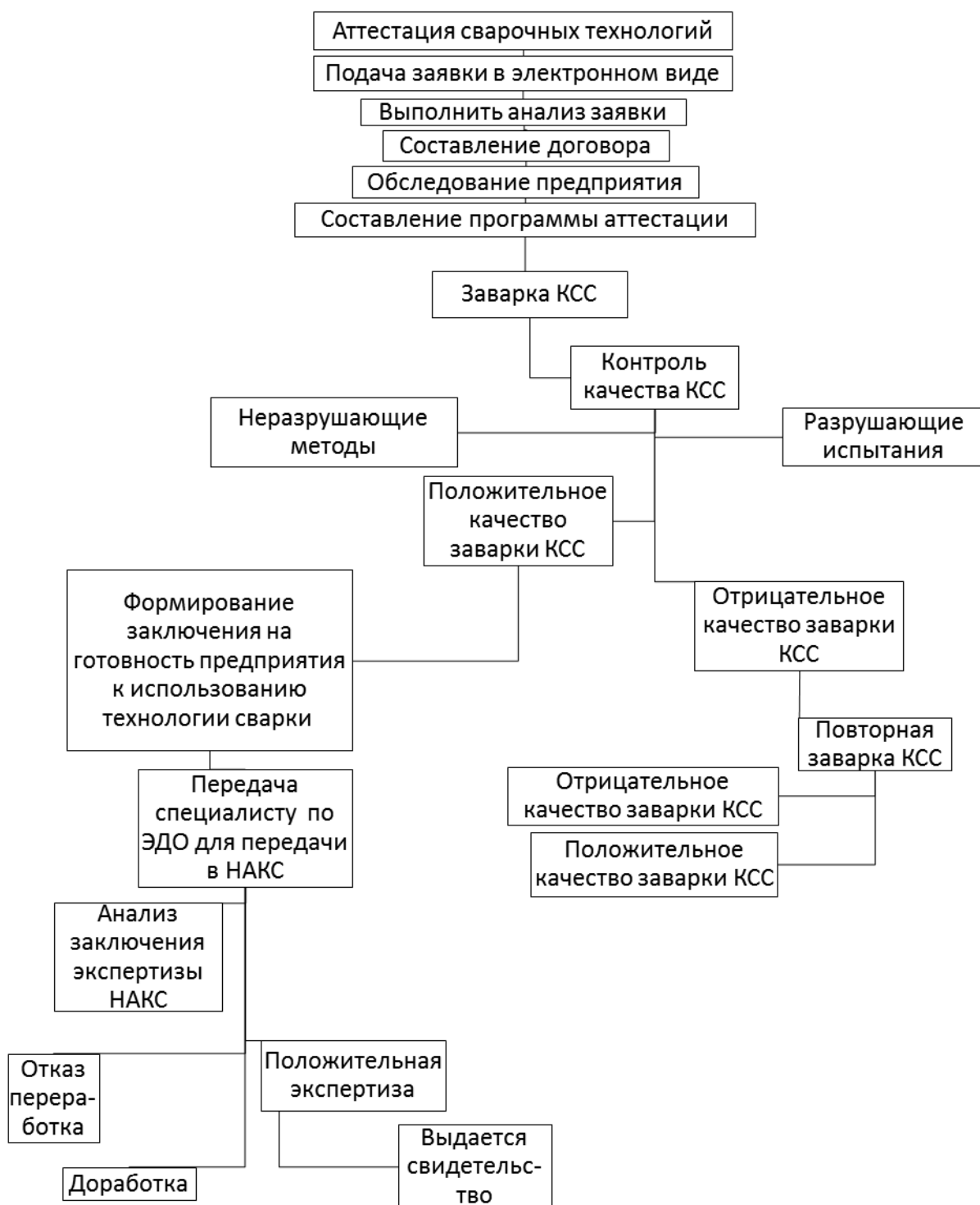
Вид III - технологии, применяющиеся при сварке (наплавке) конструктивно-сложных узлов технических устройств. Такие технологии не могут быть полностью воспроизведены при сварке типовых КСС.

Например, производственная аттестация технологии сварки (наплавки) элементов конструкций технических устройств при ремонте в процессе эксплуатации, когда на качество сварного соединения оказывает существенное влияние состояние металла; производственная аттестация технологии приварки элементов конструкций к корпусу изделия с использованием усиливающих воротников, когда на качество сварного соединения оказывает существенное влияние жесткость конструкции.

Вид технологии сварки (наплавки) определяет условия разработки программы производственной аттестации и выбора конструкции КСС.

Для нормирования процедуры аттестации сварочных технологий на предприятиях был разработан её алгоритм, представленный ниже.

Частичная апробация этого алгоритма при аттестации сварочной технологии конкретного предприятия показала его работоспособность, но и необходимость корректировки его отдельных пунктов.





## РАЗРАБОТКА МАРШРУТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ КОРПУСА РЕДУКТОРА ИЗ СТАЛИ 25ХГТ

Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор,  
Ножников П.Ю. – бакалавр

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

### *Аннотация*

В области использования сварочных технологий для бурового оборудования актуальность производства сварного корпуса редуктора, в сравнении с другими способами соединения, заключается в значительном уменьшении затрат на изготовление за счет снижения расхода металла, а также уменьшении трудоемкости работ. Сварка обеспечивает экономию металла вследствие полного использования рабочих сечений, отсутствия расхода металла на литники, брака и припусков на механическую обработку при замене литья сваркой. Выгодно применять сварку при единичном и мелкосерийном производстве, так как при этом можно обходиться более простыми приспособлениями и технологической оснасткой.

В данной работе целью исследования является повышение конкурентоспособности изделий за счёт применения при их изготовлении современных сварочных технологических процессов.

На предприятии ООО «Алтайспецтехника» сварку корпуса осуществляют двумя способами: ручной дуговой сваркой плавящимся электродом и механизированной сваркой в среде защитных газов. Основной объем работ приходится на механизированную сварку в среде защитного газа. Сварка осуществляется на оборудовании типа «Спутник», предназначенном для сварки низкоуглеродистых сталей плавящимся электродом в среде защитного газа.



На производстве используют следующие сварочные материалы: омедненная сварочная проволока марки Св-08Г2С диаметром 1,2 мм, защитный газ – углекислый газ (СО<sub>2</sub>). Для получения качественных швов используется газообразная и жидкая двуокись углерода высшего и первого сорта, изготавливаемая, по ГОСТ 8050-85.

Как известно, сварочная проволока Св-08Г2С изготавливается по ГОСТ 2246-70, применяется для сварки низкоуглеродистых и низколегированных сталей с пределом текучести свыше 400 МПа в углекислом газе и газовой смеси. Технология производства проволоки позволяет обеспечить стабильность подачи и минимальное разбрызгивание при сварке. Жесткие ограничения по содержанию примесей в химическом составе проволоки обеспечивают высокие механические и ударные свойства наплавленного металла. Наплавленный металл отличается высокой стойкостью к образованию пор даже в условиях несоблюдения межпроходной температуры при сварке многопроходных швов.

Данная проволока Российского производства и изготавливается на заводе ЭСАБ-Тюмень по программе импортозамещения.

В связи с отсутствием на предприятии операционно-технологических карт для сварки была поставлена задача по их разработке.

Согласно монографии Потаповского А.Г. под издательством Томского политехнического университета «Сварка сталей в защитных газах» принимаются следующие характеристики сварки.

Рекомендуемый вылет электродной проволоки типа Св-08Г2С для начала сварки в СО2 на обратной полярности:

Диаметр электрода 1,2 мм, вылет электрода 11-13 мм

Таблица 1

Диапазоны токов сварки в СО2

Диаметр электрода, мм	Ток сварки, А	Ориентировочные скорости подачи проволоки, м/ч	Разбрызгивание, %
1,2	240-350	650-1200	2-3

Среди всех существующих методов разрушающего и неразрушающего контроля качества сварных соединений согласно ГОСТ 3242-79 существуют следующие виды контроля качества сварных соединений:

- технический осмотр (визуально-измерительный);
- капиллярный (цветной, люминесцентный, люминесцентно-цветной);
- радиационный (радиографический, радиоскопический, радиометрический, акустический (ультразвуковой));
- магнитный (магнитно-порошковый).

На предприятии применяется капиллярный (цветной) и магнитный (магнитно-порошковый) методы контроля сварных соединений.

Стандарт на капиллярный метод контроля – ГОСТ 18442-80.

Основные этапы проведения капиллярного метода контроля является:

- подготовка объекта к контролю;
- обработка объекта дефектоскопическими материалами;
- проявление дефектов;
- обнаружение дефектов и расшифровка результатов контроля;
- окончательная очистка объекта.

Стандарт на магнитно-порошковый метод контроля – ГОСТ 21104-80.

Магнитопорошковый метод неразрушающего контроля основан на явлении притяжения частиц магнитного порошка магнитными потоками рассеяния, возникающими над дефектами в намагниченных объектах контроля.

Подготовка к контролю включает в себя следующие технологические операции:

- намагничивание объекта контроля;
- нанесение дефектоскопического материала на объект контроля;
- осмотр контролируемой поверхности и регистрация дефектов;
- оценка результатов контроля;
- размагничивание.

В ходе проведения исследования был проведён анализ технической документации на сборку-сварку корпуса редуктора, а также анализ технологичности конструкции и методик контроля качества. В результате анализа технической документации был произведён выбор технологических параметров механизированной сварки и разработка операционных технологических карт.

**ПРОБЛЕМЫ ПРИМЕНИМОСТИ НЕРАЗРУШАЮЩИХ МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ  
КАЧЕСТВА СВАРНЫХ ШВОВ ПРИ МОНТАЖЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ**  
Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор, Петров Д.А. – бакалавр  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

*Аннотация*

Как известно, методы разрушающего контроля на монтаже неприменимы. Особенно это относится к опасным производственным объектам, к которым относятся строительные конструкции. Поэтому актуальным является анализ применимости методов неразрушающего контроля качества сварных соединений и швов по ГОСТ 3242-79 "Соединения сварные. Методы контроля качества". К этим методам в целом относятся следующие: визуально-измерительный контроль (ВИК), капиллярный, ультразвуковой, радиографический, магнитный.

Практически каждое современное производство, в том числе и производство металлических строительных конструкций, в выборе материалов, технологий, оборудования, персонала, методик контроля качества и других параметров, опирается на три основные фактора:

- качество выпускаемой продукции,
- скорость производства
- и экономический показатель.

Согласно РД 34.15.132-96 "Сварка и контроль качества сварных соединений металлоконструкций зданий при сооружении промышленных объектов", п.8.2.1, контроль качества сварных соединений стальных конструкций производится: внешним осмотром с проверкой геометрических размеров и формы швов в объеме 100%; неразрушающими методами (радиографированием или ультразвуковой дефектоскопией) в объеме не менее 0,5% длины швов. Увеличение объема контроля неразрушающими методами или контроль другими методами проводится в случае, если это предусмотрено чертежами КМ или НТД (ПТД).

Опираясь на вышеперечисленные требования, можно сделать вывод, что минимальный объем контроля качества неразрушающими методами, а именно радиографированием или ультразвуковой дефектоскопией на 1 метр сварного шва будет составлять всего 0,5 сантиметра. Увеличение объема контроля происходит, если оно предусмотрено чертежами КМ или НТД (ПТД), а значит не является обязательным. Следовательно, используя минимальный объем контроля, предусмотренный нормативной документацией, очень высока вероятность, что многие дефекты останутся не выявленными, что может привести конструкцию к уменьшению прочности и в дальнейшем - к разрушению. Ярким примером такого разрушения является торговый центр "Галактика" города Барнаула ( рисунок 1).



Рисунок 1 - Крыша торгового центра "Галактика" после обрушения.

Помимо того, что минимальный объем контроля в существующей нормативной документации является не достаточным для обеспечения необходимого качества сварных соединений, то в условиях монтажа существуют так же и другие трудности, такие как сложность исполнения конструкции, расположение монтажных узлов и соединений на большой высоте, климатические условия и др. Все эти факторы делают практически не возможным проведение какого-либо контроля, кроме визуально-измерительного, а его проведение - усложняют.

Опираясь на вышеизложенный материал, можно сделать вывод, что для повышения качества строительных конструкций необходимо искать пути решения имеющихся проблем. Для нахождения путей решения были сформированы следующие задачи:

1. Изучение существующей нормативной документации по контролю качества сварных соединений;
2. Выявление имеющихся проблем и недоработок;
3. Разработка методов решения найденных проблем;
4. Практическая реализация разработанных методов.

## АКТУАЛЬНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ТРУБ ДЛЯ ГАЗОПРОВОДА

Останин С.Ю.- магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### *Аннотация*

Газоснабжение – это сложнейшая система, обеспечивающая безопасную подачу газа по трубам ко всем потребителям. Трубы для газоснабжения являются составной частью этой системы. В связи с этим выбор материала труб для газоснабжения имеет самое большое значение. Так как газ – это взрывоопасное вещество, то трубы для газоснабжения, как и все остальные составляющие части системы газоснабжения, должны отвечать определенным требованиям техники безопасности. Поэтому очень важную роль в характеристике

используемых труб для газоснабжения играет их прочность, стойкость к коррозии, долговечность и герметичность.

Цель работы – проанализировать актуальность применения полиэтиленовых труб для газопроводов. При строительстве подземных газопроводов широко используется полиэтиленовые трубы [1, 2], которые обладают рядом преимуществ по сравнению со стальными трубами.

Во-первых, полиэтиленовые трубы для газоснабжения укладывают прямо в грунт без специальной защиты и изоляции, в которых нуждаются стальные трубы. Во-вторых, полиэтиленовые трубы весят в 7 раз меньше стальных аналогичного диаметра и поставляются в бухтах или намотанными на барабаны. В-третьих, высокая пластичность полиэтиленовых труб для газоснабжения и прочность на разрыв позволяют прокладывать их в пучинистых грунтах и в регионах с повышенной сейсмической активностью.

Полиэтиленовые трубы обладают целым рядом преимуществ, определяющих целесообразность и высокую эффективность их использования. Срок службы полиэтиленовых труб для газопроводов значительно больше, чем металлических. Они не боятся почвенной коррозии, не требуют защиты от блуждающих токов, легче стальных, выпускаются длинномерными отрезками, требуют меньших затрат на транспортировку. При правильной организации работ, скорость строительства газопроводов с использованием полиэтиленовых труб в 2-3 раза выше скорости строительства из стальных труб. Стоимость строительства газопроводов с использованием полиэтиленовых труб в среднем ниже по сравнению со строительством стальных газопроводов. Затраты труда при использовании полиэтиленовых труб в строительстве газопроводов меньше, чем при монтаже аналогичных стальных конструкций.

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

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

Вывод: применение полиэтиленовых труб для газопровода является весьма актуальным, благодаря надежности, долговечности и широкому диапазону условий эксплуатации.

#### *Список литературы*

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

## ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМА ОБРАЗОВАНИЯ БЕЙНИТНЫХ СТРУКТУР ПРИ ИЗОТЕРМИЧЕСКОЙ ВЫДЕРЖКЕ В СТАЛЯХ 15ХМ И 24Х2НАЧ

Зубков А.С. – магистрант, Нестеров С.Д. – магистрант, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### *Аннотация*

Применение низкоуглеродистых низколегированных сталей позволяет повысить прочность и долговечность конструкции при одновременном снижении ее металлоемкости. Склонность низколегированных сталей к закалке и образованию холодных трещин заставляет искать новые пути получения качественных сварных соединений [1, 2]. Улучшение свариваемости и повышение механических свойств низколегированных сталей достигается термической обработкой.

Цель работы – изучение механизма распада аустенита в низколегированных сталях 15ХМ и 24Х2НАЧ.

Изотермической выдержке подвергались образцы диаметром 24 мм, высотой 12 мм. Исследования микроструктуры выполняли на металлографическом микроскопе «НЕОРНОТ-32М». После нагрева в соляной ванне до 880 °С и выдержки в течение 10 мин образцы переносили в свинцовую ванну. Время, затрачиваемое на перенос, не превышало 1 с. Температуру в свинцовой ванне для каждой новой партии образцов понижали на 50 °С в диапазоне от 600 до 400 °С. Время выдержки каждого последующего образца партии увеличивали, и оно соответственно составляло от 1 до 1200 с. После выдержки в свинцовой ванне образцы охлаждали в воде для перевода нераспавшегося аустенита в мартенсит.

Установлено, что для стали 15ХМ превращение протекает полностью, малое количество углерода и растворенных легирующих элементов не создают условия для его обогащения и повышения устойчивости. При температуре 500 °С распад аустенита начинается с выделения добейнитной  $\alpha$ -фазы по его границам зерен, через 5 с общее количество распавшегося аустенита составляло 20 %, через 50 с – 50 %, при этом шел его интенсивный самоотпуск. Через 15 мин распад аустенита полностью завершается, структура представляет собой быстро травящуюся ферритную матрицу с мелкодисперсными глобулярными карбидами самоотпуска. При этом в стали 15ХМ зону повышенной устойчивости аустенита зафиксировать не удалось (рисунок 1).

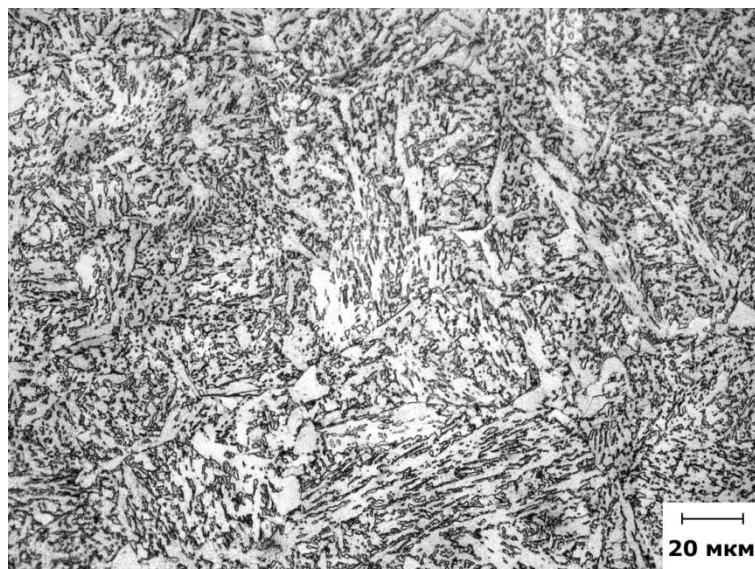


Рисунок 1 – Микроструктура исследованной стали 15XM

При изотермической выдержке стали 24X2HAc установлено, что в интервале температур 600...400 °С полного распада аустенита не происходит даже при выдержках 2 ч. Нераспавшаяся часть аустенита при последующем охлаждении превращается в мартенсит. Количество нераспавшегося в промежуточном интервале аустенита тем больше, чем выше температура изотермической выдержки. Превращение при 550 °С начинается с появления добейнитной  $\alpha$ -фазы. Через 20 с изотермической выдержки общее количество продуктов распада аустенита достигает 50...60 %. В некоторых редких участках начинает просматриваться карбидная фаза в виде отдельных или чередующихся пластин-игл. Последние более отчетливо видны после травления щелочным раствором пикрата натрия. Эти участки механической смеси  $\alpha$ -фазы и пластинчатых карбидов следует считать верхним бейнитом, однако в рассматриваемой структуре его еще мало. Основная часть структуры состоит из добейнитной  $\alpha$ -фазы, образовавшейся в результате  $\gamma \rightarrow \alpha$  превращения, в процессе которого карбиды не выделялись, а углерод диффузионно перераспределялся от фронта фазовой перекристаллизации в непревращенный аустенит.

Зерна добейнитной  $\alpha$ -фазы в основном имеют полиэдрическую форму и различаются размерами в зависимости от времени образования (рисунок 2). Они в одних участках примыкают друг к другу, в других выглядят как островковые включения окруженные мартенситом, образовавшимся в процессе охлаждения. Следующие 40 с превращение идет со значительно меньшей скоростью, что связано с увеличением концентрации углерода в непревращенном аустените и повышением его устойчивости.

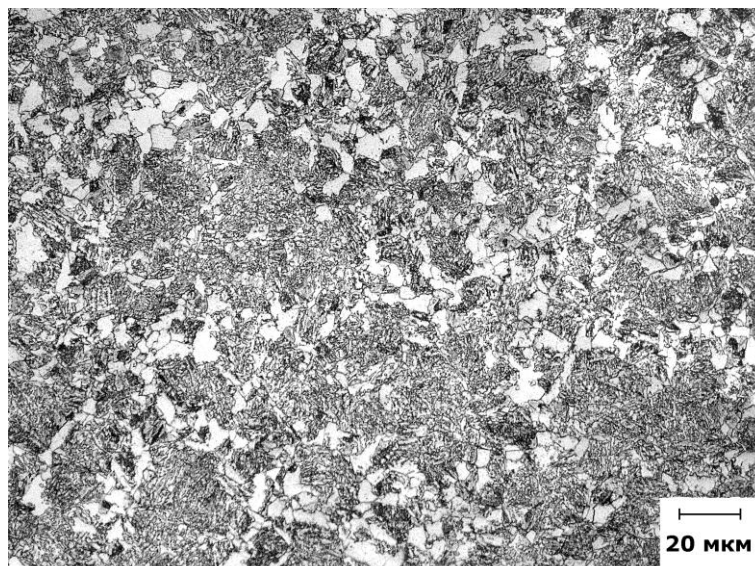


Рисунок 2 – Микроструктура исследованной стали 24X2НАч

За этот отрезок времени распалось еще примерно 20 % аустенита, превратившись в основном в верхний бейнит. Появились признаки отпуска добейнитной  $\alpha$ -фазы, образовавшегося на начальных стадиях распада. Дальнейшие выдержки, незначительно увеличивая количество изотермически распавшегося аустенита, приводят к развитию отпускных процессов. В результате появляются мелкодисперсные глобулярные карбиды, придающие структуре более однородный зернистый вид. Однако такая структура уже не является непосредственным продуктом распада аустенита.

Образование добейнитной  $\alpha$ -фазы наблюдается и при более низких температурах изотермического превращения, вплоть до температуры 450 °С. Количество аустенита, претерпевшего бескарбидный этап распада, с понижением температуры от 500 до 450 °С резко уменьшается, вследствие снижения диффузионной подвижности углерода. Количество верхнего бейнита в структуре соответственно растет. Продукты превращения становятся дисперснее. При температуре изотермической выдержки 400 °С распад аустенита начинается непосредственно с образования игольчатой механической смеси  $\alpha$ -фазы и карбидов, идентифицированной как нижний бейнит.

#### *Список литературы*

1. Чепрасов Д.П. Влияние термомеханических циклов на формирование зернистого бейнита в околошовной зоне при дуговой сварке стали 24X2НАч / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров, А.А. Иванайский // Ползуновский вестник. – 2008. – № 4. – С. 86-91.
2. Чепрасов Д.П. Термомеханические циклы сварки и структурно-фазовые превращения в низколегированных сталях бейнитного класса / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров, А.А. Иванайский // Ползуновский вестник. – 2012. – № 1/1. – С. 337-341.



## УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СБОРКИ И СВАРКИ ВЫХОДНОЙ СТУПЕНИ ПАРОПЕРЕГРЕВАТЕЛЯ

Корольков Д.М. – бакалавр, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

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

### *Аннотация*

Изготовление сварных конструкций является важнейшей частью современного машиностроения, в частности котлостроения. Одним из основных узлов котлов является выходная ступень пароперегревателя. Требования к изготовлению отдельных частей данного узла довольно строгие, так как изделие работает в тяжелых температурных условиях, поэтому разработке технологического процесса уделяется большое внимание.

Цель работы – усовершенствование технологического процесса сборки и сварки выходной ступени пароперегревателя.

В ходе выполнения настоящей работы были выполнены следующие задачи:

- 1) Анализ базовой технологии изготовления выходной ступени пароперегревателя;
- 2) Выбор способа сварки, сварочных материалов и оборудования, расчет режимов сварки;
- 3) Разработка маршрута технологического процесса сборки и сварки выходной ступени пароперегревателя.

Выходная ступень пароперегревателя (рисунок 1) предназначена для выработки перегретого пара, поступающего из парового котла. Это изделие относится к конвективной части котла и служит для перегрева пара до необходимой температуры за счет восприятия конвективного тепла из топочной камеры. Конструктивно представляет собой систему стальных змеевиков, объединенных входной и выходной камерой. Обычно изготавливается из теплоустойчивой стали 12Х1МФ.

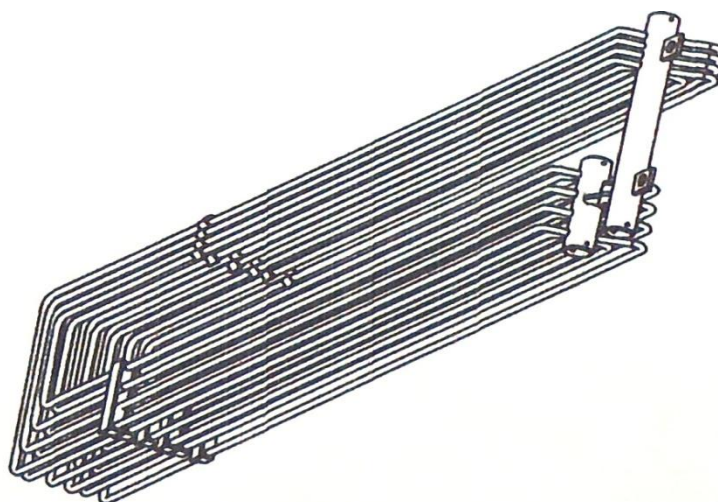


Рисунок 1 – Выходная ступень пароперегревателя

Проведен анализ базовой технологии изготовления выходной ступени пароперегревателя. Установлено, что на базовом предприятии сварка змеевиковых труб с коллекторами производится ручной дуговой сваркой плавящимся электродом. Ввиду большого количества однотипных стыков (48 шт.) и возникающих трудностей доступа к зоне сварки, предлагается следующее предложение по усовершенствованию базового технологического процесса.

Замена традиционного способа сварки на комбинированный: корневой шов сваривается ручной аргонодуговой сваркой, заполняющий шов сваривается механизированной сваркой в смеси защитных газов CO<sub>2</sub> и Ar.

Это позволит улучшить качество сварной конструкции, получить более глубокое проплавление корня шва с образованием мелкозернистой структуры, уменьшить пористость, увеличить скорость сварки, следовательно, снизить трудоемкость сварочных работ, уменьшить затраты на сварочные материалы, а как следствие и себестоимость узла в целом.

В ходе детальных расчетов режимов сварки были установлены следующие значения, основные из которых приведены в таблицах 1, 2.

Таблица 1 – Режим сварки змеевиковых труб с коллекторами ручной аргодуговой сваркой (корневой шов)

Тип сварного соединения по ГОСТ 16037-80	И <sub>св</sub> , А	У <sub>д</sub> , В	Диаметр вольфрамового электрода, мм	Диаметр присадочной проволоки, мм	V <sub>св</sub> , м/ч
У19	75...110	10...12	1,6	1,2	6...8

Таблица 2 – Режим сварки змеевиковых труб с коллекторами механизированной сваркой в смеси защитных газов CO<sub>2</sub> и Ar (заполняющий шов)

Тип сварного соединения по ГОСТ 16037-80	И <sub>св</sub> , А	У <sub>д</sub> , В	Скорость подачи и электродной проволоки, м/ч	Диаметр электродной проволоки, мм	V <sub>св</sub> , м/ч
У19	280...300	24...30	308	1,2	17...20

Поскольку в рассматриваемом варианте при изготовлении выходной ступени пароперегревателя предполагается несколько способов сварки, то, исходя из технологического процесса и режимов сварки, предлагается использовать сварочный выпрямитель инверторного типа модели «MIG 3500 (J93)», поставляемый под торговой маркой «Сварог» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Сварочный выпрямитель инверторного типа модели «MIG 3500 (J93)»

Модель «MIG 3500 (J93)» предназначена для механизированной сварки в смеси защитных газов (MIG), ручной дуговой сварки покрытым электродом (MMA), и ручной аргодуговой сварки (TIG). Для удобства использования аппарат оснащен тележкой с поворотными колесами.

Главным преимуществом этой модели является высокий показатель продолжительности включения (ПВ), что позволяет практически непрерывно вести сварочные работы при заданных условиях и режимах сварки.

Таким образом, предложенные усовершенствования технологического процесса, а именно, замена традиционного способа сварки комбинированным, внедрение нового

сварочного оборудования, позволят повысить производительность, снизить трудоемкость сварочных работ, уменьшить затраты на сварочные материалы, а как следствие и себестоимость узла в целом.

## АНАЛИЗ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ АТТЕСТОВАННОГО СВАРОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В АЛТАЙСКОМ КРАЕ

Щёткин А.И. – магистрант, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### *Аннотация*

Порядок применения сварочного оборудования для групп технических устройств опасных производственных объектов, а также требования и условия проведения испытаний и оформления результатов аттестации устанавливаются РД-03-614-03. Аттестация сварочного оборудования направлена на предупреждение аварийных ситуаций при эксплуатации сварных конструкций ответственного назначения [1-3].

Цель работы – проанализировать область применения аттестованного сварочного оборудования для сварки металлических и полимерных материалов в Алтайском крае.

Результаты работы Аттестационного центра сварочного оборудования ООО «ГАЦ АР НАКС» (АЦСО-77) за 2012-2017 г.г. показывают, что применение сварочного оборудования в Алтайском крае связано с определенным количеством способов сварки (рисунок 1):

РД – Ручная дуговая сварка покрытыми электродами;

МП – Механизованная сварка плавящимся электродом в среде активных газов и смесях;

РАД – Ручная аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

ЗН – Сварка с закладными нагревателями;

АФ – Автоматическая сварка под флюсом;

НИ – Сварка нагретым инструментом;

МАДП – Механизованная аргонодуговая сварка плавящимся электродом;

Г – Газовая сварка;

АПГ – Автоматическая сварка плавящимся электродом в среде активных газов и смесях;

ААД – Автоматическая аргонодуговая сварка неплавящимся электродом;

НГ – Сварка нагретым газом;

Э – Экструзионная сварка;

КСО – Контактная стыковая сварка оплавлением;

РДН – Ручная дуговая наплавка покрытыми электродами.

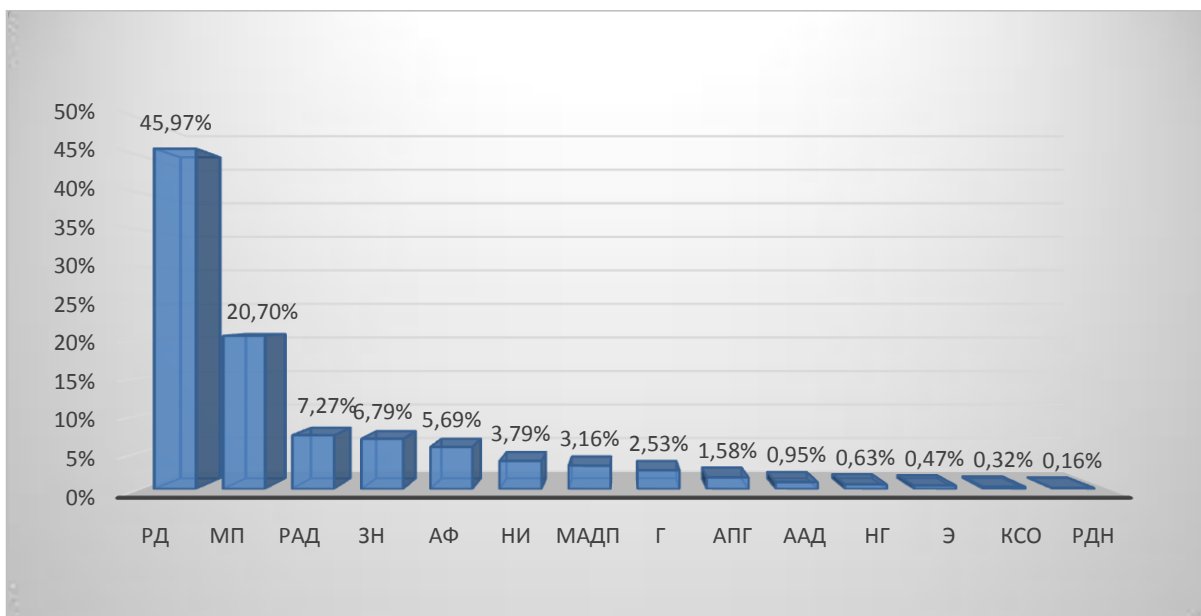


Рисунок 1 – Область применения сварочного оборудования по способам сварки, аттестованного в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.

Область применения сварочного оборудования по группам технических устройств для опасных производственных объектов представлена на рисунке 2.

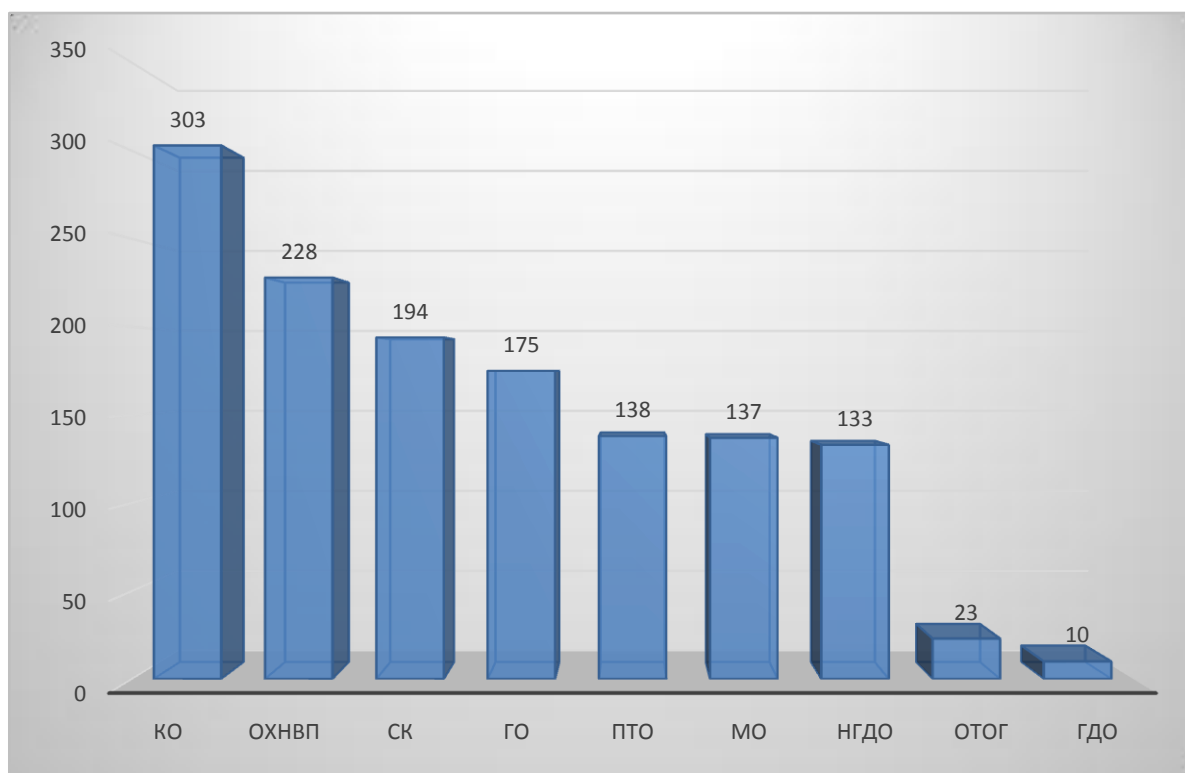


Рисунок 2 – Область применения сварочного оборудования по группам технических устройств, аттестованного в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.

Наибольшего внимания заслуживают следующие способы дуговой сварки металлических материалов: РД, МП, РАД, АФ. Для сварки полимерных материалов наиболее востребованы способы ЗН и НИ.

Статистика применения сварочного оборудования для РД, прошедшего аттестацию в АЦСО-77 приведена на рисунке 3. Данная диаграмма позволяет говорить о том, что

достаточно востребованным сварочным оборудованием остаются многопостовые сварочные выпрямители отечественного производства, конкурирующие с выпрямителями инверторного типа производства «LincolnElectric», США и «Kemppi», Финляндия.

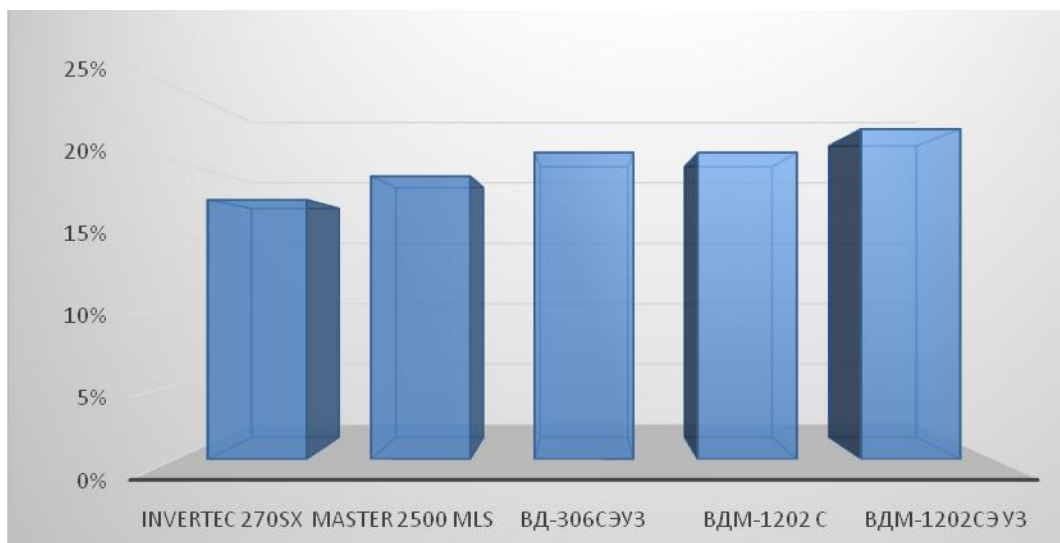


Рисунок 3 – Популярное сварочное оборудование для способа РД, аттестованное в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.

Эти же зарубежные производители сварочного оборудования удерживают доминирующие позиции по способу РАД (рисунок 4), однако наиболее востребованным являются установки для сварки неплавящимся электродом фирмы «ESAB» (Швеция).

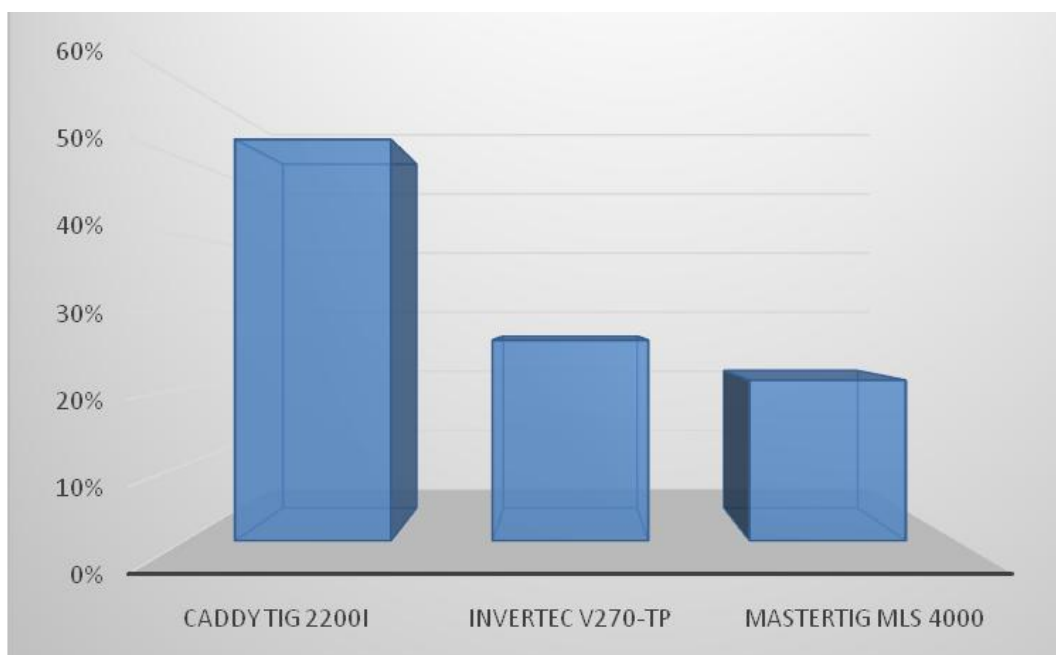


Рисунок 4 – Популярное сварочное оборудование для способа РАД, аттестованное в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.

По общему объему применяемого на опасных производственных объектах сварочного оборудования для способа МП финская фирма «Kemppi» – абсолютный лидер, но самым востребованным оборудованием является сварочный выпрямитель марки «NB-500 IGBT», укомплектованный подающим механизмом марки «SSJ-500» от китайского производителя «ChengduHuayuanElectricEquipmentCo. Ltd.» (рисунок 5).

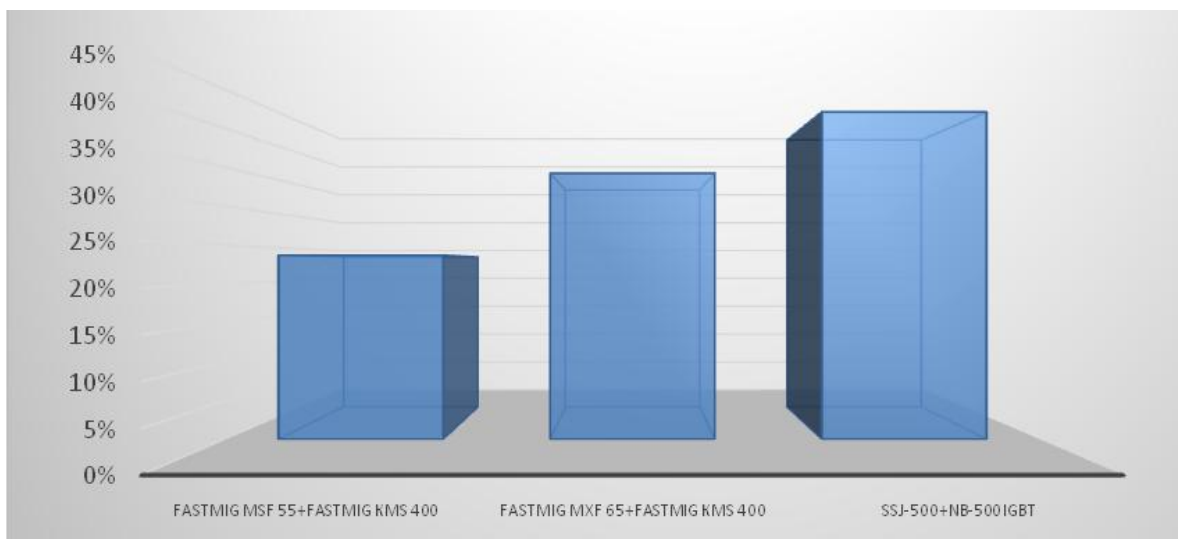


Рисунок 5 – Популярное сварочное оборудование для способа МП, аттестованное в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.

В области применения оборудования для автоматической сварки под флюсом самым популярным является автомат марки «NA-3N», применяющийся совместно с выпрямителем марки «DC-600» фирмы «LincolnElectric» (США) – беспорным чемпионом в этом сегменте не только в Алтайском крае, но и в мире (рисунок 6).

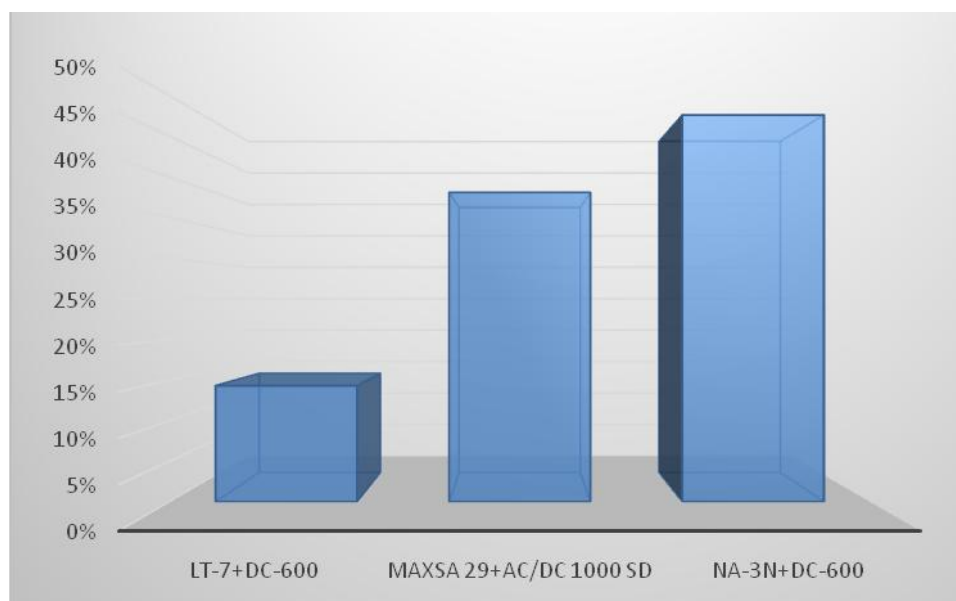
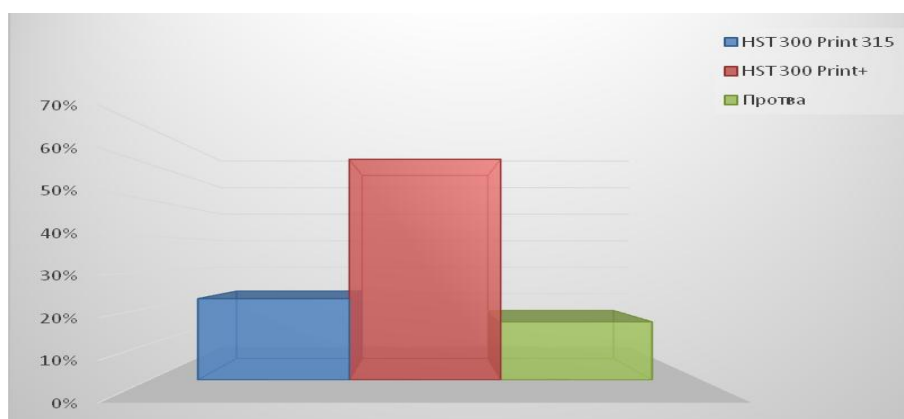
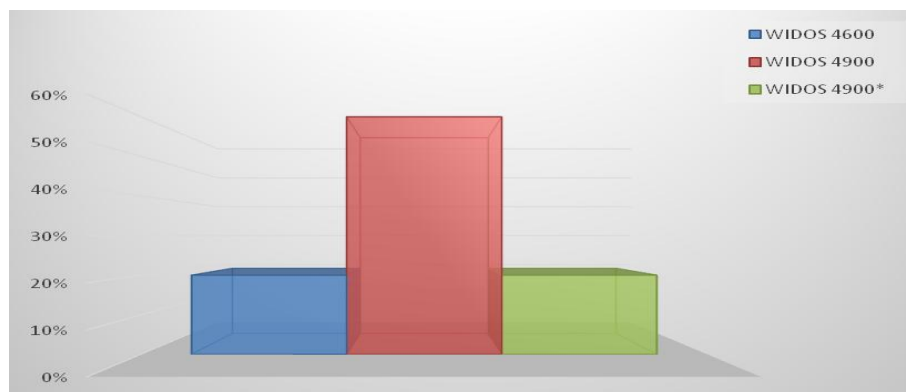


Рисунок 6 – Популярное сварочное оборудование для способа АФ, аттестованное в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.

Проведенный анализ области применения оборудования для сварки полимерных материалов на опасных производственных объектах Алтайского края (рисунок 7) показал, что для способа ЗН – самым популярным является немецкое оборудование фирмы «HURNER», а также сварочный аппарат марки «Протва» отечественного производства. Для способа НИ – сварочное оборудование фирмы «WIDOS» (Германия).



а)



б)

Рисунок 7 – Популярное сварочное оборудование, аттестованное в Алтайском крае, 2012-2017 г.г.: а) для способа ЗН; б) для способа НИ.

\*- в комплекте с прибором WIDOS SPA 600

#### Список литературы

1. Радченко М.В. Развитие научно-педагогической школы и системы аттестации сварочного производства на Алтае / М.В. Радченко, М.Н. Сейдуров // Сварка и диагностика. – 2013. – № 6. – С 9-12.
2. Радченко М.В. Состояние и перспективы развития научно-педагогической и аттестационной деятельности в области сварочного производства на Алтае / М.В. Радченко, М.Н. Сейдуров, В.Н. Шабалин // Ползуновский альманах. – 2015. – № 4. – С. 4-9.
3. Сейдуров М.Н. Повышение эффективности проведения аттестации сварочного оборудования для дуговой сварки / М.Н. Сейдуров, С.В. Ковалев // Ползуновский альманах. – 2015. – № 4. – С. 23-28.

#### ФОРМИРОВАНИЕ БЕЙНИТНЫХ СТРУКТУР РАЗЛИЧНОЙ МОРФОЛОГИИ ПРИ СФЕРОИДЕЗИРУЮЩЕЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

Зубков А.С. – магистрант, Ковалев С.В. – инженер, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

#### Аннотация

Комплекс механических свойств высокопрочной низколегированной стали зависит от состояния аустенита перед ускоренным охлаждением, скорости охлаждения, температуры  $\gamma \rightarrow \alpha$  – превращения [1, 2]. Кроме того, он обусловлен формированием бейнитных структур различной морфологии: игольчатой, речной и глобулярной. Самой неблагоприятной структурой является верхний бейнит, состоящий из реек бейнитного феррита с расположенными между ними в виде цепочек карбидами. После отпуска ориентировка в

расположении карбидов сохраняется. Поэтому механические свойства как у неотпущенного верхнего бейнита, так и после отпуска – понижены.

Цель работы – исследование условий формирования бейнитных структур различной морфологии в прокате стали 24Х2НАч при сфероидизирующей термической обработке.

Сфероидизирующую термическую обработку проводили для проката стали 24Х2НАч. Экспериментальные образцы охлаждали в интервале скоростей от 1,8 до 16,8°С/с с последующим высоким отпуском при температуре 670°С.

Установлено, что скорость охлаждения стали при формировании промежуточной структуры зернистой морфологии существенно влияет на дисперсность распределения карбидной фазы в ферритной матрице. Распределение глобулярных карбидов в феррите зависит от того, в какой области промежуточного превращения происходит распад аустенита на мезоферрит и зернистый бейнит (рисунок 1).

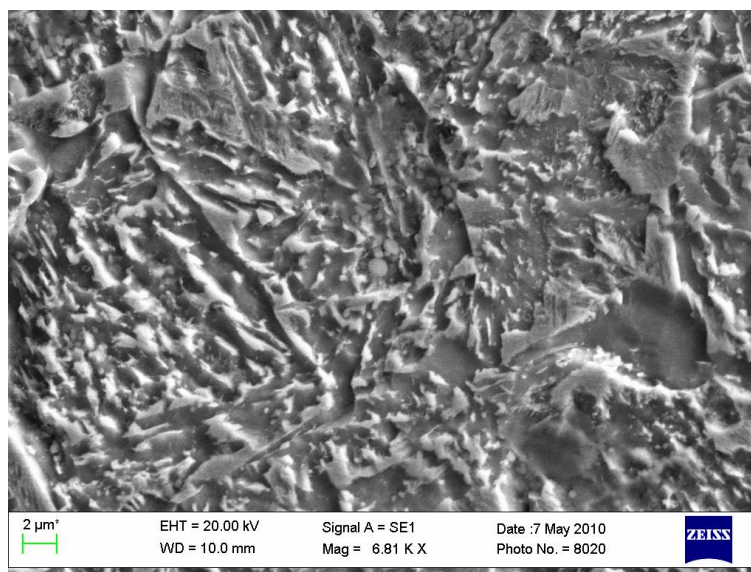


Рисунок 1 – Микроструктура мезоферрита и бейнита зернистой морфологии

Так если распад происходит в верхнем интервале температур, то последующий высокотемпературный отпуск приводит к неоднородному распределению карбидной фазы по объему проката. Неравномерное распределение карбидной фазы в стали 24Х2НАч наблюдается при скорости охлаждения в интервале фазовых превращений от 1,8 до 4,8°С/с. В заданном интервале распад переохлажденного аустенита начинается с образования доэвтектоидного феррита и последующего распада на промежуточные структуры. Высокотемпературный отпуск приводит к формированию структуры зернистого перлита, чередующегося с полиэдрическими зернами феррита.

Увеличение скорости охлаждения в интервале фазовых превращений свыше 4,8°С/с приводит при последующем высокотемпературном отпуске, к формированию однородной феррито-карбидной смеси, равномерно распределенной по объему металла. Благоприятное распределение карбидной фазы, с увеличением скорости охлаждения проката, обрабатываемого на бейнит зернистой морфологии, объясняется снижением доли доэвтектоидного феррита и формированию в структуре проката мезоферрита. Мезоферрит образовывается в области промежуточного распада аустенита, что способствует формированию промежуточной структуры зернистой морфологии.

Таким образом, термообработку проката на бейнит зернистой морфологии необходимо осуществлять в узком диапазоне скоростей охлаждения, обеспечивающих формирование в структуре мезоферрита.



### *Список литературы*

1. Влияние температуры распада аустенита на морфологию бейнита и свойства низкоуглеродистой стали после термомеханической обработки / В.М. Счастливцев, Т.И. Табатчикова, И.Л. Яковлева и др. // Физика металлов и металловедение. – 2013. – Т. 114. – № 5. – С. 457-467.
2. Чепрасов Д.П. Обеспечение качества и свойств сварных соединений сталей бейнитного класса / Д.П. Чепрасов, М.Н. Сейдуров // Сварка и диагностика. – 2012. – № 3. – С. 30-33.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИЭТИЛЕНОВЫХ ЛИСТОВ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Влеско А.С., - инженер по сварке, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент  
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

### *Аннотация*

В настоящее время значительно расширился ассортимент полимерных материалов применяемых в строительном производстве. Это относится как к полимерным трубам, так и к полимерным листам. Например, существенно расширился диапазон полиэтиленовых труб для строительства газопроводов (до 1200 мм) и систем водоснабжения до 2000 мм. При этом значения SDR в ГОСТ 18599-2001 увеличились до 6. Кроме того, налажено производство труб из полиэтилена марки PE-RT, стойкого при повышенных температурах.

Значительно улучшилось производство листового полиэтилена применение, которого в качестве мембранного материала увеличивается с каждым годом. Листовой полиэтилен толщиной от 1,0 до 4,0 мм применяется как для гидротехнических сооружений, так и для защиты бетонных сооружений. Необходимость защиты бетона обусловлена гетерогенной структурой делающей его проницаемым капиллярно-пористым материалом. При этом в процессе эксплуатации проницаемость бетона возрастает, в то время как остаточная прочность сохраняется на уровне достаточном для продолжения дальнейшей эксплуатации сооружения.

Для продолжения эксплуатации емкостей с возросшей проницаемостью используются различные методы защиты их стенок, в том числе и с помощью футеровки полимерными листами. Между несущей бетонной стеной и полимерными листами оставляется зазор, в который заливается связующий раствор.

Одним из сложных вопросов футеровки емкостей является крепление листов на поверхностях стен при сборке под сварку. Применение механического крепления листов к несущей стене с помощью шурупов или винтов приводит к необходимости последующей герметизации зоны крепления.

Вместо механического крепления к несущей стене емкости полиэтиленовых листов можно было бы применить нахлесточное соединение закрепленного на стене монтажного диска и соединения его с полиэтиленовыми листами с помощью сварки. Для этой цели целесообразно использовать индукционную сварку. Однако полиэтилен имеет электронную структуру, что исключает использование прямого индукционного нагрева листов полиэтилена марки ПЭНД.

В тоже время, известны случаи косвенного индукционного нагрева полимеров с электронной структурой, когда в зону стыка вводят элементы, нагревающиеся ТВЧ. Таким элементом может быть металлическая сетка, вплавляемая в полиэтиленовый элемент. Такой узел, изготовленный и закрепляемый на несущей стене можно использовать для фиксации полиэтиленовых листов при сборке футеровки под сварку.

Диск монтажный конструктивно выполнен таким образом, чтобы он мог закрепляться на несущей стене доступными в монтажных условиях методами (шурупами, дюбелями и т.п.).

Лист полиэтиленовый прижимается к монтажному диску с помощью индуктора и после создания контакта и нужного уровня включается устройство для индукционной сварки на подобранную продолжительность пропускания тока и после его отключения таймером и остывания стыка процесс сварки завершается.

Устройство для осуществления индукционной сварки с косвенным нагревом было опробовано в монтажных условиях и хорошо зарекомендовало себя в работе.

Выводы:

1. Показано, что крепление полимерных листов к элементам емкостей является важным этапом их футеровки.
2. Индукционная сварка может быть использована для крепления полиэтиленовых листов при футеровке емкостей.
3. Сварены пробные соединения диска монтажного с заготовкой из полиэтиленового листа

#### *Список литературы*

1. СН 551-82 Инструкция по проектированию и строительству противофильтрационных устройств из полиэтиленовой пленки для искусственных водоемов.
2. Руге Ю. Техника сварки. Справочник в 2-х томах. Т1 - М.: Металлургия, 1984. 552с.
3. Бокарев Д.И. Сварка пластмасс и склеивание металлов: учеб. пособие. - Воронеж: Изд-во ВГТУ, 2004. 172 с.

## ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ В СВАРНЫХ КОНСТРУКЦИЯХ ПРИ СООРУЖЕНИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ковалев М.А. - бакалавр, Мандров Б.И. - к.т.н., доцент

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

#### *Аннотация*

В последнее время при сооружении строительных объектов с использованием сварки значительно расширилось применение полимерные трубы, пленки и листы. Это касается как системы трубопроводов: газовых, водоснабжения и водоотведения, так и сооружений гидротехнических, полигонов твердых бытовых отходов, «хвостохранилищ» и т.п. объектов. Сооружение таких объектов невозможно без использования сварочных технологий. Качественные и количественные изменения производства сварных конструкций из полимерных материалов связаны с актуализацией его наиболее важных направлений. Рассмотрим некоторые из этих направлений подробнее.

Одним из наиболее острых препятствий в использовании полимерных материалов в сварных строительных конструкциях недостаточная номенклатура и объемы производства конструкционных пластмасс. В последнее время значительно расширился круг полимерных композиций, используемых для изготовления конструкционных полуфабрикатов, так например полиэтилен «сшитый» РЕХ с различной степенью сшивки – а, b, с, которые можно использовать для внутреннего и наружного горячего водоснабжения, а также полиэтилен несшитый повышенной теплостойкости марки РЕ-RT. Рабочая температура транспортируемой среды 70 °С и более. Кроме того, расширился ассортимент труб: трубы армированные, трубы с теплоизоляционной оболочкой, трубы с двухслойной профилированной стенкой, трубы из полипропилена с профилем PR, OL и т.п. ГОСТ 18599-2001 расширил сортамент труб до 2000 мм и значение SDR до 6. Налажено производство переходов полиэтилен-сталь, а также фитингов. Произошли изменения и в полимерных листовых материалах, так например, толщина листов выпускаемых ЗАО «ТЕХПОЛИМЕР»

увеличилась до 4 мм, улучшилась конструкция элементов связи листов с бетонным основанием.

Другим актуальным направлением при строительстве объектов с полимерными композициями является производство сварочного оборудования. В связи с необходимостью импортозамещения отечественными предприятиями улучшено оборудование для сварки деталями с закладным нагревателем: марок «ТРАССА» предприятием ООО «Чебоксарский трубный завод»; марок «ПРОТВА» предприятием ООО «АОСТ» г. Москва.

Компания «Волжанин» г.Казань расширила модельную линейку стыковых сварочных аппаратов ССПТ до диаметра 1200 мм. Компания CNF г. Москва начинает производство сварочных аппаратов для стыковой сварки линейки «Ястреб».

По-прежнему важным направлением остается актуализация нормативной документации по полимерным материалам и технологиям. Для ускорения этого процесса в СРО НАКС г. Москва был организован Комитет по полимерным технологиям, который должен осуществлять координацию всех направлений разработки НД по полимерным технологиям. С 21010 г. проводится большая работа по актуализации и подготовке проектов стандартов по этому направлению, так например, подготовлена и обсуждается первая редакция стандарта по терминам в области сварки пластмасс. Готовятся материалы по применению РД 03-495-02 при аттестации персонала по сварке полимерных материалов, которые учтут накопленный производственный и научный опыт в этой области.

**Выводы:**

1. Расширилось применение полимерных материалов в строительстве объектов с применением сварки.
2. Расширилась номенклатура марок полимерных материалов и конструкционных полуфабрикатов из пластмасс.
3. В порядке импортозамещения совершенствуются выпускаемые и начинают производиться новые отечественные сварочные аппараты.
4. Совершенствуется нормативная база сварочных технологий.

*Список литературы*

1. ТТК 21852109-001-2014 Типовая технологическая карта на сварочные работы в полевых условиях при строительстве противодиффузионных экранов из листов полимерных (геомембран).
2. ТУ 2246-001-56910145-2014 Листы полимерные (геомембрана). Технические условия

**ПРОМЫШЛЕННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ  
ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОИЗВОДСТВЕ СВАРОЧНЫХ РАБОТ  
НА ОПАСНЫХ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ,  
ПОДВЕДОМСТВЕННЫХ РОСТЕХНАДЗОРУ**

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

*Аннотация*

В октябре 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.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ ДЛЯ РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ИЗНОСА ДЕТАЛЕЙ МАШИН И ИНСТРУМЕНТОВ

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

#### *Аннотация*

Весьма инструментов является развитие уже существующих и разработка новых способов поверхностного упрочнения и восстановления рабочих поверхностей. Как известно, в таких случаях предпочтение отдается аппаратуре актуальным для решения проблем износа рабочих поверхностей деталей машин и и технологиям, использующим концентрированные потоки энергии, как например, электронные пучки в вакууме, лазерные лучи, плазменные струи. При этом последние 15-20 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 (СГП - 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 проблем 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 СГП - наплавки. Отличительной технологической чертой аппаратуры является повышение концентрации энергии газопламенного источника нагрева и уменьшение зоны термического влияния при увеличении скорости истечения газовых потоков на срезе сопла газопламенной установки.

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

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

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ  
СЕКЦИИ КРЫШИ ВАГОНА 11-287 ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ АВТОМОБИЛЕЙ  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН»

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

*Аннотация*

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

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

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

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

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

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

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

- применения современного оборудования как подающего механизма, так и источника питания, обеспечивающего снижение разбрызгивания металла;
- применения тонких электродных проволок с повышенным содержанием циркония Св-09Г2СЦ для меньшего разбрызгивания;
- применения автоматической сварки вместо полуавтоматической;
- снижения расхода электрической энергии и металла за счет снижения разбрызгивания и за счет применения источника питания с высоким коэффициентом полезного действия 91-93 %;
- снижения расхода углекислого газа за счет снижения разбрызгивания;



- снижения трудоемкости за счет механизации сборочных работ.

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

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

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

Внедрение модернизированной технологии позволит:

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

## МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ БАЛКИ КОНЦЕВОЙ ПОЛУВАГОНА 12-296 ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ СЫПУЧИХ ГРУЗОВ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К АО «АЛТАЙВАГОН»

Шубин Ф.А. - студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент

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

### *Аннотация*

Железнодорожный транспорт является ведущей отраслью в организации транспортной системы России в силу ряда его особенностей: большие транспортные расстояния, низкой себестоимости перевозки грузов, большой грузоподъемности железнодорожного транспорта и относительно высоких скоростей перемещения грузов.

Предприятие АО «Алтайвагон» каждый год обновляет парк выпускаемых вагонов для удовлетворения потребностей экономики страны, в том числе выпускает полувагоны модели 12-296, предназначенные для перевозки навалочных грузов (угля, руды, кокса, флюса), а также длинномерных грузов (леса, металлопроката, труб и т.д.) и продукции машиностроительной промышленности, по магистральным железным дорогам колеи 1520 мм. Транспортируемый груз засыпается сверху, защиты от атмосферных осадков не имеет, для транспортировки металлопроката и сельскохозяйственной техники применяются специальные приспособления которые в комплект полувагона не входит.

В конструкции рамы полувагона данной модели входит балка концевая, которая предназначена для обеспечения жёсткости конструкции рамы и крепления вспомогательного оборудования. Конструкция балки концевой представляет собой конструкцию коробчатого сечения состоящий из листа лобового, двух задних листов, двух нижних листов, листа верхнего, двух планок, двух рёбер и двух упоров. Большинство деталей вырезанные из листового горячекатаного проката (ГОСТ 19903-2015), за исключением упоров, которые отливают, также часть вырезанных деталей подвергаются гибки. Все детали изготовлены из стали марки 09Г2Д (ГОСТ 19281-2014).

При разработке технологии сборки и сварки балки концевой был выбран метод дуговой сварки плавящимся электродом в среде защитных газов. В качестве защитного газа используют углекислый газ. Особенностью сварки в углекислом газе является то, что при газ является активным, при температурах дуговой сварки углекислый газ диссоциирует на углерод и кислород, который окисляет металл. Для нейтрализации этого эффекта использую специальную сварочную проволоку Св-08Г2С (ГОСТ 2246 - 70), предназначенную для сварки в углекислом газе, в состав которой входят несколько больше количество марганца и кремния (раскислители), которые, соединяясь при сварке с кислородом, восстанавливают свариваемый металл. Образующиеся при этом окислы марганца и кремния переходят в шлак. Во время сварки в среде защитных газов основная проблема - это разбрызгивание металла (в

пределах 10-12 %), что приводит к большим потерям газа, электродной проволоки, электрической энергии, что увеличивает себестоимость конструкции. Вследствие повышенного расхода электродной проволоки основное время сварочной операции увеличивается, что приводит к повышению трудоемкости.

В заводской технологии процесс сборки балки концевой осуществляется на приспособлениях с большим использованием ручного труда. Сборку ведут на прихватки с использованием ручной дуговой сварки штучными покрытыми электродами, детали массой свыше 20 кг загружают в приспособление кран балкой (лист лобовой и лист верхний), остальные детали устанавливают в ручную. Сварку осуществляют на другом стеллаже ручной дуговой сваркой плавящимся электродом в защитном газе. Поворот узла в удобное для сварки положение осуществляется в ручную с помощью вилок. Сварочное оборудование устарело и имеет низкий КПД. В данной технологии очень низко реализован технологический потенциал конструкции балки концевой.

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

1. современного сварочного оборудования как подающего механизма, так и источника питания (со стабилизацией входного электрического тока), что обеспечит снижение разбрызгивания металла и улучшение качества шва;

2. приспособления, позволяющего уменьшить ручной труд на сборку и кантовку изделия, улучшить качество швов за счёт поворота в удобное для сварки положение (сварка в нижнем положении и в лодочку), уменьшить затраты на прихватки за счёт сварки изделия в приспособлении.

Для сварки балки концевой в качестве сварочного оборудования используется сварочный выпрямитель ПДГ-513 УЗ или ВС-600 у которого коэффициент полезного действия составляет 70 %, что приводит к большому разбрызгиванию металла.

Вследствие вышеизложенного нами был выбран инверторный источник питания УРАЛ-Мастер 500 с подающим механизмом Урал 5 фирмы «Уралпермосвар». Эта установка предназначена для профессионального использования при многосменной непрерывной работе на максимальных токах при сварке больших объёмов, ориентирован на использование во всех отраслях промышленности в том числе и машиностроении. Полуавтомат обеспечивает номинальные параметры при эксплуатации в макроклиматических районах с умеренным климатом. Имеет плавную регулировку сварочного тока, снабжён системами защиты от перегрева. Диапазон сварочного тока от 6 до 500 А, масса 24 кг источник питания и 13,5 подающий механизм, коэффициент полезного действия составляет 87 %. Применение данного источника питания позволяет в сочетании с проволокой снизить разбрызгивание металла до 4 %, соответственно уменьшить ресурсоемкость (трудоемкость, энергоёмкость, материалоёмкость) сварочных операций и себестоимость изготовления.

В дипломном проекте нами проработан вариант новой технологии сборки и сварки балки концевой полувагона 12-296, разработано новое приспособление, позволяющее воплотить эту технологию. Данное решение позволит:

- снизить себестоимость;
- улучшить качество;
- увеличить производительность.

## ФОРМИРОВАНИЕ В РОССИИ СИСТЕМЫ НЕЗАВИСИМОЙ СЕРТИФИКАЦИИ СВАРОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Радченко М.В. – д.т.н., профессор, Нескин И.С. - студент  
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 Чаядинского месторождения в России (Якутия) до Китая.

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

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

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

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

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

Следуя мировым тенденциям развития систем сертификации в области сварочного производства в России в 1992 году по инициативе МГТУ им. Н.Э.Баумана совместным решением Президиума Российской Академии наук, Министерства науки, высшей школы и технической политики России, Госгортехнадзора России, Госатомнадзора России и Госстандарта России был создан Национальный аттестационный комитет по сварочному 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.) При разработке правил, процедур и критериев оценки это потребовало 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, 2014.- №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.

## ПОРЯДОК И ОСОБЕННОСТИ АТТЕСТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ СВАРКИ КОТЕЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АЛТАЙСКОГО КРАЯ

Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент, Антипов К.Г. - студент

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

### *Аннотация*

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

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

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

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

Производственная аттестация делится на первичную, периодическую и внеочередную.

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

1. Паровые котлы с давлением пара более 0,07МПа и водогрейные котлы с температурой воды выше 115<sup>0</sup>С.

2. Трубопроводы пара и горячей воды с рабочим давлением пара более 0,07МПа и температурой воды свыше 115<sup>0</sup>С.

3. Сосуды, работающие под давлением свыше 0,07 МПа.

4. Арматура и предохранительные устройства.

5. Металлические конструкции для котельного оборудования.

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

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

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

В программе должны быть указаны:

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

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

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

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

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

- наименование и область применения аттестованной технологии;

- марка (марки) материалов свариваемых (наплавляемых) деталей (с указанием стандартов или технических условий);
- способ сварки (наплавки);
- 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 АЦСТ передает по системе ЭДО в НАКС для экспертизы и оформления Свидетельства о готовности организации-заявителя к использованию аттестованной технологии сварки (наплавки) при изготовлении, монтаже и ремонте или реконструкции на опасных производственных объектах. В Свидетельстве указывается область распространения производственной аттестации, включающая перечень основных параметров, характеризующих однотипность сварных соединений.

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

Срок действия Свидетельства об аттестации технологии – четыре года.

## РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ БАЛКИ ВАГОНА-ПЛАТФОРМЫ ДЛЯ ПЕРЕВОЗКИ РУЛОННОЙ СТАЛИ МОДЕЛИ 13-2134 ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ОАО «АЛТАЙВАГОН»

Нескин И.С. - студент, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент

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

### *Аннотация*

Транспортная система страны является неотъемлемой частью производственной и социальной инфраструктуры государства, обеспечивая ее территориальную целостность и национальную безопасность. В частности вагоностроение является одной ведущих отраслей промышленности современной России.

На ОАО «Алтайвагон» выпускаются специализированные вагон - платформы модели 13-2134, куда и входит наша конструкция – балка упорная торцевая. Балка упорная торцевая предназначена для закрепления различных типов рулонов, погруженных в вагон, от продольного перемещения, рулоны или группы рулонов, расположенные в торцевых частях, крепят одной передвижной упорной балкой.

Все элементы балки упорной торцевой изготавливаются из стали конструкционной низколегированной марки 09Г2С, за исключением ребер жесткости и планок балки упорной (позиция №5 и №7) – они изготавливаются из конструкционной углеродистой стали марки СтЗпс

На ОАО «Алтайвагон» балку вагон - платформы модели 13-2134 изготавливают без применения специализированных сборочно-сварочных приспособлений, а для сварки используются малопроизводительное и устаревшее сварочное оборудование.

Для повышения производительности труда и снижения трудоемкости изготовления балки упорной торцевой предлагается:

- все элементы изделия собирать и сваривать в специализированных кондукторах и стендах;
- для поворота узлов балки в удобное для сварки положение использовать кантователи;

Анализ заводской технологии показал, что способ сварки, режимы и сварочные материалы удовлетворяют всем условиям. Слабым звеном технологии является оборудование, применяемое на заводе изготовителе, оно устарело и требует замены. Оборудование было заменено на новое, более производительное – источник питания будет заменен на цифровой источник тока «Fronius TransPuls Synergic 2700 СМТ». Данный источник питания обладает технологией «холодного» переноса металла СМТ (Cold Metal Transfer). При СМТ наплавке перемешивание наплавленного слоя и основного металла меньше, чем в других процессах, что обеспечивает экономию времени. Экономия времени, следовательно – трудоемкости, электроэнергии и присадочного металла позволяет значительно снизить себестоимость конструкции. Технология включает цифровой источник питания инверторного типа с микропроцессорным управлением, встроенным устройством подачи проволоки и интегрированным пакетом функций для сварки СМТ вручную, охлаждающий модуль FK 4000 R, проволочный буфер, который разъединяет приводы подачи и создает дополнительное пространство для размещения проволоки, и компактная высокопроизводительная сварочная горелка PullMig СМТ с водяным охлаждением.