

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ
НАПЛАВОК НА ОСНОВЕ КАРБИДА ВОЛЬФРАМА, МОДИФИЦИРОВАННОГО
НАНОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ Al_2O_3

Князьков К.В. – аспирант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул),
Смирнов А.Н. – д.т.н., профессор, Князьков В.Л. – к.т.н., доцент
Кузбасский центр сварки и контроля (г. Кемерово),
Козлов Э.В. – д.ф.-м.н., профессор
Томский государственный архитектурно-строительный университет (г. Томск)

В настоящей работе представлены исследования структурно-фазового состояния упрочняющих покрытий системы Ni-Cr-B-Fe/WC, модифицированных нанодисперсными частицами Al_2O_3 , выполненных способом плазменной порошковой наплавки.

В результате комплексных исследований было установлено существенное измельчение микроструктуры и усложнение субструктуры наплавленного металла при введении в основной порошковый материал нанодисперсных частиц в качестве модификатора (рисунок 1).

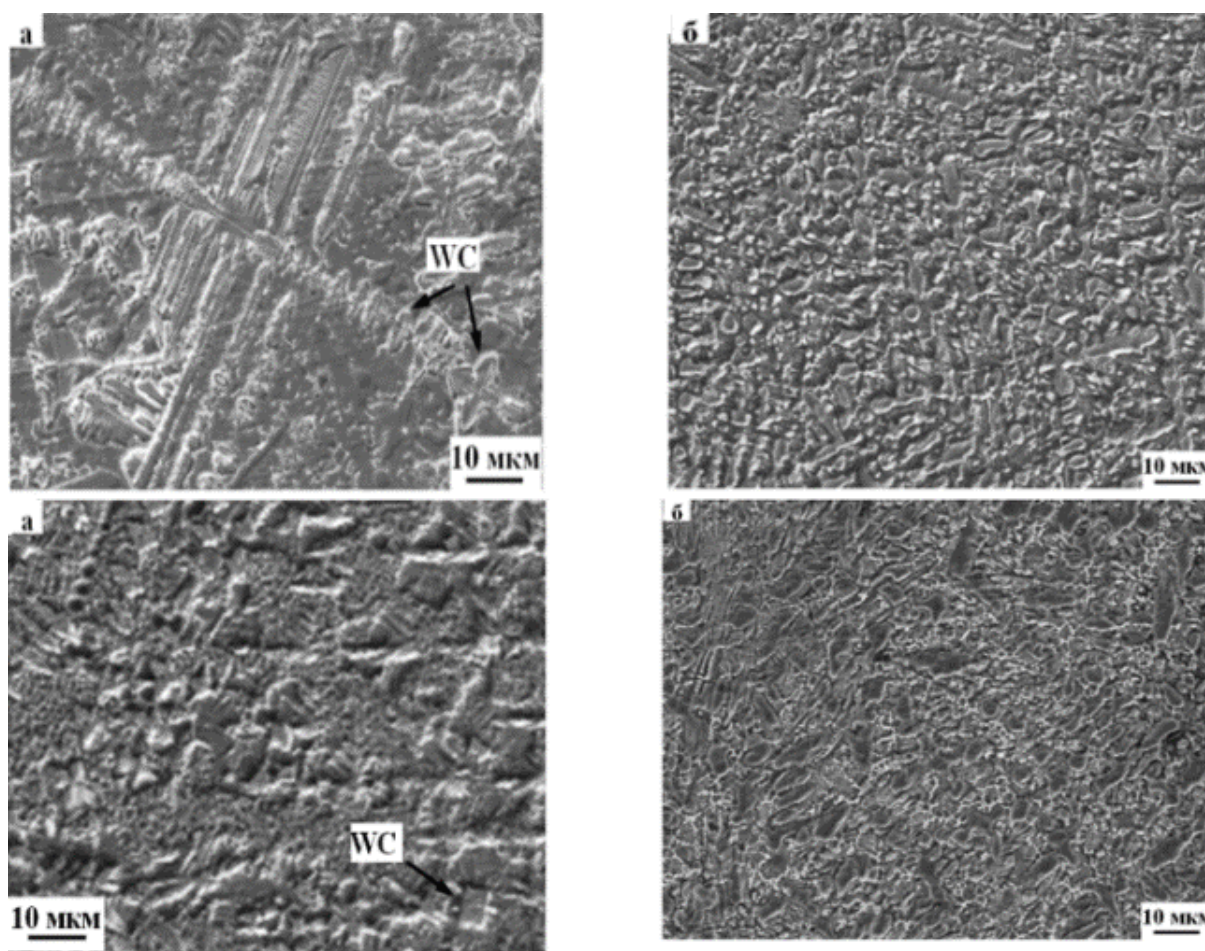


Рисунок 1 – Типичные изображения тонкой структуры образцов без применения нанодисперсного модификатора (а), и с применением нанодисперсного модификатора (б), на различных участках, полученные методом РЭМ

Также было установлено, что введение модификатора приводит к образованию в карбидной подсистеме новых упрочняющих фаз: карбида W_2C и борида Fe_3Ni_3B (рисунок 2), а также к снижению величины внутренних напряжений и скалярной плотности дислокаций (рисунок 3).

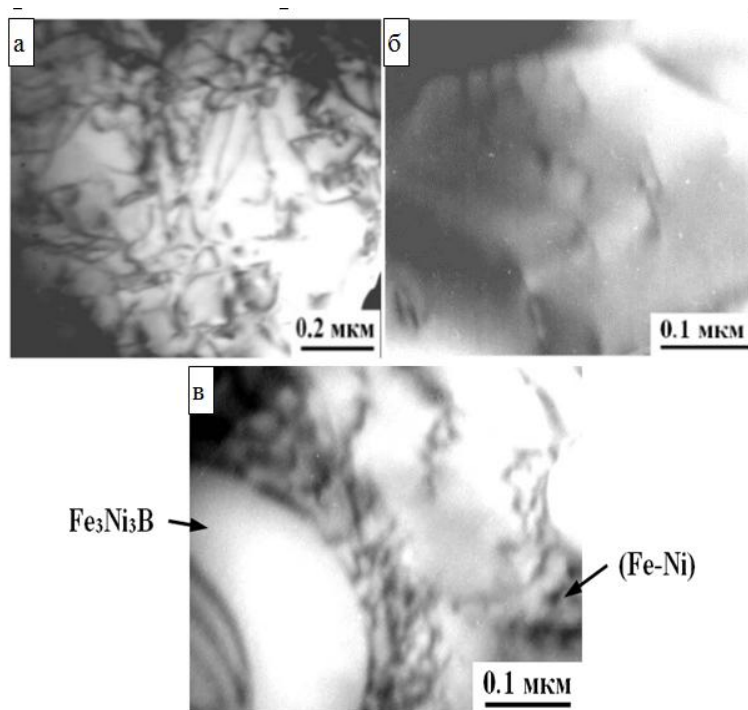


Рисунок 2 – Дислокационная структура в различных фазах в сечении 2, образца, с введенным в расплав нанодисперсным порошком Al_2O_3 : а – ГЦК фаза Fe–Ni с ближним порядком; б – карбид W_2C ; в – стык двух фаз Fe–Ni и Fe_3Ni_3B . Метод ПЭМ

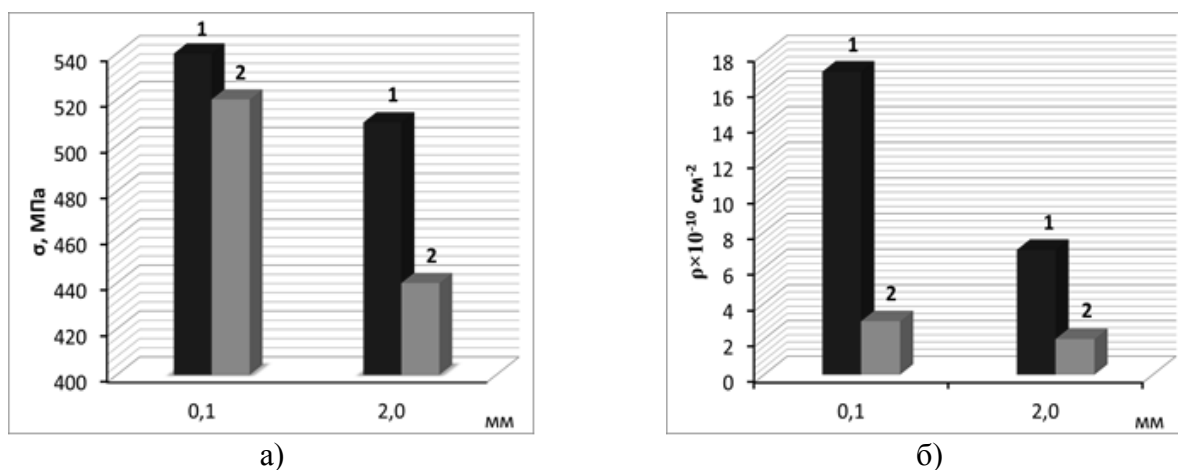


Рисунок 3. Изменение внутренних напряжений σ (а) и скалярной плотности дислокаций ρ (б) по мере удаления от поверхности образца к подложке: 1 – образец, наплавленный без модификатора 2 – образец, наплавленный с модификатором (нанодисперсный порошок Al_2O_3)

Таким образом, установлено, что введение в порошковый сплав марки ПС-12НВК-01 нанодисперсного порошкового модификатора состава Al_2O_3 приводит к следующим изменениям структурно-фазового состояния наплавленных покрытий:

а) образованию в карбидной подсистеме новых упрочняющих фаз-карбида W_2C и борида Fe_3Ni_3B ;

б) измельчению структурных составляющих и усложнению субструктуры наплавленного металла, в частности снижению величины внутренних напряжений и скалярной плотности дислокаций.

Эти изменения рассматриваются как факторы, способствующие повышению износостойкости наплавленных покрытий.

ЭКСТРУЗИОННАЯ СВАРКА ПРОТИВОФИЛЬТРАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ ОБОЛОЧКОВОГО ТИПА

Бакланов С.И. – студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул),
Сухина С.Д. – инженер-конструктор
ОАО «ПСМК» (г. Барнаул),
Влеско А.С. – инженер, Путивский С.А. – главный инженер проектов
ООО «ТЕХПОЛИМЕР» (г. Красноярск)

В инфраструктуре любого крупного населенного пункта или промышленного предприятия имеется большое количество емкостей и гидротехнических сооружений с хорошим ресурсом прочности, но потерявших герметичность. Для таких устройств необходим ремонт с целью восстановления их работоспособности.

Во многих случаях наиболее эффективным, с нашей точки зрения, методом восстановления герметичности негерметичных емкостей могло бы быть применение сварных противофильтрационных устройств оболочкового типа. Герметичная оболочка из полимерного листа, вставляемая в емкость могла бы продлить срок службы емкости.

Анализ литературных источников показал, что, несмотря на всю привлекательность такого ремонта емкостей, не существует нормативной документации, а также технической литературы по данному направлению, что делает рассматриваемую проблему весьма актуальной. В связи с этим, для решения вопроса о возможности применения противофильтрационных устройств оболочкового типа для восстановления герметичности емкостей были сформулированы следующие задачи:

1. Выбрать вид полимерного материала и его толщину,
2. Выбрать типовой представитель конструкции, отражающий как характер работы противофильтрационного устройства, так и технологию ремонта емкости,
3. Выбрать тип сварного соединения заготовок противофильтрационного устройства, способ сварки и отработать режимы и технику сварки,
4. Выбрать методы контроля качества сварных соединений,
5. Произвести сварку модели противофильтрационного устройства и натурные испытания.

В первом этапе работы был проведен анализ полимерных листовых материалов, выпускаемых промышленностью и доступных по цене потребителю. Наиболее перспективным материалом для противофильтрационных устройств является полиэтилен марки ПЭНД (высокой плотности) поскольку в нем хорошо сочетаются прочностные и технологические характеристики (свариваемость, обрабатываемость и т.п.). Кроме того, лист полиэтиленовый выпускается предприятиями сибирского региона, что делает его доступным. Лист полиэтиленовый выпускается по ТУ предприятий толщиной от 0,6 до 4,0 мм. Нами были проведены предварительные эксперименты по раскрою листов полиэтиленовых для копирования формы ремонтируемого резервуара, которые показали, что для противофильтрационных устройств следует применять листы толщиной 1,0 мм. При меньшей толщине листы легко повреждаются (допустимые царапины не более 10% от толщины листа). При большей толщине возникают проблемы с подгонкой заготовок к профилю резервуара из-за большой жесткости листа. Таким образом, за базовый был выбран лист толщиной 1,0 мм. Полиэтиленовый лист и сварочный пруток были предоставлены ООО «ТЕХПОЛИМЕР» г. Красноярск.

Во втором этапе работы был проведен осмотр технических емкостей, который показал, что преобладающими являются емкости двух типов круглой (овальной) и прямоугольной. В качестве типовой нами была выбрана прямоугольная форма емкости как наиболее сложная с точки зрения сварки. Наличие в емкости такого типа внутренних прямых углов затрудняет сварку вертикальной стенки и днища из-за сложности поворота экструдера или другого сварочного устройства.

Полиэтилен относится к хорошо свариваемым термопластам, поэтому может быть выбран широкий спектр способов сварки. Однако необходимость работы внутри емкости в монтажных условиях, швы на вертикальной плоскости и угловые швы большого поперечного сечения ограничивает выбор, как оборудования, так и способа сварки. В связи с этим в третьем этапе работы наш выбор остановился на экструзионной сварке для основных швов и сварке нагретым воздухом для прихватки заготовок между собой. В качестве основного типа соединения стенки и днища нами было выбрано тавровое соединение, а для замыкания вертикальной стенки нахлесточное соединение.

В экспериментах по отработке режимов и техники сварки использовался экструдер марки HSK 0,8 (для основных швов) и аппарат для сварки нагретым воздухом TRAK PID (для прихваток) с комплектами насадок. Для контроля плотности сварных швов использовался высокочастотный искровой тестер серии PPM Mk.3/PST 100. Испытание механических свойств основного материала и сварных соединений проводилось на установке фирмы «INSTRON» модели 3369.

Для проверки правильности выбора листа толщиной 1,0 мм в качестве базового нами были проведены предварительные эксперименты на листах толщиной 0,6; 1,0 и 1,6 мм. Эксперименты показали большую температурную деформацию листов толщиной 0,6 мм и плохое копирование формы емкости листом толщиной 1,6 мм, поэтому дальнейшие эксперименты проводились на листах толщиной 1,0 мм. Для уменьшения объема экспериментов нами использовалась обобщенная функция желательности Харрингтона, что позволило уменьшить объем механических испытаний в процессе отработки режимов сварки.

При отработке режимов сварки было обращено внимание на недостатки конструкции типовых насадок, входящих в комплект экструдера. Нами была спроектирована, изготовлена и опробована насадка для сварки нахлесточных соединений, которая позволила повысить качество швов.

После отработки режимов сварки были проведены эксперименты по отработке техники сварки вертикальных швов и угловых внутренних поворотов. Для этой цели была изготовлена модель угла емкости, на которой производилась отработка технологии сборки стенки с днищем, техники и последовательности выполнения сварных швов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Отработка последовательности выполнения сварных швов

Было установлено, что наиболее удачным вариантом сборки элементов противотеплоизоляционного устройства является сборка с применением полиэтиленовых вкладышей, имеющих форму уголка, которые заранее крепятся к элементам емкости. Далее на вкладыш укладывается днище, заготовки фиксируются между собой прихватками длиной

от 12 до 15 мм, с помощью аппарата для сварки нагретым воздухом TRAK PID и насадки «для быстрой сварки». Стенка устанавливается на днище и также прихватывается с шагом 75-100 мм. Эксперименты показали, что первым должен накладываться горизонтальный, а затем вертикальный угловой шов.

Для контроля плотности сварных швов использовался высокочастотный искровой тестер серии PPM Mk.3/PST 100. В корень сварного шва укладывается тонкий медный провод ($\varnothing 0,4$ мм). При наличии дефектов в сварном шве происходит пробой воздушного промежутка и образование шнурового искрового разряда (рисунок 2). Испытательное напряжение при контроле 40-50 кВ.



Рисунок 2 – Проверка плотности сварных швов

В последнем этапе работы производилась подготовка модели бака, сборка элементов противофильтрационного устройства, сварка, контроль плотности тестером и натурные испытания (рисунок 3). Эксперименты показали, что выбранный метод ремонта емкостей потерявших плотность дает положительные результаты и может быть доведен до практической реализации.

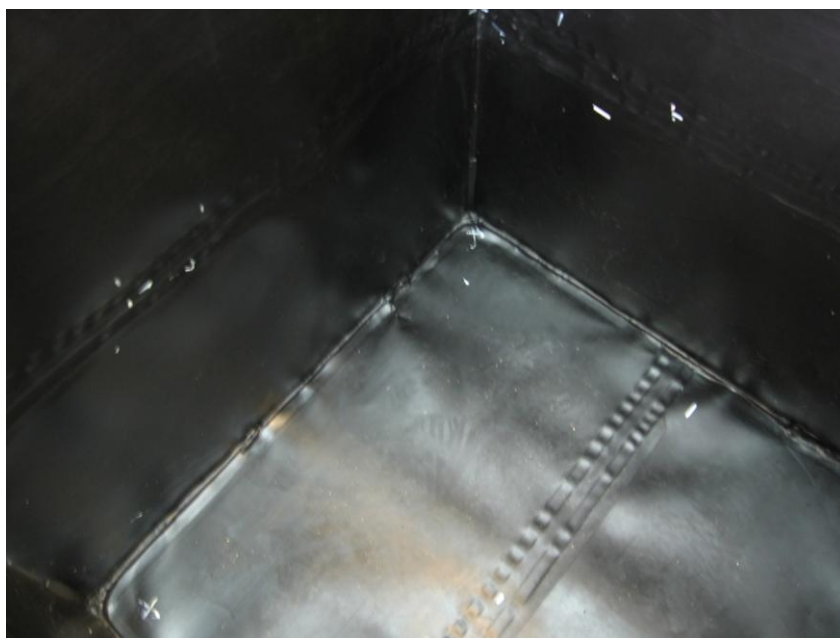


Рисунок 3 – Сварные швы противофильтрационного устройства оболочкового типа

ПРИМЕНЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ПОРОШКОВЫХ ЧАСТИЦ ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА РАБОТЫ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТОВЛЯЕМЫХ И ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДА СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРШКОВОЙ НАПЛАВКИ

Ледников Е.А. – аспирант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

В настоящее время все большее внимание в нашей стране уделяется проблемам, связанным с увеличением срока службы опасных технических объектов. Не редки случаи, когда износ одной из составляющих объекта приводил к катастрофе и даже человеческим жертвам. Работа над данным вопросом в свою очередь неотъемлемо связана с изучением экономического эффекта и выбора метода решения проблемы: для увеличения срока службы изделия чаще всего используется три составляющие. Это может быть повышение материалоемкости, применение более дорогого материала, либо обработка изделия термическим или химическим методом. Отдельным особняком всегда стояло создание защитного покрытия на поверхности изделия. Причем не обязательно на всей поверхности: зачастую, вполне достаточно защитить рабочую поверхность изделия.

Также, новой эпохой не только в машиностроении, но и в подавляющем большинстве областей промышленности стало применение наноматериалов. Это было стимулировано разработкой полупроводниковых наноструктур, выращиваемых методами молекулярно-пучковой и металлоорганической эпитаксии, и созданием на их основе принципиально новых материалов, широко используемых в материаловедении (поверхностное упрочение, фуллерены, катализаторы, мембраны). Благодаря этому, вопрос о необходимости широкого внедрения наноструктурированных материалов в различные отрасли промышленности сейчас не вызывает споров среди ученых. Их применение должно вывести технологии производства техники на новый качественный уровень, а значит, актуальность данного вопроса неоспорима. Такие наноматериалы как нанотрубки, фуллерены и нанопорошки являются одними из приоритетных направлений развития работ в области нанотехнологий и наноматериалов. Уже преодолен рубеж в 5 нм. В свободной продаже имеются порошки, фракция которых составляет от 5 до 100 нм.

Внедрение нано-компонентов постепенно происходит и в материалах, используемых для создания защитных покрытий. Так, например, применение их в качестве компонента порошковой смеси позволяет повысить качество формируемого покрытия. Работа посвящена разработке состава порошкового материала, содержащего наноструктурные компоненты, и адаптации существующей аппаратуры для получения возможности качественно наносить данный материал.

Нанесение защитного покрытия возможно различными методами: электронно-лучевой, лазерной, газовой, индукционной наплавкой, газопламенным напылением и многими другими. Но как наиболее универсальный, простой в применении и не требующий использования дорогостоящего оборудования известен метод газопламенной наплавки. Он позволяет наносить защитное покрытие на детали уже побывавшие в эксплуатации. Обычно, для этого даже не требуется их демонтаж и транспортировка в специализированные цеха. В усовершенствованном методе газопламенной наплавки применяется специальное сопло Лавалля, позволяющее с высокой скоростью доставить разогретые частицы порошка до наплавляемой поверхности изделия. При уменьшении времени пребывания частиц в полете можно уменьшить и температуру, до которой их следует предварительно нагреть, так как частицы будут остывать в меньшей степени. Следовательно, можно снизить температуру пламени и уменьшить вероятность перегрева порошка и растворения твердых структур в металле. Это является предпосылкой формирования покрытия высокого качества.

Использование данного метода создания защитного покрытия позволяет использовать в качестве компонента порошковой смеси нанопорошки, частицы которых характеризуются высокой степенью твердости. Также, большую роль играет возможность образования ими тугоплавких высокотвердых структур. К таковым можно отнести карбиды вольфрама, хрома,

вольфрамкобальтовый карбид. При наплавке защитного покрытия они будут образовывать твердые, высокопрочные структуры, существенно повышая износостойкость наплавленного покрытия. Для доставки частиц порошка от горелки к наплавляемой поверхности, необходимо применять высокоэффективные, легкоуправляемые источники тепла, к которым относится сверхзвуковое газовое пламя.

Таблица 1 – Характеристики основных нанопорошков, представленных на рынке

Название	Обозначение	Средний размер частиц, нм	Насыпная плотность, г/см ³	Удельная поверхность, м ² /г	Температура плавления, °С
Алюминий	Al	50-70	1-1,2	15,5	640
Нановолокна	Al ₂ O ₃	25	0,6-0,7	350	2000
Никель	Ni	70-80	0,66	4,5-6	1452
Титан	Ti	60-80	2,85	13,8	1933
Вольфрам	W	200-500	15	1,7-2,4	3200

Основные характеристики наноструктурированных порошков, широко представленных на потребительском рынке, приведены в таблице 1. Нанопорошки характеризуются такими величинами, как средний размер частиц, насыпная плотность, удельная поверхность и температура плавления. Удельная поверхность достигает весьма больших значений (до 350 м²/г для нановолокон). Это обуславливается малым размером фракции порошка.

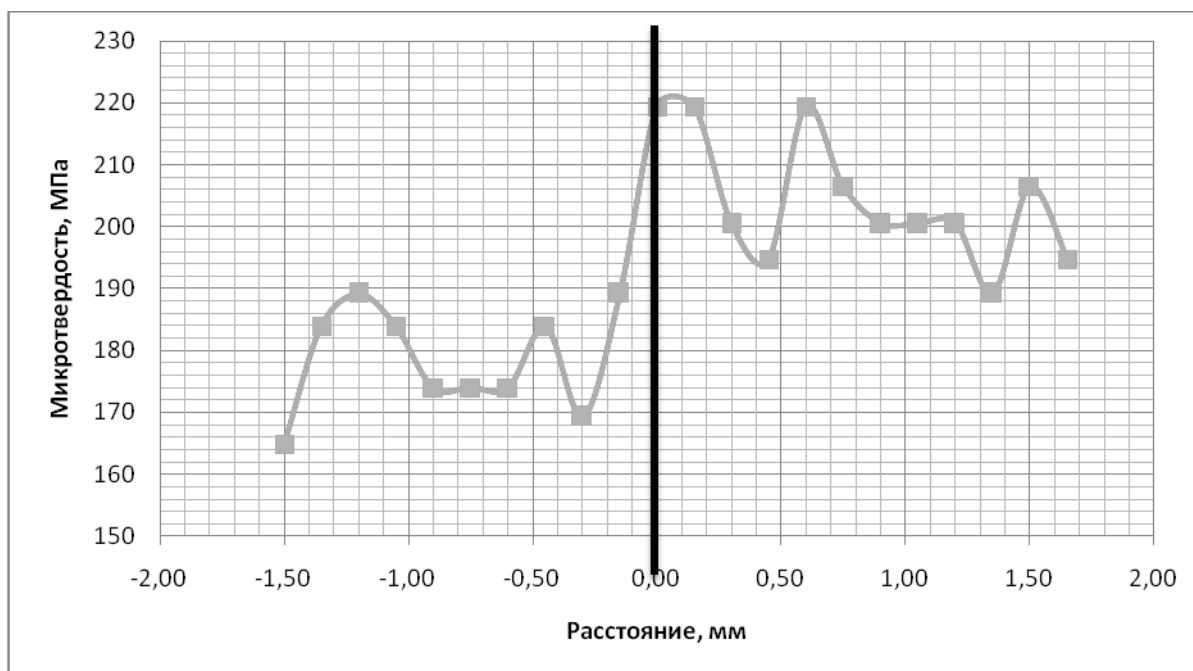


Рисунок 1 – Сравнительный график микротвердости

Проведенные исследования показали, что порошковый сплав, включающий в себя наноструктурированные компоненты демонстрирует более высокие характеристики в сравнении с порошком того же состава, но не содержащего в себе наноразмерных частиц. Так, судя по графику микротвердости (рисунок 1) можно сказать, что твердость модифицированного порошка (правая часть графика) выше на 12-15 % твердости порошка базового состава (левая часть графика). Данный прирост весьма стабилен на всей площади покрытия. Помимо этого, новое покрытие также обладает более однородной структурой, что приводит к ее более рациональной работе на истирание.

Из всего вышеизложенного следует подчеркнуть, что применение наноструктурированных порошков при создании защитных покрытий позволяет создавать защитные покрытия, обладающие более высокими эксплуатационными характеристиками в сравнении с покрытиями, созданными с применением порошков традиционной крупной фракции.

Литература

1. Обуденов Александр Русские нанопорошки / Александр Обуденов // Российский электронный наножурнал [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. текст. дан. – М., [2010]. – Режим доступа: <http://www.fabrikamisli.ru/>. – Загл. с экрана.
2. Нанопорошки. Назначение, свойства, производство // Нанотехнологии: научно-информационный портал по нанотехнологиям [Электронный ресурс]: [официальный сайт]. – Электрон. текст. дан. – М., [2010]. – Режим доступа: <http://www.nano-info.ru/>. – Загл. с экрана.
3. Анциферов В.Н. Нанопорошки: получение и свойства. Новые материалы / В.Н. Анциферов [и др.]; под общ. ред. Ю.С. Карабасова. – М: МИСИС, 2002. – 736 с.
4. Нанопорошки: описание и объемы производства // Abercadeconsulting [Электронный ресурс]: [сайт] / Исследовательская компания «Abercade»; разработка сайта Astronim.ru. – Электрон. дан. – М., 2008. – Режим доступа: <http://abercade.ru/research/analysis/67.html>. – Загл. с экрана.
5. Жуков М.Ф., Черский И.Н., Черепанов А.Н., Крушенко Г.Г. Упрочнение металлических, полимерных и эластомерных материалов ультрадисперсными порошками плазмохимического синтеза. - Новосибирск: Наука. Сибирская издательская фирма РАН, 1999.-312с. - Т. 14.

АЛГОРИТМ РАЗРАБОТКИ УСТРОЙСТВА ДЛЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРШКОВОЙ НАПЛАВКИ ИЗНОСОСТОЙКИХ ПОКРЫТИЙ

Нагорный Д.А. – аспирант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Известно, что среди существующих газотермических способов нанесения защитных и упрочняющих покрытий, наиболее высокими качественными характеристиками (высокая прочность сцепления, отсутствие пористости и др.) обладают покрытия, полученные путем наплавки, ввиду формирования между металлом покрытия и подложкой металлической связи.

Наиболее простым и универсальным, а также наименее затратным способом наплавки является ручная газопорошковая наплавка (ГП-наплавка). Однако такие недостатки, как отсутствие механизации наплавки, а также неэффективность ГП-наплавки при реализации наплавки на мелкогабаритные и массивные детали ввиду низкой концентрации теплового потока в зоне нагрева, приводят к формированию неоднородных, нестабильных покрытий.

В результате исследований, выполненных по федеральной программе «СТАРТ», было установлено, что единственным техническим решением, позволяющим сконцентрировать тепловой поток газового пламени в пятне нагрева, является использование сверхзвуковых сопел (сопел Лавалю), внутренний профиль которых формирует сжатые газопламенные потоки за счет их высокой скорости истечения из среза сопла [1].

Целью данной работы являлась разработка устройства для сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СПП-наплавки) с использованием сопла Лавалю для концентрации газопламенного потока и исследование его характеристик.

Для достижения цели были изложены и выполнены следующие задачи:

- изучить существующие газотермические способы нанесения покрытий и оборудование для их реализации, в частности способы, использующие сверхзвуковое истечение газопламенного потока, а также способы наплавки;

- рассчитать, создать и апробировать сверхзвуковые сопла с различной конфигурацией внутреннего профиля и разными числами Маха. Провести сравнительный анализ теплоэнергетических и эксплуатационных характеристик дозвуковых наплавочных сопел и сверхзвуковых сопел с различной внутренней конфигурацией;
- определить параметры внутреннего профиля сопла Лавалья, позволяющие формировать высококонцентрированный газопламенный поток с максимально возможной эффективной тепловой мощностью в пятне нагрева;
- определить основные конструктивные параметры и решения, необходимые для реализации процесса СГП-наплавки;
- разработать и создать устройство для СГП-наплавки покрытий в различных пространственных положениях;
- выполнить анализ структуры и физико-механических свойств покрытий, полученных путем сверхзвуковой газопорошковой наплавки.

Исходя из цели и задач, был сформулирован алгоритм, отражающий основные этапы разработки наплавочного устройства (рисунок 1).

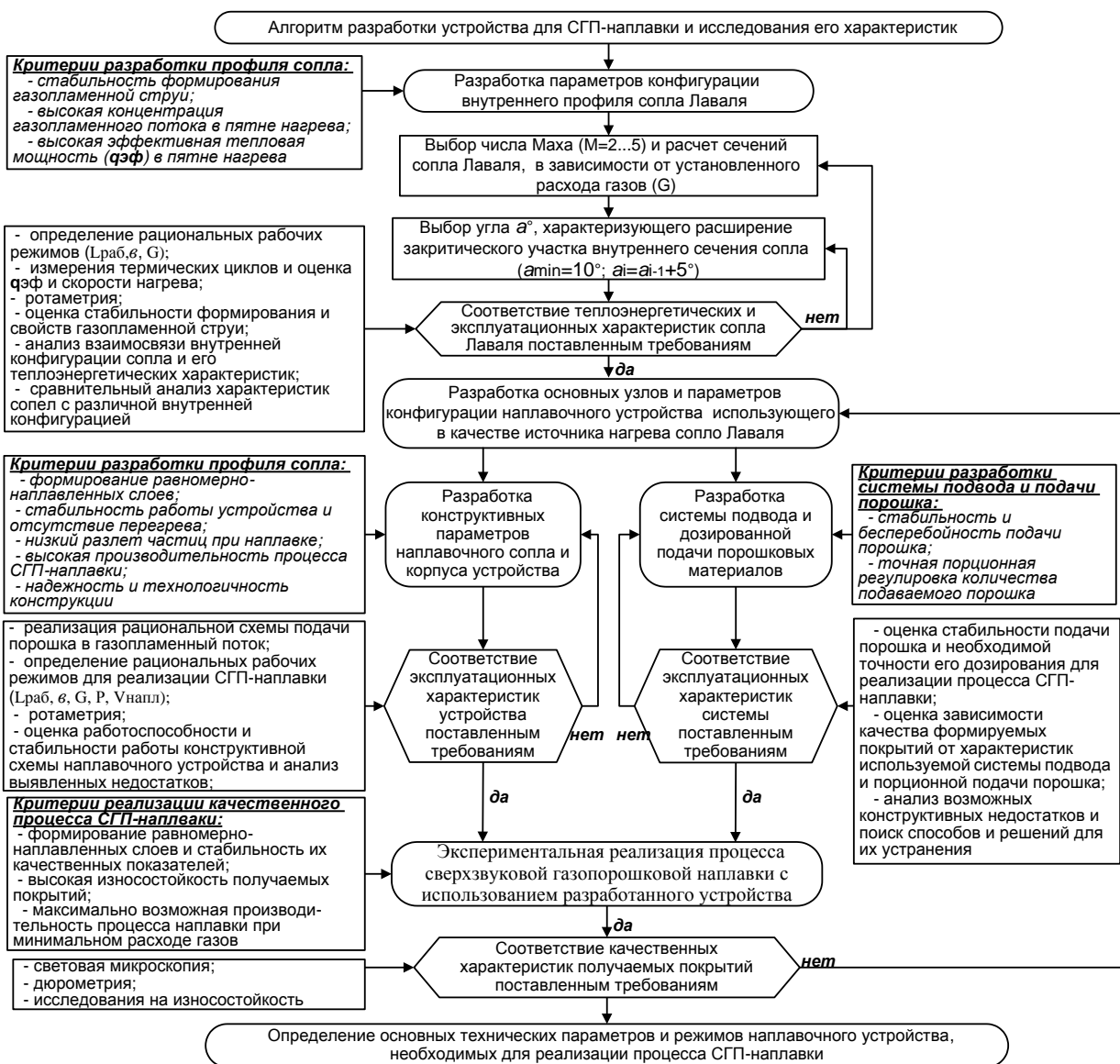


Рисунок 1 – Алгоритм разработки устройства для СГП-наплавки

Микроструктура и свойства экспериментальных покрытий исследовались методами световой микроскопии, дюрометрии и испытаний на износ о жестко закрепленные частицы [2, 3].

Для проведения исследований был выбран самофлюсующийся сплав ПГ-СРЗОМ (ГОСТ 21448-75) системы Ni-B-Cr-Si, обладающий комплексом прочностных и технологических характеристик, обеспечивающих широкий диапазон применения получаемых покрытий [4].

В качестве базовой технологической аппаратуры для проведения исследований была использована универсальная установка для газопорошкового нанесения покрытий «КЕДР», а также горелка ГН-5П.

Выводы:

1. Установлено, что для реализации СПП-наплавки наиболее перспективными теплоэнергетическими и эксплуатационными характеристиками обладает сопло Лавала М5 ($d_{кр}=1,2...1,4$ мм).

2. При наплавке сверхзвуковое сопло (М5) в сравнении с дозвуковыми наплавочными соплами позволяет локализовать нагрев и увеличить эффективную тепловую мощность газопламенного потока с 1600...1800 Дж до 2850...3300 Дж при снижении расхода газовой смеси.

3. В результате исследований установлено, что использование в процессе наплавки сжатого газопламенного потока, формируемого соплом М5, увеличивает скорость нагрева и последующего охлаждения присадочного металла. Это позволяет уменьшить размер структурных составляющих в матрице покрытий, за счет чего износостойкость покрытия возрастает в 2-3 раза.

Литература

1. Абрамович Г.И. Прикладная газовая динамика. В 2 ч. Ч.1: Учеб. Руководство: Для втузов. - 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.- 600 с.
2. Тушинский, Л.И., Плохов, А.В. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий. - Новосибирск: Наука, 1986.- 201 с.
3. ГОСТ 9.302 – 79. Единая система защиты от коррозии и старения. Покрытия металлические и неметаллические неорганические. Правила приемки и методы контроля.
4. ГОСТ 21448-75. Порошки из сплавов для наплавки. Технические условия.

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПЛАМЕННОЙ СТРУИ

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

Скороход А.В. – студент

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

Измерение электрических характеристик сверхзвуковой газопламенной струи при нагреве металла и наплавке сводится к замеру при помощи омметра активного электрического сопротивления сверхзвуковой газопламенной струи при нагреве и наплавке, а также оценка емкостной и индуктивной составляющих полного сопротивления. Изменяемым параметром при производстве измерений является расстояние между срезом сопла горелки и деталью.

Измерение сопротивления струи возможно произвести путем касания измерительными электродами газопламенной горелки и детали либо путем помещения измерительных электродов непосредственно в крайние точки сверхзвукового пламени касаясь среза сопла горелки и обрабатываемой поверхности детали, что влечет за собой применение измерительных электродов омметра из тугоплавкого металла, а также учет изменения электрического сопротивления собственно электродов при нагреве до температуры пламени, которая составляет порядка 2300-2800°C. При производстве измерений сопротивления струи путем касания измерительными электродами газопламенной горелки и детали следует учесть сопротивление собственно детали и горелки, т.к. их поверхности могут быть покрыты окислами металлов, имеющими значительное электрическое сопротивление.

Эквивалентная электрическая схема замещения сверхзвуковой газопламенной струи выглядит следующим образом:

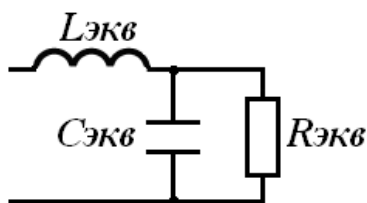


Рисунок 1 – Эквивалентная электрическая схема замещения сверхзвуковой газопламенной струи

Поскольку емкостная составляющая $C_{экв}$ и индуктивная составляющая $L_{экв}$ сверхзвуковой струи имеют незначительные значения, ими можно пренебречь. Следовательно, сверхзвуковую газопламенную струю можно представить как активное сопротивление $R_{экв}$, при этом следует учесть, что в общем случае активное сопротивление зависит от параметров струи:

$$R_{ЭКВ} = \rho \cdot \frac{l}{S}, \quad (1)$$

где ρ – удельное сопротивление струи [Ом/м], l – длина [м] и S – площадь поперечного сечения струи [м²].

Экспериментально полученные вольт-амперные характеристики сверхзвуковой газовой струи при расстояниях от среза сопла 10, 20, 30 мм представлены на рисунке 2.

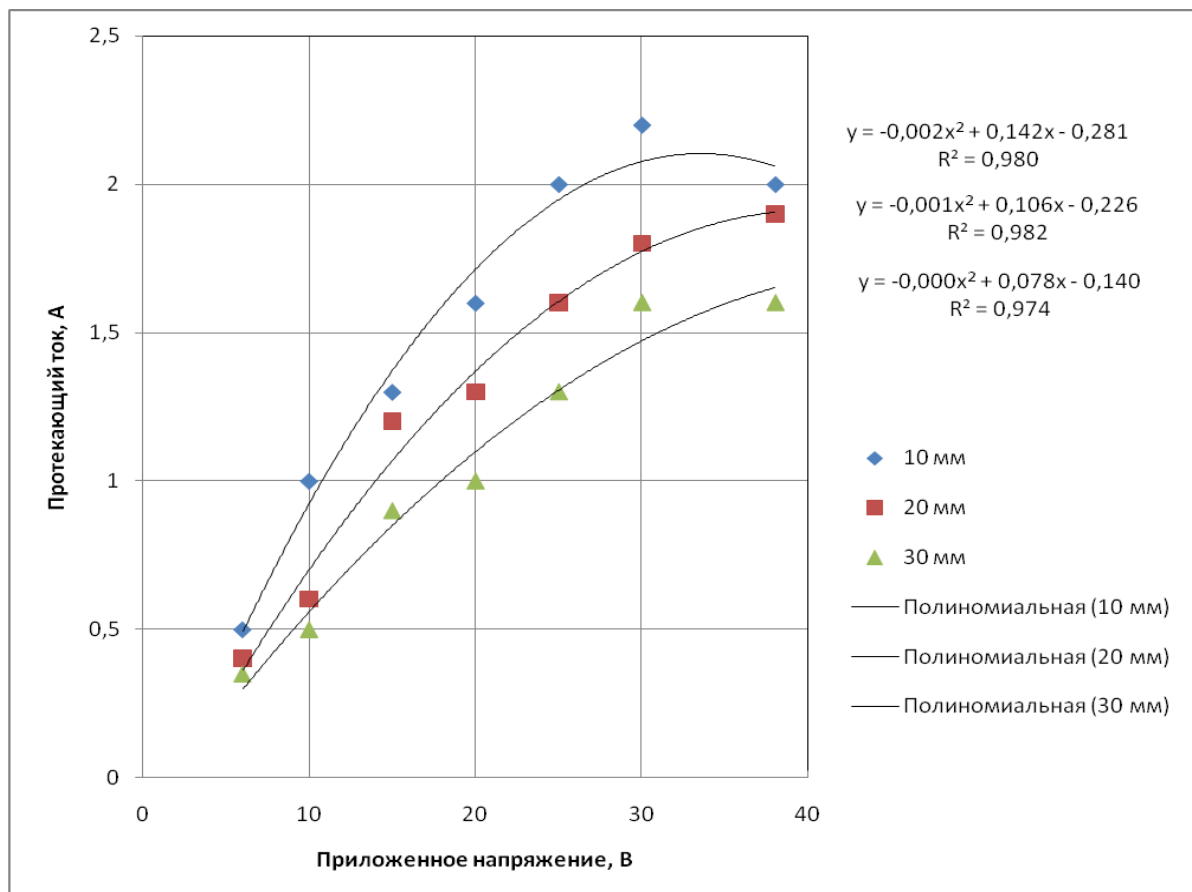


Рисунок 2 – Вольт-амперные характеристики сверхзвуковой газовой струи при различных расстояниях от среза сопла

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РОТОРНОЙ СВАРКИ ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ПОДВЕСНОГО ТОПЛИВНОГО БАКА

Григорьев О.С. – студент, Мандров Б.И. – к.т.н., доцент,
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

На некоторых предприятиях для получения требуемых характеристик изделия применяются алюминиевые сплавы, которые обладают удовлетворительной свариваемостью, что влечет за собой дополнительные затраты. Поэтому нами предлагается для сварки изделий из алюминиевых сплавов использовать способ роторной сварки трением с перемешиванием. Установка для данного вида сварки показана на рисунке 1.

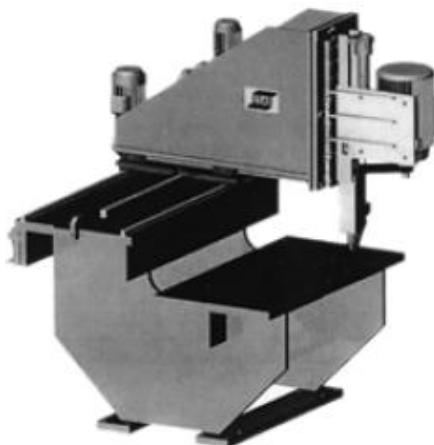


Рисунок 1 – Установка для сварки трением с перемешиванием

Сущность данного способа сварки заключается в соединении заготовок посредством воздействия на кромки соединяемых деталей специальным инструментом, переводящим металл в области стыка в высокопластичное состояние и перемешивающего его. Преимуществом данного способа является отсутствие наплавленного металла, сравнение традиционного и нового сварных швов показано на рисунке 2.

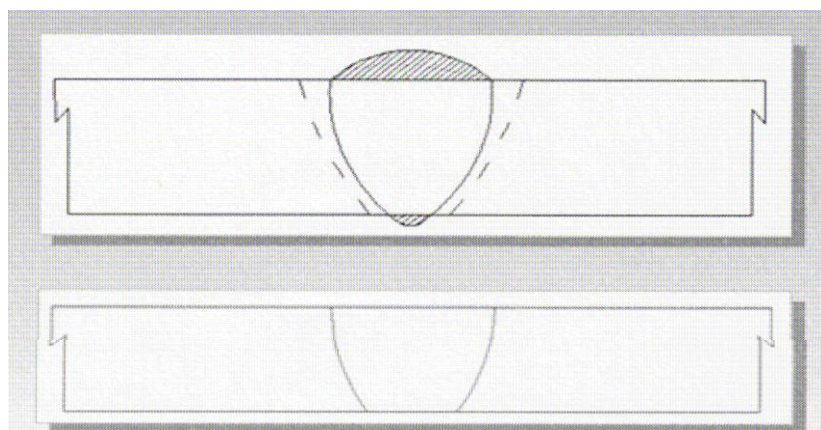


Рисунок 2 – Сравнение традиционного и нового сварочных швов

Изобретена сварка трением вращающимся инструментом была в СССР в 1965 г, на 29 лет раньше, чем это было запатентовано TWI. Способ сварки металлов трением, предложенный Клименко Ю.В. по авторскому свидетельству № 195846 (приоритет от 09.11.65 г.) состоит в том, что материал свариваемых деталей доводят до состояния повышенной пластичности за счет вращения в зазоре между свариваемыми деталями вспомогательного элемента в виде стального стержня с твердосплавным наконечником. При этом после доведения деталей до пластичного состояния к вспомогательному элементу, т. е. сварочному инструменту прикладывают осевое усилие, вдавливая его между свариваемыми

детальями. Способ позволяет производить как точечную сварку, так и шовную сварку – при перемещении инструмента вдоль стыка соединяемых деталей. В России технологический процесс сварки трением с перемешиванием внедрен в ГКНПЦ им. М. В. Хруничева при изготовлении алюминиевых металлокомпозитных баллонов высокого давления.

Свариваемые детали фиксируются специальными прижимами, исключающими возможность смещения деталей при внедрении инструмента и осуществлении сварки. Вращающийся инструмент внедряется со значительным усилием в материал и движется по стыку. Геометрия инструмента обеспечивает перевод металла высокопластичное состояние в непосредственной близости от инструмента и его перемешивание. Температура материала в этой области в случае алюминиевых сплавов не превышает 450°C, что исключает плавление металла. Осевое усилие определяется материалом свариваемых деталей и их толщиной. При выполнении сварки деталей толщиной 5 мм из сплава АМг5М оно составляет (20...25) кН, при этом раздвигающее усилие составляет (20...25) % от осевого.

Основные требования к оборудованию и технологическому процессу сварки: жесткость несущих элементов конструкции прижимного устройства, отсутствие зазора в стыке свариваемых деталей, правильное сопряжение лицевых поверхностей свариваемых деталей без излома, оптимальная геометрия инструмента, соблюдение режимов сварки – усилия, скорости сварки, частоты вращения инструмента, угла наклона инструмента.

По нашему мнению вышеуказанный способ может быть использован при сварке подвесного топливного бака, изготавливаемого из алюминиевого сплава.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ УПРОЧНЯЮЩИХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМЫ Ni-Cr-B-Fe/WC, МОДИФИЦИРОВАННЫХ НАНОДИСПЕРСНЫМИ ЧАСТИЦАМИ Al₂O₃

Князьков К.В. – аспирант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор,

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

Смирнов А.Н. – д.т.н., профессор, Князьков В.Л. – к.т.н., доцент

Кузбасский центр сварки и контроля (г. Кемерово),

Козлов Э.В. – д.ф.м.н., профессор

Томский государственный архитектурно-строительный университет (г. Томск)

Последнее время в сварочной литературе всё более часто публикуются исследования, посвящённые изменениям механических свойств сварных швов и наплавленных при их модифицировании нанодисперсными материалами [1, 2, 3].

В настоящей работе представлено продолжение исследований износостойкости упрочняющих покрытий системы Ni-Cr-B-Fe/WC, модифицированных нанодисперсными частицами Al₂O₃.

Для проведения испытаний в продолжение предыдущих исследований были выполнены образцы из стали 20 под наплавку плазменным способом сплавами составов, приведенных ниже в таблице 1. Наплавка производилась на технологических режимах, отработанных ранее, и обеспечивающих качественные характеристики защитных покрытий.

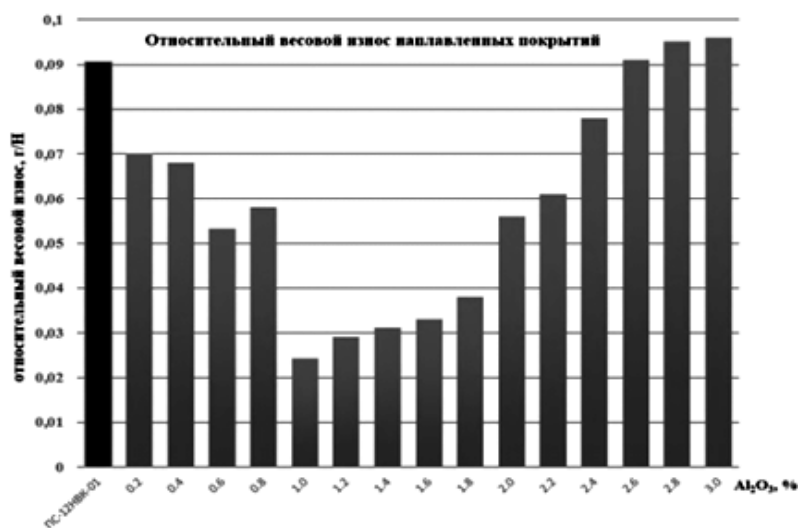
Таблица 1. Количественное содержание нанодисперсного модификатора Al₂O₃ в наплавочном порошке

№ п/п	1	2	3	4	5	6	7	
ПС-12НВК-01	99,8	99,6	99,4	99,2	99,0	98,8	98,6	
Al ₂ O ₃	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	
№ п/п	8	9	10	11	12	13	14	15
ПС-12НВК-01	98,4	98,2	98,0	97,8	97,6	97,4	97,2	97,0
Al ₂ O ₃	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0

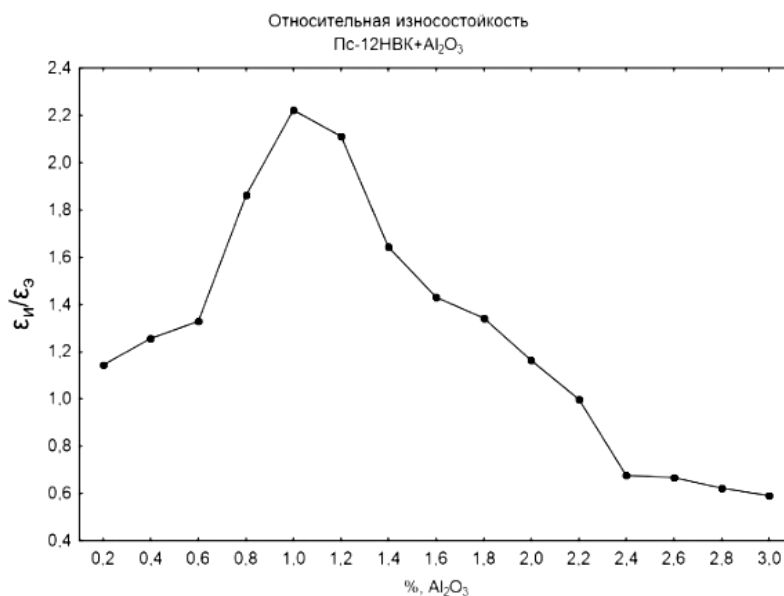
Наплавка образцов выполнялась на установке для плазменно-порошковой наплавки УПН-303. Образцы для исследований изготавливались при помощи ленточной пилы Jet

HVBS-7MW, фрезерного станка Jet JMD-15 и шлифовального станка Прота ВКС-305. Износостойкость образцов исследовалась в соответствии с ГОСТ 17367-71 «Металлы. Метод испытания на абразивное изнашивание при трении о закрепленные абразивные частицы» на триботехническом комплексе, который включает в себя машину для испытания материалов на трение 2168 УМТ. Испытания производились по схеме «диск-колодка» – при вращательном движении в режиме сухого трения, с использованием лабораторных весов ВСЛ-400/1с точностью взвешивания 0,001 г.

Результаты испытаний позволяют выяснить изменения структуры наплавленного износостойкого сплава системы Ni-Cr-B-Fe/WC и установить взаимосвязь коэффициента износостойкости и процентного количества модификатора, используемого в процессе плазменно-порошковой наплавки. По результатам выполненных испытаний были построены графики относительной износостойкости.



а)



б)

Рисунок 1 – Результаты проведенных испытаний износостойкости: а) относительный весовой износ наплавленных покрытий без применения и с применением нанодисперсного модификатора Al₂O₃ при его различном процентном содержании; б) относительная износостойкость наплавленных покрытий в зависимости от содержания нанодисперсного модификатора Al₂O₃

Испытания показали, что структурные изменения в наплавленном металле существенно влияют на износостойкость в процессе абразивного изнашивания, что выражается в следующем. Наименьший показатель износа находится в диапазоне от 1,0 – 1,8% содержания в наплавляемом сплаве нанодисперсного порошка состава Al_2O_3 . Анализ графика на рисунке 1б показал, что максимальное отношение ϵ_n/ϵ_3 соответствует содержанию нанодисперсного модификатора в количестве 1,0% и имеет значение равное 2,2, что свидетельствует об увеличении ресурса износостойкого сплава более, чем в 2 раза.

Причины снижения износостойкости при превышении содержания нанодисперсного модификатора свыше 1,0% вероятно связаны с дезинтеграцией упрочняющих карбидной фазы W_2C , а также уменьшением скалярной плотности дислокаций, что требует дополнительных исследований.

Выводы:

1. Введение в стандартный наплавочный сплав нанодисперсного модификатора Al_2O_3 приводит к увеличению коэффициента износостойкости в 2,2 раза.

2. Установлено, что содержание 1,0% нанодисперсного модификатора Al_2O_3 , в композиционном порошке ПС-12НВК-01 является оптимальным для повышения износостойкости в процессе абразивного износа.

Литература

1. Соколов Г.Н. Модифицирование наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама. / Г.Н.Соколов, В.И. Лысак, А.С. Трошков и др. // Физика и химия обработки материалов. – 2009. – № 6. – с. 41.

2. Гуцин Д.А. Анализ и поиск перспективных направлений комплексного модифицирования металла сварных швов при автоматической сварке под флюсом мостовых металлоконструкций. / Д.А. Гуцин и др. // Современные решения обеспечения безопасности мостов. – Научные труды ОАО ЦНИИС. – Вып. №261. – М. – 2011. – с. 19-23.

3. Трошков А.С. Модифицирование структуры наплавленного металла нанодисперсными карбидами вольфрама. / Ползуновский альманах. – 2009. – №2. – с. 72-75.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СВЕРХЗВУКОВЫХ ГАЗОПЛАМЕННЫХ ПОТОКОВ

Нагорный Д.А. – аспирант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор

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

Из научно-технической литературы известно, что наиболее важным параметром, характеризующим тот или иной способ газотермического нанесения покрытий, зачастую является эффективная тепловая мощность источника нагрева ($q_{эф}$). Это обусловлено тем, что высокая $q_{эф}$ позволяет получить высококачественное покрытие с мелкодисперсной структурой, а также локализовать тепловой поток в пятне нагрева с соответствующим уменьшением участков зоны термического влияния, что минимизирует образование различных дефектов (пор, трещин, напряжений и др.) и снижает тепловые потери на нагрев соседних участков подложки.

Целью данной работы являлось повышение в пятне нагрева концентрации тепловой энергии газопламенного потока, используемого в процессе газопорошковой наплавки, для увеличения качественных характеристик получаемых покрытий. Для достижения поставленной цели был произведен ряд исследований по сравнению теплоэнергетических характеристик газопламенных потоков, формируемых дозвуковыми и сверхзвуковыми соплами с различной конфигурацией внутреннего профиля.

В качестве базовых дозвуковых сопел использовались дозвуковые наплавочные сопла от горелки ГН-5П (ТУ 3645-033-05785477-98). Для экспериментальных сверхзвуковых сопел (сопел Лавая) с различными числами Маха M расчет критического и закритического

сечений производился в соответствии с уравнением неразрывности (уравнение постоянства расхода) [1], исходя из максимально-допустимого расхода газовой смеси [2]:

$$G_m = \rho w F = \rho_{kp} w_{kp} F_{kp}, \quad (1)$$

где G_m – массовый расход газов; ρ_{kp} – плотность газа в критическом сечении сопла; w_{kp} – скорость в критическом сечении (равна скорости звука); F_{kp} – площадь критического сечения сопла.

Для определения скорости нагрева и эффективной тепловой мощности газопламенных потоков, проводилось измерение термических циклов с помощью хромель-алюмелевых термопар [3]. Измерения фиксировались с помощью измерителя-регулятора «ОВЕН ТРМ 202 v2.025» и обрабатывались с помощью программы «MasterSCADA». Эффективная тепловая мощность газопламенных струй рассчитывалась с помощью уравнения приращения температуры в пластине от мгновенного неподвижного линейного источника [4].

$$\Delta T = \frac{Q}{c\rho 4\pi a t_0} e^{-\frac{r^2}{4at_0}}, \quad (2)$$

где ΔT – приращение температуры за время нагрева; Q – количество теплоты; r – расстояние от исследуемой точки до центра нагрева; δ – толщина пластины ($\delta = 4\text{ мм}$); t_0 – постоянная времени нагрева ($t_0 = 19\text{ с}$); $c\rho$ – теплофизические коэффициенты ($c\rho = 5,23\text{ Дж/см}^3\cdot\text{°C}$, $a = 0,08\text{ см}^2/\text{с}$).

Эффективную тепловую мощность определяли по следующей формуле:

$$q_{эф} = \frac{Q}{t_n}, \quad (3)$$

где Q – количество теплоты за время нагрева, t_n – время нагрева.

В результате исследований теплоэнергетических характеристик газопламенных струй, формируемых экспериментальными соплами с различными параметрами внутренней конфигурации, было установлено, что значительно увеличить концентрацию тепловой энергии в пятне нагрева (в 1,5-2 раза) и снизить расход газовой смеси (в сравнении с дозвуковыми соплами) при стабильном истечении тепловых потоков, позволяют сопла Лавалья с числами Маха М4 и М5 (рисунок 1) при значениях угла наклона закритического участка расширения α от 15° до 25° .

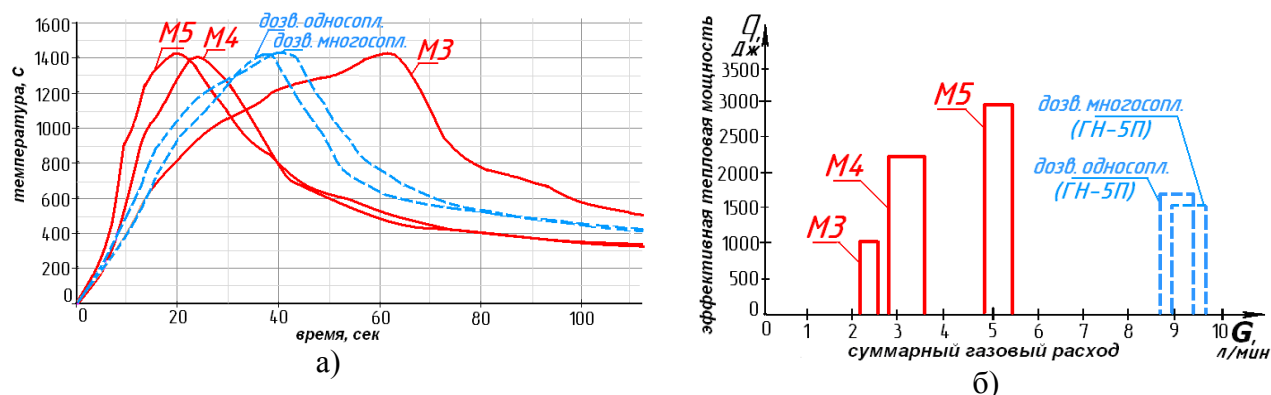


Рисунок 1 – Теплоэнергетические и эксплуатационные характеристики сопел:

а) термодиаграммы при нагреве до температуры «запотевания»; б) гистограмма со значениями эффективной тепловой мощности и расхода газовой смеси

Выводы:

1. Экспериментально установлено, что сопло Лавалья М5 обладает наиболее перспективными теплоэнергетическими и эксплуатационными характеристиками: максимальная тепловая мощность $q_{эф}$ (порядка 2830...3300 Дж) и локализация нагрева; стабильное формирование газопламенного потока и широкий диапазон его регулирования.

2. Сопло М5 обеспечивает эффективное расстояние нагрева ($L_p=10\dots25$ мм), которое, при обеспечении концентрированного нагрева подложки, позволяет снизить давление газопламенного потока на подложку, что при наплавке покрытий способствует равномерному формированию слоя наплавляемого покрытия без раздувания жидкого металла из зоны наплавки.

Литература

1. Абрамович Г.И. Прикладная газовая динамика. В 2 ч. Ч.1: Учеб. Руководство: Для вузов. - 5-е изд., перераб. и доп.- М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1991.- 600 с.
2. Расчет сопла Лавая при разработке аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки/ Радченко М.В., Нагорный Д.А.// Ползуновский Вестник, 2008.- №3- С. 346-349.
3. ГОСТ 1790-77 Проволока из сплавов хромель, алюмель, копель и константан для термоэлектродов термоэлектрических преобразователей. Технические условия.
4. Теория сварочных процессов (с элементами физической химии) / Г.Л. Петров, А.С. Тумарев. – М.: Изд-во Высш.шк., 1967. -388 с.: ил.

ДИНАМИКА ГАЗОПороШКОВОГО ПОТОКА В ПРОЦЕССЕ СГП-НАПЛАВКИ СПЛАВОВ СИСТЕМЫ NI-CR-V-SI

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

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

Исследование физики высокотехнологичных производств защитных покрытий в машиностроении открывает перспективы управления процессом нанесения на наноуровне – оперируя математическими моделями, позволяющими прогнозировать качественные показатели наплавленного покрытия на основе обработанных экспериментальных данных, имеющих физический смысл.

Наиболее характерным является режим сверхзвуковой газопорошковой наплавки с расходом пропана $Q_{\text{пр}} = 0,15 \text{ м}^3/\text{ч}$ и расходом кислорода $Q_{\text{к}} = 0,165 \text{ м}^3/\text{ч}$, коэффициентом соотношения рабочих газов $\beta = 1,1$. Данное соотношение является наиболее технически целесообразным для процессов сверхзвуковой газопорошковой наплавки, так как позволяет получить требуемую температуру нагрева при сохранении качественных характеристик самой струи. В результате проведения экспериментов по изучению сверхзвуковой струи в процессах газопорошковой наплавки было установлено, что этот режим наплавки является наиболее рациональным для нанесения защитного покрытия. Также в ходе высокоскоростной фото-видео съёмки было обнаружено, что скорость полёта частиц, согласно трекам, составляет 35...50 м/с. На основании проведённых экспериментальных спектроскопических исследований, согласно представленным линиям натрия, также было установлено, что при данном режиме максимальная температура располагается в сверхзвуковой струе на расстоянии порядка 20 мм от среза сопла.

Факел сверхзвуковой газопорошковой струи представляет собой турбулентный поток горячей смеси рабочих газов с летящими частицами порошкового сплава (рисунок 1 а, б).

Из рисунка 1 следует, что сверхзвуковой газопорошковый поток, получаемый на сверхзвуковом сопле с числом Маха М5, также как и дозвуковой поток, имеет турбулентную природу – представляет хаотическое движение газа с беспорядочным движением частиц по сложным траекториям и почти постоянной по сечению скоростью потока. Ввиду такой природы горения все характеристики, как газопламенной струи, так и летящего порошка носят хаотичный случайный характер, что усложняет поиск рациональных значений параметров наплавки.

Однако совокупность исследований позволяет сделать вывод о том, что существуют определенные закономерности в изменении характеристик газовой и газопорошковой струи

в измеряемом диапазоне изменения общего расхода рабочих газов и коэффициента их соотношения β .

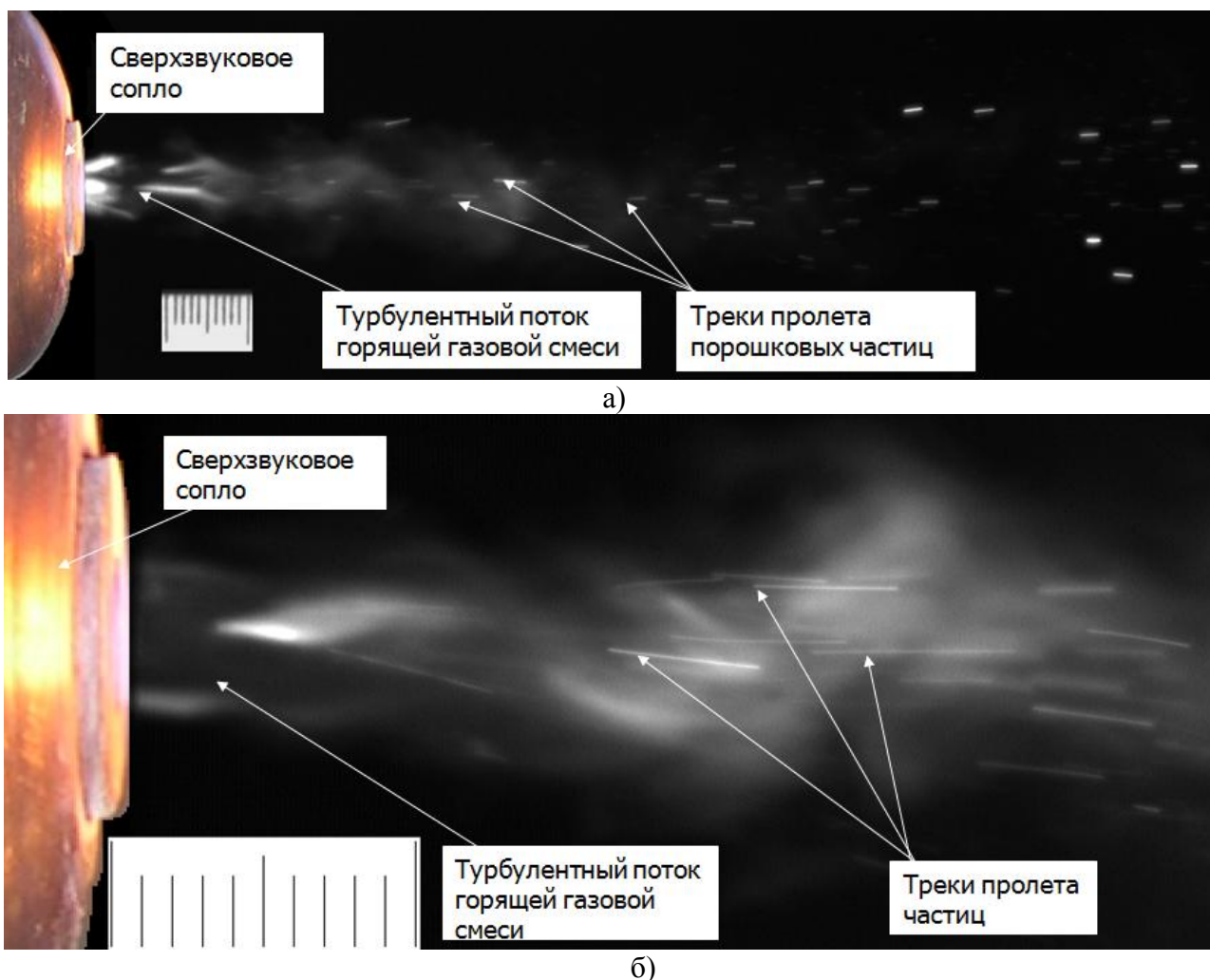


Рисунок 1 – Турбулентный сверхзвуковой газопорошковый поток (а), поток наплавляемых частиц порошкового сплава ПГ-СРЗ вгазопорошковой струе (б)

В ходе исследований установлено, что максимальная температура сверхзвукового газового пламени сосредоточена на краю ядра (на расстоянии 10-20 мм в зависимости от режима). При этом в газопорошковой струе, начиная с расстояния порядка 30 мм от среза сопла, наблюдается явление расфокусирования потока (разлет порошкового сплава ПГ-СРЗ), что ведет к уменьшению плотности порошкового потока ρ , определяющего стабильность формирования защитных покрытий. Это в свою очередь приводит к уменьшению скорости частиц, понижению их температуры и смещению от оси газопорошкового потока.

ФОРМИРОВАНИЕ БАЗЫ ДАННЫХ ДЛЯ АТТЕСТАЦИИ ТЕХНОЛОГИИ РУЧНОЙ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ГАЗОВОМУ ОБОРУДОВАНИЮ

Михалев Б.Н. – магистрант, Радченко М.В. – д.т.н., профессор

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

Каждому предприятию для производства опасных технических устройств, которые находятся под контролем РОСТЕХНАДЗОРА, необходимо проходить аттестацию сварочных технологий, так как использование неаттестованных технологий является недопустимым. Для аттестации технологий сварки необходимо наличие уже аттестованных сварочных материалов, сварочного оборудования, сварщиков и специалистов сварочного производства,

поэтому аттестация сварочных технологий является завершающим этапом и гарантом того, что организация-заявитель обладает техническими, организационными и квалификационными возможностями для выполнения сварочных работ по данной технологии при изготовлении, монтаже, ремонте и реконструкции технических устройств.

При этом процедура аттестации базируется на большом количестве нормативной документации, регламентирующей технологический процесс сварки и контроль качества сварных соединений. Поиск необходимой информации в этих источниках требует значительных затрат во времени. Поэтому актуальным является вопрос необходимости создания базы нормативно-технической документации, которая значительно ускорит поиск нужной информации и снизит возможность ошибки эксперта-сварщика. Наиболее распространенным способом сварки газопровода является ручная дуговая сварка покрытыми электродами, поэтому в рамках проекта рассматривается технология ручной дуговой сварки стального газового оборудования.

В данной работе была поставлена цель:

Сформировать базу данных для аттестации технологии ручной дуговой сварки применительно к газовому оборудованию.

Для достижения данной цели поставлены следующие задачи:

1. Сбор информации по вопросам аттестации сварочных технологий области газового оборудования.
2. Выбор программы для создания базы данных и изучение ее возможностей.
3. Разработка алгоритма формирования базы данных.
4. Формирование разделов базы данных.
5. Проверка работоспособности базы данных.

В результате проведенной работы была сформирована база данных на основе программы Microsoft Excel, которая содержит всю необходимую информацию для формирования заключения об аттестации технологии ручной дуговой сварки покрытыми электродами применительно к стальному газовому оборудованию в соответствии с РД 03-615-03. Она содержит разделы по выбору материалов свариваемых деталей, сварочных материалов, допускаемых толщин свариваемых деталей, а также пункты по подготовке деталей к сварке и контролю качества сварных соединений.

Сформированная база данных содержит возможность получения необходимой информации «простым кликом мыши». В ней также содержится полезная дополнительная информация, оформленная в виде ссылок. Работа с данными ведется при помощи управляющих кнопок.

База данных создана с возможностью расширения по типу опасных технических устройств. Она проста в эксплуатации и значительно сокращает время поиска необходимой информации, которую ранее нужно было искать в большом количестве бумажных документов. Это повышает уровень качества анализа документов и производительность экспертизы. Проверкой работоспособности послужила разработанная при помощи базы данных операционная технологическая карта сборки и ручной дуговой сварки соединений газопровода.

БИОСОВМЕСТИМЫЕ КАЛЬЦИЙ-ФОСФАТНЫЕ ПОКРЫТИЯ НА ТИТАНОВОЙ ОСНОВЕ, НАНЕСЕННЫЕ ДЕТОНАЦИОННО-ГАЗОВЫМ СПОСОБОМ

Попова А.А. – инженер, Яковлев В.И. – к.т.н., доцент

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

Потребность практической медицины в биосовместимых покрытиях может быть удовлетворена наличием большой номенклатуры покрытий различной толщины, пористости, адгезионных и др. свойств [1]. Эта проблема может быть решена применением различных методов формирования покрытий, таких как плазменное напыление, метод микродугового оксидирования, электрофорез, золь-гель или шликерный метод, биомиметический метод,

метод распылительной сушки, магнетронное распыление, ВЧ-магнетронное распыление, а также детонационно-газовый метод и др.

Для нагрева и ускорения наносимых порошковых материалов все шире применяются импульсные источники энергии, в частности, энергии взрыва смесей горючих газов с окислителями. Метод, использующий эту энергию, получил название детонационно-газового напыления (ДГН). Технологические устройства импульсного действия имеют высокие удельные мощности, отличаются простотой преобразования энергии взрыва в полезную работу при минимальном термическом воздействии на напыляемый материал.

Первые работы с применением метода детонационно-газового напыления (ДГН) порошка ГА показали, что он имеет хорошие перспективы использования в области биосовместимых покрытий, но требуется проведение целого комплекса различных исследований напыления материалов [2].

Цель данной работы – напыление и формирование биосовместимых кальций-фосфатных покрытий на титановой подложке методом детонационно-газового напыления.

Нанесение покрытий различного фракционного состава гидроксипатита (1-10 мкм, 10-20 мкм, 20-30 мкм, 50-100 мкм) на титановые пластины (ВТ-1.0) размером 20×20×3 мм произведено на детонационно-газовой установке «Катунь-М».

Режимы напыления производились регулировкой подачи пропанобутановой смеси (при постоянном расходе кислорода) по трем фиксированным точкам: 35ед, 50ед, 65ед (измерительным прибором являлся ротаметр РМ 2.5), что соответствует 90л/час, 150л/час, 200л/час.

Соответствие расходам пропанобутановой смеси к скоростям детонационно-газового потока на срезе ствола определенное время пролетной методикой с помощью датчиками ионизации: 35ед - 900м/с, 50ед - 1100м/с, 65ед - 1600м/с. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты исследований

№	Показания ротаметра по пропану, ед	Толщина напыляемого покрытия, мкм			
		фракция 1-10 мкм	фракция 10-20 мкм	фракция, 20-30 мкм	фракция 50-100 мкм
1	35	-	-	20	60
2	50	20	30	50	150
3	65	50	80	100	120

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод что, для фракции 1-10мкм оптимальный режим напыления №3, для фракции 10-20мкм – №3, для фракции 20-30мкм – №3, для фракции 50-100мкм – №2.

Для каждого из полученных режимов напыления проведена серия экспериментов по определению оптимального расстояния от среза ствола до подложки. Было выбрано три значения расстояния от среза ствола до подложки 5см, 7см, 10см. Полученные данные приведены в таблице 2.

Таблица 2. Экспериментальные данные

№	Расстояние до подложки, см	Толщина напыляемого покрытия, мкм			
		фракция 1-10 мкм	фракция 10-20 мкм	фракция, 20-30 мкм	фракция 50-100 мкм
1	5	10	10	10	80
2	7	50	80	100	150
3	10	10	70	90	120

Из полученных экспериментальных данных видно, что оптимальным расстоянием от среза ствола до подложки для всех фракций является расстояние 7см.

Толщину напыляемого слоя измеряли через 50 циклов на каждый образец. Напыление заканчивалось при достижении слоя заданной величины 200 мкм.

При напылении частиц в диапазоне от 1 до 30 мкм формируются покрытия неоднородные по толщине и фазовому составу, что обусловлено большим разбросом скоростей частиц гидроксиапатита при детонационно-газовом напылении. Шероховатость таких покрытий составляет 3,5 мкм по R_a , что соответствует 5 классу.

Увеличение размера частиц гидроксиапатита до 50-100 мкм приводит к повышению шероховатости 6,5 мкм по R_a , что соответствует 4 классу. Установлено, что покрытия данной размерной группы формируются равномерно и однородно по толщине. Кроме того, рентгенофазовый анализ не обнаружил в покрытии, помимо ГА других фаз, в том числе и титановой подложки, что также подтверждает преимущество данной размерной группы частиц гидроксиапатита (50-100 мкм) для формирования качественных покрытий.

Выводы:

1. В результате экспериментальных исследований были оптимизированы режимы нанесения детонационного покрытия и определено оптимальное расстояние 7 см от среза ствола до подложки для различных размерных фракций гидроксиапатита.

2. Определена зависимость роста толщины напыляемого слоя от размера напыляемых частиц. Размерная группа исходных частиц гидроксиапатита (50-300 мкм) является наиболее благоприятной для детонационно-газового напыления.

Литература

1. Белецкий Б.И. Биокпозиционные кальцийфосфатные материалы в костно-пластической хирургии [Текст]/ Белецкий Б.И., Шумский В.И., Никитин А.А., Власова Е.Б - Стекло и керамика. 2000, - №9, - с.35-37.

2. Яковлев В.И. Экспериментально – диагностический комплекс для физических исследований порошковых СВС-материалов при детонационном напылении [Текст]: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Барнаул, АлтГТУ, 2003. – 19 с.

ВЫРАБОТКА КРИТЕРИЕВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПОРОШКОВОЙ НАПЛАВКИ

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

Палаткин Н.Н. – аспирант

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

Кафедра «Малый бизнес в сварочном производстве» (МБСП) ФГБОУ ВПО «Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова» проводит исследования в области изучения процессов нанесения защитных покрытий сверхзвуковым газопламенным методом [1]. Сотрудниками кафедры выполнен ряд научных работ по исследованию технологии нанесения защитных покрытий сверхзвуковым газопламенным методом [1,2]. Разрабатываются системы автоматизации процесса СГП-наплавки.

На кафедре МБСП была реализована опытно-промышленная установка (ОПУ) СГП-наплавки, предназначенная для производственных условий, не требующих автоматизации, а именно, нанесения порошковых покрытий на детали несложной формы ручным способом. Данное устройство имеет механизацию перемещения горелки, генерирующей поток частиц для наплавки, систему защиты технологического процесса и систему регулирования параметров, позволяющую получать воспроизводимые условия нанесения защитных покрытий [3].

В целях дальнейших исследований и развития технологического процесса СГП-наплавки необходимо реализовать опытно-конструкторскую установку, обладающую достаточным набором свойств и качеств для внедрения её в производственные процессы.

Новый уровень автоматизации предполагает, что установка будет обеспечивать:

- требуемое качество покрытия: низкую пористость и высокую прочность сцепления покрытия, выполненного из широкого ряда металлических и металлокерамических порошков, имеющих на рынке РФ.

- простоту использования. Оператор загружает порошок в питатель, устанавливает (или загружает) параметры на блоке ввода/вывода информации и нажимает кнопку «Старт». Под управлением автоматической системы управления (АСУ) происходит автоматический запуск горелки и контроль параметров наплавки.

- высокую надежность. Простая и проверенная конструкция горелки с использованием отечественных материалов, современная электроника в контрольной системе – все это обеспечивает простоту и надежность в эксплуатации. Система подачи порошковых частиц должна полностью устранять остановку процесса в течение многих часов из-за залипания сопла или забивания каналов подачи. Это вместе с «прощающей» ошибки оператора, конструкцией и интеллектуальной АСУ, должна минимизировать потребность в обслуживающих операциях и запасных частях.

- высокая производительность и низкую себестоимость процесса наплавки. Возможность наплавлять до 20 кг/час порошкового материала в длительном режиме.

Высокая производительность нанесения наплавляемых материалов, низкая в сравнении с аналогами цена на оборудование и расходные материалы и малая потребность в запасных частях должны привести к снижению себестоимости деталей с защитными покрытиями.

Для достижения поставленных задач необходимо обеспечить благоприятные условия формирования покрытий, для этого АСУ должна удовлетворять ряду основных требований по регулированию процесса СГП-наплавки, прежде всего к потоку наплавляемых частиц [2,3]:

- температура нагрева частиц должна быть достаточной для образования прочных адгезионных связей при контакте с поверхностью наплавки;

- скорость частиц в потоке должна варьироваться в зависимости от их температуры, т.е. чем меньше расплавлена частица, тем больше должна быть её скорость и наоборот;

- плотность потока частиц должна регулироваться в широких пределах и составлять 10^3 - 10^7 частиц / $\text{см}^2 \cdot \text{с}$;

- угол расхождения потока частиц должен составлять не более $5 \dots 15^\circ$. Минимальный угол расхождения обеспечивает получение компактных потоков частиц и тем самым наиболее рациональные режимы для проведения наплавки.

- ограничение потока частиц от взаимодействия с активными газами струи и окружающей атмосферы.

Одной из основных функций АСУ является реализация высокого уровня теплового КПД установки, осуществление минимального снижения энтальпии источника теплоты при регулировании массового расхода наплавляемого материала. Функцией АСУ должен являться контроль и адаптация технологического процесса к параметрам, характеризующим внешние условия наплавки. Наиболее значимыми параметрами этой группы являются:

- давление окружающей среды;

- длина струи;

- площадь наплавки;

- допустимая температура подложки;

- форма, размеры изделия;

- скорость перемещения.

Скорость перемещения пятна наплавки существенно влияет на эффективность процесса. Расчет и поддержание скорости пятна - одна из основных задач АСУ, от выполнения которой зависят толщина и качество покрытия.

Рассмотренные параметры определяют термодинамическое состояние взаимодействующей системы двухфазный гетерогенный поток – наплавляемая поверхность.

К регулируемым параметрам двухфазного потока отнесём: температуру, энтальпию, скорость газовой струи по оси и в сечениях, угол расхождения и плотность потока частиц.

К контролируемым параметрам поверхности наплавки необходимо отнести температуру поверхности наплавки, температуру пятна наплавки.

Не все параметры процесса СГП-наплавки по ряду причин (технических, экономических и др.) имеется возможность контролировать непосредственно. К таким, например, можно отнести температуру пятна нанесения покрытия, которую достаточно сложно измерить даже в лабораторных условиях, не говоря уже о производственных. Решением проблемы может являться вычисление температуры по косвенным параметрам: расход и соотношение рабочих газов, дистанция наплавки, параметры газопорошковой струи и др.

Таким образом, синтезированная математическая модель будет являться базой для выполнения вычислительных операций, синтеза массива данных, необходимых для определения и прогнозирования параметров, обеспечивающих качественное протекание процесса СГП-наплавки. Реализация такой модели и построение алгоритмов управления на основе численных методов, выполненных в соответствии с теорией турбулентных струй, позволит получить концепцию формирования установки СГП-наплавки, реализующей современное гибкое и легко внедряемое в производственный процесс оборудование.

Одним из приоритетных направлений для кафедры сварки является внедрение технологии СГП-наплавки в процесс производства энергетического оборудования, что позволит существенно повысить эксплуатационные свойства котельных агрегатов, увеличить надёжность производства энергии с заметной экономической отдачей.

Литература

1. Радченко, М.В. Разработка технологической аппаратуры для сверхзвуковой газопорошковой наплавки /М.В.Радченко, Ю.О. Шевцов, Д.А. Нагорный, С.А. Маньковский, Т.Б. Радченко// Обработка металлов.-2007.-№1. С.16-18.

2. Киселев, В.С. Повышение износостойкости наплавленных покрытий путем выбора рациональных технологических параметров на основе диагностики сверхзвуковых газопорошковых струй: автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук; [Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова]. - Барнаул: 2009. - 21 с.

3. Черемисин, П.С. Разработка системы автоматического управления расходом рабочих газов в технологическом процессе сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий на элементы теплоэнергетических установок : автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук; [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова]. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - 20 с.: а-ил.; 21 см.

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДОВ САМОРАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОГО СИНТЕЗА И МЕХАНОАКТИВАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАПЛАВОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Собачкин А.В. – аспирант, Яковлев В.И. – к.т.н., с.н.с.,

Ситников А.А. – д.т.н., профессор

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

Электродуговая наплавка занимает прочные позиции в производстве и реновации деталей, узлов и агрегатов машин и механизмов различных отраслей промышленности. В результате наплавки можно получить рабочую поверхность, обладающую необходимым комплексом свойств: износостойкостью, жаростойкостью, коррозионной стойкостью и т.п. [1]. Например, одним из эффективных способов достижения высокой износостойкости является введение в поверхностный слой изделия твердых сплавов, таких как тугоплавкие карбиды металлов. К примеру, путем больших усилий и энергозатрат металлургически удается ввести в изделие упрочняющую фазу в виде определенного содержания карбидов: Fe₃C; Mn₃C; Cr₇C₃; W₂C; WC; VC; TiC; V₄C, Mo₂C, и др., а также карбоборидов, нитридов железа и легирующих элементов.

Однако, существующие методы получения высокотвердых карбидов, боридов, нитридов металлов характеризуются значительными энергетическими затратами, сложностью и многостадийностью технологических циклов и не всегда обеспечивают требуемое количество и качество материалов по чистоте.

По мнению многих ученых [2, 3] одним из перспективных методов получения порошковых материалов является самораспространяющийся высокотемпературный синтез (СВС). Благодаря таким особенностям СВС, как высокая температура, превышающая в большинстве случаев температуру плавления хотя бы одного из реагентов, высокая скорость внутреннего саморазогрева, протекание реакций в условиях резкого градиента температур, метод позволяет получать материалы с повышенными свойствами, а в ряде случаев удается синтезировать композиции, получение которых другими известными способами требует больших затрат и/или сложного дорогостоящего оборудования либо вообще невозможно [2].

Эффективным средством, позволяющим целенаправленно влиять на структурное состояние реакционной шихты и параметры СВС, обеспечивая тем самым возможность регулирования механизмов фазо- и структурообразования материалов в процессе синтеза, а также воспроизводимость результатов, является предварительная механоактивационная обработка [4].

Относительно новым является метод механически активируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза, основанный на сочетании механоактивации и СВС и представляющий собой двустадийный процесс. На первом этапе реакционная шихта обрабатывается в течение сравнительно короткого времени в энергонапряженном аппарате – активаторе, на втором – используется в качестве реакционной смеси для СВС. В общем случае продукт механически активируемого СВС характеризуется более тонкой и гомогенной структурой при повышенной глубине превращения по сравнению с СВС-продуктами без использования механоактивации. При этом, механоактивация позволяет получать методом СВС легированные материалы с повышенной концентрацией легирующих элементов (выше значения предельной растворимости).

Целью работы является апробация технологии механически активируемого самораспространяющегося высокотемпературного синтеза для создания порошковых наплавочных материалов нового класса.

Так, в проблемной НИЛ СВС-Материаловедения АлтГТУ было предложено использовать в качестве компонентов электродной шихты порошки материалов, полученных методом механически активируемого СВС. Это дает широкую возможность применять составы порошковых сердечников и создавать такие смеси электродного материала, которые чрезвычайно трудно, а иногда и просто невозможно получить другими техническими способами. Например, экспериментально опробован способ введения в сердечник порошкового электрода упрочняющей фазы в виде карбида титана, синтезированного в никель-хромовой матрице. При использовании «инертных» в химическом плане добавок (матриц) реакция синтеза предварительно механоактивированных веществ происходит в объеме этой матрицы. Наплавка разработанным порошковым электродом обеспечивает такой химический состав наплавленного металла, который чрезвычайно трудно получить обычным металлургическим путем.

Для получения требуемого композита подготовленные порошки углерода, титана и никель-хрома смешиваются в определенном соотношении. Затем порошковая смесь подвергается механической активации в планетарной шаровой мельнице-активаторе АГО-2С в течение заданного интервала времени. Следует отметить, что исходные порошки в зависимости от способа получения могут иметь различную форму частиц – от правильной глобулярной до осколочной. Однако после обработки порошковой смеси в активаторе ее частицы приобретают характерную осколочную форму, а в целом смесь представляет собой слоистый композит (рисунок 1).

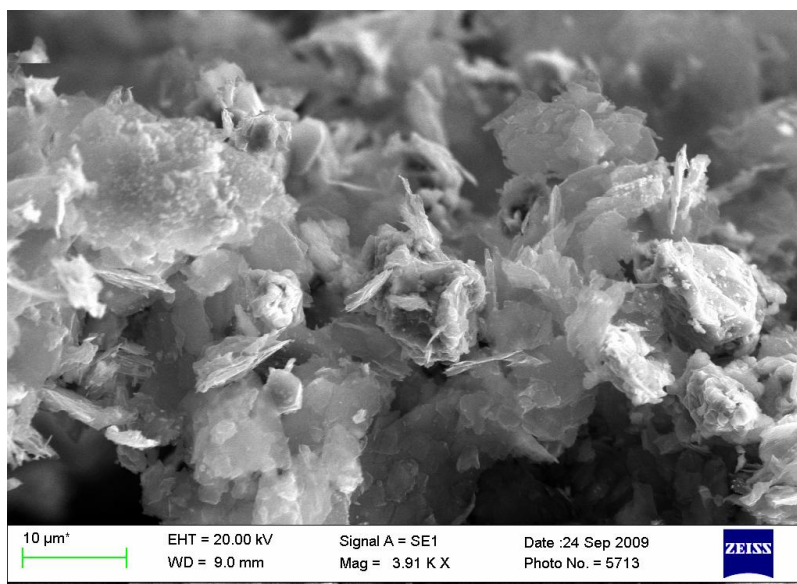


Рисунок 1 – РЭМ-изображение порошкового механокомпозита состава Ti + C + NiCr

Затем в полученной смеси проводится СВС-реакция, необходимая для синтеза карбида титана в никель-хромовой матрице. Синтез осуществлялся в режиме фронтального послойного горения без создания дополнительных условий его протекания. В результате реакции синтезируется требуемый композит вида TiC + NiCr с выбранным процентным содержанием металла матрицы. Получившаяся смесь является готовым порошком для наплавки.

Для проведения экспериментальной наплавки и установления практической возможности использования СВС-порошков в целях создания на поверхности изделия износостойкого слоя использовался порошковый электрод, содержащий смесь механоактивированных СВС-композитов состава TiC + NiCr (X % масс.). Наплавка осуществлялась на образцы из стали 45. В работе [5] установлено, что микротвердость наплавленного слоя при использовании данных электродов в несколько раз превосходит микротвердость материала основного металла (сталь 45) и возрастает при увеличении процентного содержания карбидов в матрице наплавочного порошка.

По итогам работы можно сделать вывод, что метод механически активируемого СВС позволяет создавать и использовать порошковые СВС-материалы в качестве сердечника порошкового электрода (проволоки). Использование подобных порошковых электродов (порошковой проволоки) для электродуговой наплавки обеспечивает оптимальную структуру наплавленного слоя с равномерным распределением упрочняющего зерна по объему наплавки [6]. Результатом наличия такой структуры является высокая микротвердость рабочей поверхности изделия, и, как следствие, хорошая сопротивляемость абразивному износу.

Литература

1. Перспективные способы наплавки и механической обработки восстанавливаемых деталей / А.В. Иванов, О.Л. Пирозерская // Техничко-технологические проблемы сервиса. 2010. № 3 (13). С. 7–9.
2. Влияние механоактивации на процессы фазо- и структурообразования при самораспространяющемся высокотемпературном синтезе / Н.З. Ляхов, Т.Л. Талако, Т.Ф. Григорьева. Новосибирск : Параллель, 2008. 168 с.
3. Интегральные технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза / В.В. Евстигнеев, Б.М. Вольпе, И.В. Милюкова, Г.В. Сайгутин. М. : Высшая школа, 1996. 284 с.
4. Влияние механической активации исходных компонентов на СВС силицидов ниобия / О.А. Шкода, О.Г. Терехова, Л.Д. Чалых // Самораспространяющийся высокотемпературный

синтез: материалы и технологии. Новосибирск : Наука, 2001. С. 216–221.

5. Структура и свойства наплавленных электродуговых покрытий из порошков механоактивированных СВС-композитов / А.А. Ситников, В.И. Яковлев, М.Н. Сейдуров, М.Е. Татаркин, А.В. Собачкин, Н.В. Степанова, И.Ю. Резанов // Обработка металлов. 2011. № 3 (52). С. 51–54.

6. Покрытия из механоактивированных СВС-материалов для рабочих органов сельскохозяйственных машин, наплавленные ручным дугowym способом / А.А. Ситников, В.И. Яковлев, А.В. Собачкин, М.Н. Сейдуров, М.Е. Татаркин // Ползуновский вестник. 2012. № 1/1. С. 273–277.

СТЕНД ОПТИЧЕСКОЙ СКОРОСТНОЙ РЕГИСТРАЦИИ ГАЗОВОГО ПОТОКА И ДВИЖЕНИЯ ЧАСТИЦ БАЗАЛЬТОВОГО ПОРОШКА В ПРОЦЕССЕ ДЕТОНАЦИОННО-ГАЗОВОГО НАПЫЛЕНИЯ

Ситников А.А. – д.т.н., профессор, Еськов А.В. – д.т.н., профессор,
Яковлев В.И. – к.т.н., зав. лабораторией ПНИЛ СВС-материаловедения АлтГТУ,
Назаров И. В. – аспирант, Собачкин А.В. – аспирант, Мадисон В.Р. – инженер,
Иванайский А.А. – к.т.н., директор метрологического центра АлтГТУ
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Детонационно-газовые струи, при напылении частиц базальта, представляют собой гетерогенные, неоднородные по концентрации, скоростям и температурам многофазные потоки (смеси газа с твердыми частицами или жидкими каплями) [1, 2]. Разработка методов и средств контроля параметров детонационно-газового потока представляет важную научную задачу. Методы оптического контроля востребованы в условиях промышленного применения, так как позволяют бесконтактно, в масштабе реального времени контролировать скорости и температуры частиц в детонационном потоке, что в конечном итоге определяет качество сцепления материала частиц с поверхностью.

Объектом исследования является детонационный поток напыляемых частиц базальтового порошка гранулометрического состава 63-100 мкм. Целью работы является использование стенда по регистрации изображения детонационного процесса напыления базальтового покрытия, расчет скоростей частиц.

В процессе детонационно-газового напыления на установке «Катунь-М» происходит разброс температур частиц в газовом потоке 700-2000°C, фоновое излучение газового потока, нагретого до температуры порядка 2000 – 4000°C, скорость частиц порошка 100 – 1000 м/с, время формирования единичного цикла напыления 4-6 мс. В связи с этим накладываются жёсткие технологические условия на методы и устройства регистрации протекания детонационных процессов, такие как обладание повышенной виброустойчивостью, выдерживание больших ударных (звуковых) нагрузок [3].

Процесс на экспериментальном стенде высокоскоростной видеосъемки и контроля пространственных параметров детонационного потока при напылении частиц базальта на базе установки детонационно-газового напыления «Катунь-М» (рисунке 1) представляет собой зажигание горючей смеси состоящей из пропан – бутана и кислорода производится свечой 2, возникающие при этом тепловые волны порождают ударные, а затем и детонационную волну. В канале ствола 3 детонационная волна распадается с образованием продуктов сгорания газовой смеси. Одновременно с заполнением канала 3 взрывной смесью вводится базальтовый порошок из дозатора 4. На выходе из ствола 3 образуется пламя и поток напыляемых частиц базальта 5, попадающий на обрабатываемую деталь (подложку) 6. Управление работой установки ДГН «Катунь М» осуществляется от блока управления 7, который посылает импульс зажигания на свечу 2 и управляет клапанами подачи газов в детонационную камеру 1. При появлении пламени на выходе из ствола 3, регистрируемого фотодатчиком 8 с малым временем экспозиции порядка 160 мкс. Это связано с большими скоростями частиц потока, затем блок синхронизации 9 вырабатывает импульс, по которому

изображение потока напыляемых частиц 5 из цифровой видеокамеры 10 передается в ЭВМ 11 для дальнейшей обработки. В качестве блока синхронизации используется устройство «СИНХРО-М». Устройство синхронизации системы «СИНХРО-М» предназначено для четкого задания времени начала съемки изображения по сигналу с устройства управления синхронизацией, и привязке в дальнейшем к некоторому событию, соответствующему началу отсчета времени протекания процесса.

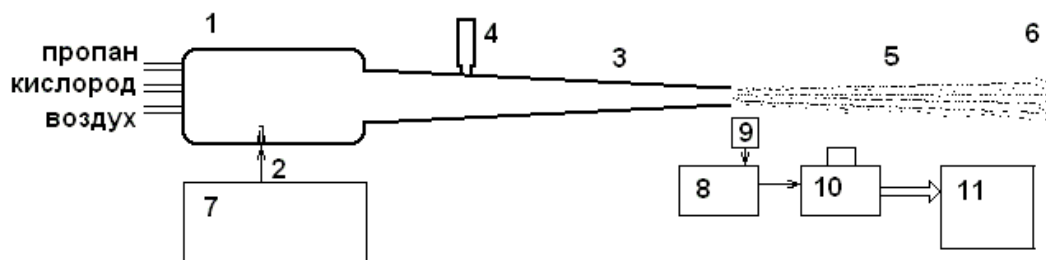


Рисунок 1 – Схема экспериментального стенда высокоскоростной видеосъемки и контроля пространственных параметров детонационного потока при напылении частиц базальта на базе установки детонационно-газового напыления «Катунь-М»

Таким образом, с использованием стенда были получены изображения детонационного процесса напыления покрытий на основе базальтового порошка (рисунок 2). Из рисунка видно движение частиц из канала ствола в виде треков. В противоположной от ствола яркой области (в связи с высокой температурой) происходит формирование покрытия на подложку напыляемой детали. Расстояние от среза ствола до напыляемой детали составляет 100 мм.

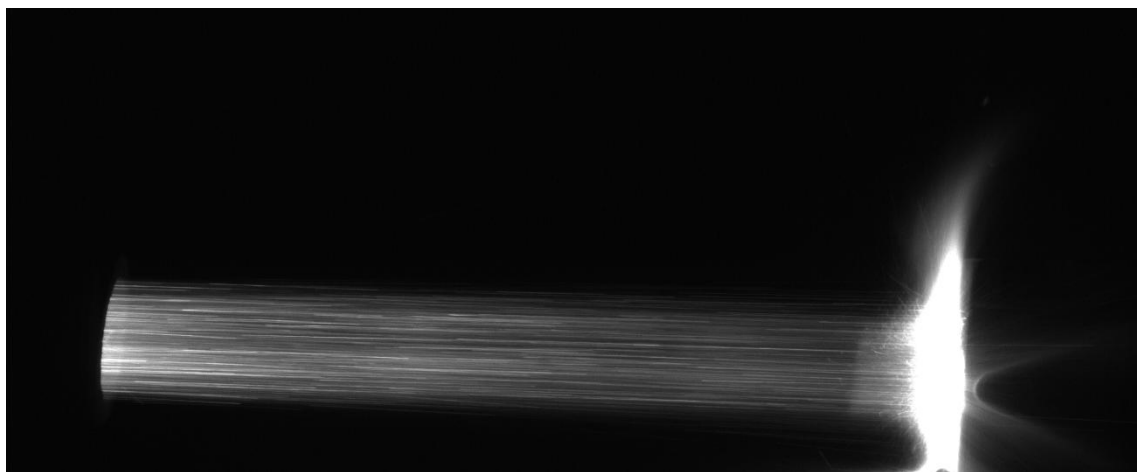


Рисунок 2 – Детонационный процесс нанесения покрытия на основе базальтового порошка

Зная масштаб изображения, по длине треков частиц базальта и времени экспозиции $T_{\text{нак}}=160$ мкс определялась скорость частиц в потоке, которая составила в около 400 м/с. На рисунке 3 приводится пример изображения треков частиц базальта потока с рассчитанной скоростью.

На рисунке 4 приведено значение средней скорости частиц базальта в детонационном потоке по времени цикла напыления. Измерения проводились по длине треков частиц с учетом выше отмеченных допущений. Каждая точка рассчитывалась как среднее значение по трем – пяти трекам на изображении. Из графика видно, что в начале цикла напыления скорости возрастают до 400 м/с к времени синхронизации на камеру $T_k=1$ мс, при T_k от 1 до 4,5 мс практически сохраняют свое значение около 400 м/с и после $T_k=4,5$ мс в конце цикла напыления – убывают.

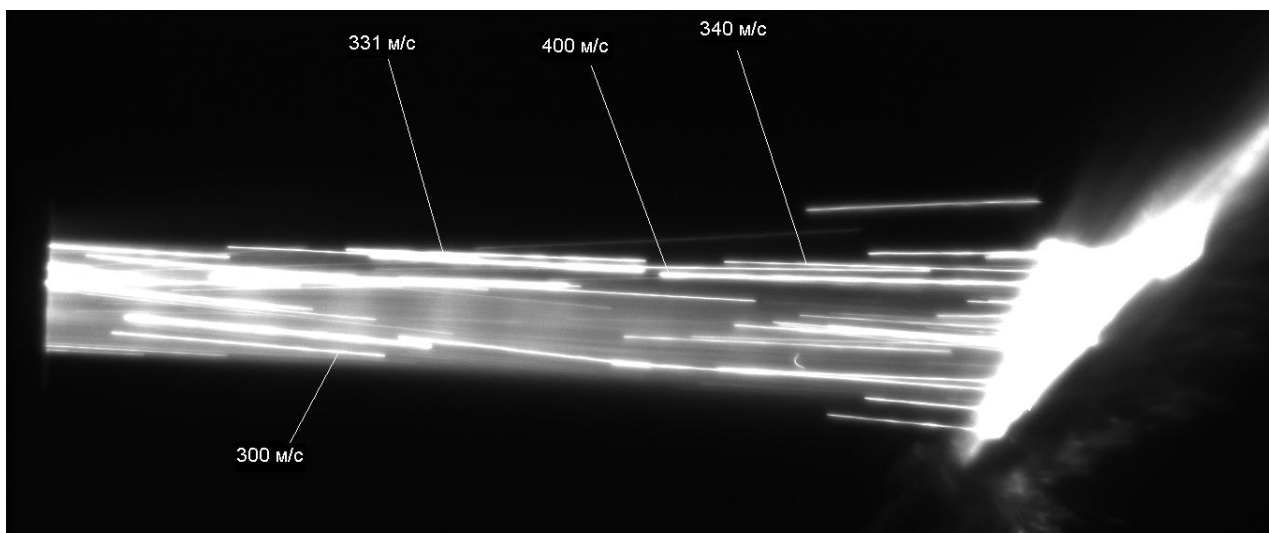


Рисунок 3 – Изображения треков частиц базальта ($T_{\text{нак}}=160$ мкс.)

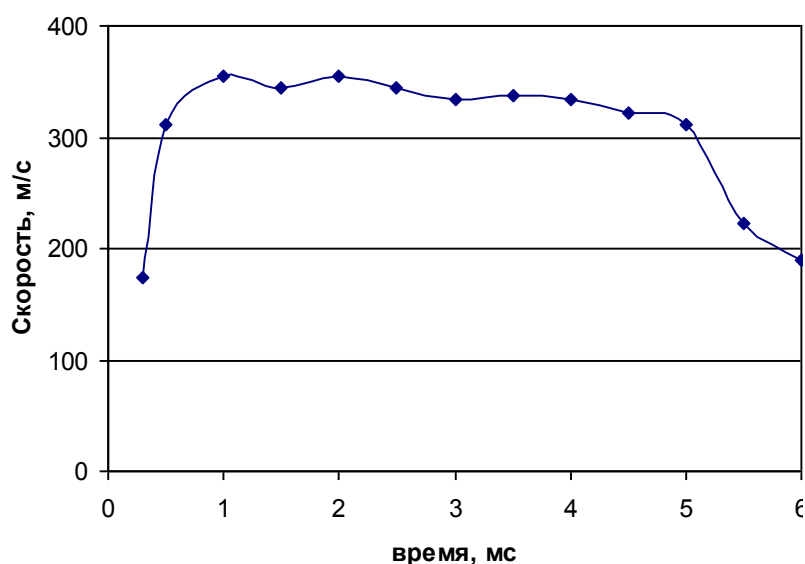


Рисунок 4 – Экспериментальные значения скорости частиц в потоке ДГН

С помощью экспериментального стенда высокоскоростной видеосъемки и контроля пространственных параметров детонационного потока при напылении частиц базальта на базе установки детонационно-газового напыления «Катунь-М» исследована динамика газового потока при истечении из ствола установки детонационно-газового напыления «Катунь-М», при этом была рассчитана скорость частиц базальта в детонационном потоке составляющее около 350 м/с.

Литература

1. Гавриленко, Т.П. Использование пропан-бутана в установках детонационного напыления [Текст] / Т.П. Гавриленко, В.Ю. Ульяницкий, А.М. Хайрутдинов // Вопросы использования детонации в технологических процессах: сб. научных трудов АН СССР. Сиб. Отделен. Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева. – Новосибирск, 1986. – С. 17-28.
2. Дейч, М.Е. Газодинамика двухфазных сред [Текст] / М.Е. Дейч, Г.А. Филиппов. – М.: Энергия, 1968. – 424 с.: ил.
3. Борисова, А.Л. Скорость порошка при детонационном напылении покрытий [Текст] / А.Л. Борисова, В.С. Клименко, В.Г. Скадин, С.Ю. Шаривкер. // Порошковая металлургия. – 1979. – № 1. – С. 29-31.

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СВЕРХЗВУКОВОЙ ГАЗОПЛАМЕННОЙ НАПЛАВКИ В ЭНЕРГЕТИКЕ

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

Палаткин Н.Н. – аспирант

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

В теплоэнергетике одной из основных проблем надёжности оборудования является поверхностный износ. Твёрдые частицы топлива и золы разрушают системы топливоподачи, трубы паропроводов и трубные панели гидрозолоудаления котлоагрегатов. Интенсивный абразивный износ участков труб и трубных панелей наблюдается у котлоагрегатов с «кипящим» слоем. Котельные установки данного типа имеют широкое распространение в северных широтах нашей страны, так как обладают рядом преимуществ по сравнению с иными типами тепловых котлов. Это делает их использование экономически целесообразным. Серьёзной проблемой при эксплуатации котлоагрегатов с «кипящим» слоем является малая продолжительность межремонтного периода. По этим причинам производители энергетического оборудования и обслуживающие службы энергопроизводства заинтересованы в применении новых более производительных установок и новых материалов для повышения эксплуатационной стойкости изнашиваемых поверхностей котлоагрегатов, а также автоматизацию этих процессов, что, несомненно, повысит эксплуатационные характеристики оборудования для выработки тепловой энергии. Не меньшее внимание будет обращено к расширению области применения высокотехнологичного оборудования, снижению его стоимости и себестоимости нанесения покрытий.

Преимущество при решении обозначенных выше проблем достигается использованием сверхзвуковых газопорошковых методов (СГП-методов) нанесения защитных покрытий. СГП-методы представляют собой процессы нанесения покрытия на поверхности детали с помощью высокотемпературной сверхзвуковой газовой струи, содержащей частицы порошка и капли расплавленного наплавляемого материала, осаждающиеся на основе (подложке) при ударном столкновении. Данный способ по праву считается одним из наиболее перспективных технологий нанесения защитных покрытий. Новаторским является использование в конструкции горелки расширяющихся профильных сопел Лавалья. Такое решение позволяет скорости потока газа превышать 800 м/с, а скорости частиц порошка - 400 м/с. Качество покрытий, получаемых при применении выпускаемых в России самофлюсующихся порошковых сплавов, не уступает альтернативам: детонационному, плазменному, холодному газодинамическому методам. Структура покрытия сочетает низкую пористость (менее 1%), малую степень окисления и высокую адгезионную прочность (80-120 МПа). При этом стоимость оборудования для нанесения защитных покрытий по СГП-методу и затраты на его эксплуатацию значительно ниже, что бесспорно является одним из главных достоинств.

Совокупность качеств, присущих технологии сверхзвукового газопламенного нанесения порошковых покрытий стала причиной того, что производители отводят особую роль автоматизированным установкам, относящимся к группе, обозначаемой в англоязычной литературе терминами HVOF/HVAF (HighVelocityOxi/AirFuel). К автоматизированному оборудованию нанесения покрытий по СГП-методу, внедряемому в производство, предъявляется ряд жестких требований: по воспроизводимости показателей качества наносимых покрытий, стабильности процесса, уровню проработки интерфейса, временным затратам в освоении технологии, способности адаптации к различным технологическим операциям и др.

Весьма важный аспект – это высокий уровень автоматизации установок, использующих СГП-методу, для возможности исключить непосредственное присутствие человека в опасной для его здоровья рабочей зоне. Роботизация технологического процесса нанесения порошковых покрытий и применение специализированных, изолирующих рабочую зону, камер позволяют выполнить данное условие.

Анализ опубликованных материалов производителей показал наличие нескольких видов сверхзвукового газопорошкового оборудования, отличающихся по используемым горючим газам, способам охлаждения, подачи порошка, производительности и другим факторам [1]. Представленное на рынке иностранное и отечественное оборудование имеет схожую схему исполнения, но с патентованными конструктивными отличиями. Что касается параметров получаемого покрытия от базовых моделей, то значительных отличий не отмечено, качество стабильно высокое. Все установки надёжны в работе, оснащены блоками дистанционного компьютерного управления и соответствуют всем требованиям безопасности. Наиболее высоко эксперты оценивают установки, относящиеся к категории HVAF, не требующие использования кислорода, роль окислителя выполняет сжатый воздух, также некоторые модификации горелок, которые могут работать без водяного охлаждения [1].

К сожалению, отечественная промышленность не выпускает оборудования для нанесения покрытий по СГП-методу, технический уровень которого соответствует лучшим иностранным образцам. Однако, иностранное оборудование достаточно дорогостоящее не только при покупке, но и при эксплуатации, так как требует применения дорогих фирменных порошков и расходных материалов.

В более доступном сегменте установки, использующие СГП-методы нанесения покрытий, представлены рядом разработок исследовательских институтов и конструкторских коллективов России и постсоветских государств, в большинстве своём, как опытно-промышленные образцы. На этом направлении ведутся исследования и реализуются опытные установки, способные заинтересовать потенциальных инвесторов и покупателей необходимыми качествами и технико-экономическими показателями.

В выше обозначенной области достаточно долгое время работу ведёт коллектив кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве» (МБСП) ФГБОУ ВПО «Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова». Сотрудниками кафедры выполнен ряд научных работ, затрагивающих вопросы физики процесса нанесения защитных порошковых покрытий сверхзвуковым газопламенным методом, исследован метод сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки) [2]. Изготовлена и запатентована установка СГП-наплавки. Ведутся исследования в области автоматизации процесса СГП-наплавки, результаты которых легли в основу описательной модели технологического процесса СГП-наплавки, позволившей определить методику и алгоритмы управления, реализовать функциональную схему объекта регулирования. По полученным данным разработана система регулирования расхода рабочих газов [3].

Сотрудниками кафедры МБСП, в рамках федеральной программы «Старт», была реализована опытно-промышленная установка (ОПУ) СГП-наплавки, предназначенная для производственных условий, не требующих высокого уровня автоматизации, а именно, нанесения порошковых покрытий на детали несложной формы. Данное устройство имеет механизацию перемещения горелки, генерирующей поток частиц для наплавки, систему защиты технологического процесса и систему регулирования параметров, позволяющую получать воспроизводимые условия нанесения защитных покрытий.

Проведённые испытания ОПУ СГП-наплавки на ряде объектов энергетики показали, что данная установка имеет большие перспективы, но требует дальнейшего совершенствования [4].

Одним из важнейших векторов развития и модернизации ОПУ были обозначены работы по обеспечению полноты качеств, необходимых для встраивания концептуального образца установки СГП-наплавки в систему оборудования производства энергетических установок. Поставлена задача модернизировать и реализовать новые инновационные решения в конструкции ОПУ, системе автоматического управления процессом наплавки и в системе обеспечения безопасности персонала. В результате проведённых работ должно появиться новое конструкторское решение, позволяющее реализовать ОПУ, обладающую достаточным набором свойств и качеств, явно выделяющих её из ряда подобных разработок других научно-исследовательских коллективов, конструкторских групп и фирм.

Внедрение установки в процесс производства энергетического оборудования позволит существенно повысить эксплуатационные свойства котельных агрегатов, поднять степень надёжности производства энергии на новый уровень. При этом экономическая отдача от внедрения процессов СПП-наплавки для нанесения защитных покрытий на узлы и агрегаты котлов с кипящим слоем, по самым скромным подсчётам, будет исчисляться миллионами рублей.

Литература

1. Рациональный подход к восстановлению деталей оборудования газотермическим напылением (обзор)/Ю.С. Коробов, В.И. Шумяков, А.С. Прядко// Машметсварка.- 2012.-№1.- С. 13-19.

2. Киселев, В.С. Повышение износостойкости наплавленных покрытий путем выбора рациональных технологических параметров на основе диагностики сверхзвуковых газопорошковых струй: автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук; [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова]. - Барнаул: 2009. - 21 с.

3. Черемисин, П.С. Разработка системы автоматического управления расходом рабочих газов в технологическом процессе сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий на элементы теплоэнергетических установок : автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук; [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова]. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - 20 с.: а-ил.; 21 см.

4. Маньковский, С.А. Повышение эксплуатационной стойкости поверхностей котлов с «кипящим слоем» путём создания защитных покрытий сверхзвуковой газопорошковой наплавкой: автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук/ [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова]. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - 24 с.: а-ил.; 24 см.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ БАЛКИ КОНЦЕВОЙ РАМЫ ТЕЛЕЖКИ КРАНА

Бычков Д.А. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

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

Современные задачи машиностроения поставлены таким образом, что необходимо решать не специализированные единичные задачи, а целый комплекс разносторонних задач, так как в условиях современной экономики максимальный эффект достигается при комплексном подходе к организации производства, на всех его стадиях, начиная от проектирования и заканчивая контролем качества продукции.

Цель работы – проектирование технологии сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана. Производство подъемно-транспортных машин является в большинстве случаев единичным либо мелкосерийным, для изготовления единицы продукции требуется большое количество металла. В настоящее время для максимального снижения риска получения брака, а, следовательно, материальных потерь и увеличения срока выполнения заказа, используются современные сварочные материалы и энергосберегающее оборудование. При наблюдающемся разнообразии оборудования, материалов, средств защиты и так далее, возможно нахождение наиболее эффективного варианта, индивидуально для специфики любого производства.

Мостовые краны являются одним из наиболее распространенных средств механизации различных производств, погрузочно-разгрузочных и складских работ. Мост крана состоит из двух основных частей: моста и тележки (рисунок 1). Рама тележки крана представляет собой жесткую сварную металлоконструкцию прямоугольной формы, состоящую из листового настила, продольных, поперечных балок и концевых балок, опирающихся на ходовые колеса.

Поперечную жесткость рамы тележки обеспечивает концевая балка, которая изготавливается из горячекатаного проката стали марки 09Г2С. Балка концевая изображена на рисунке 2.

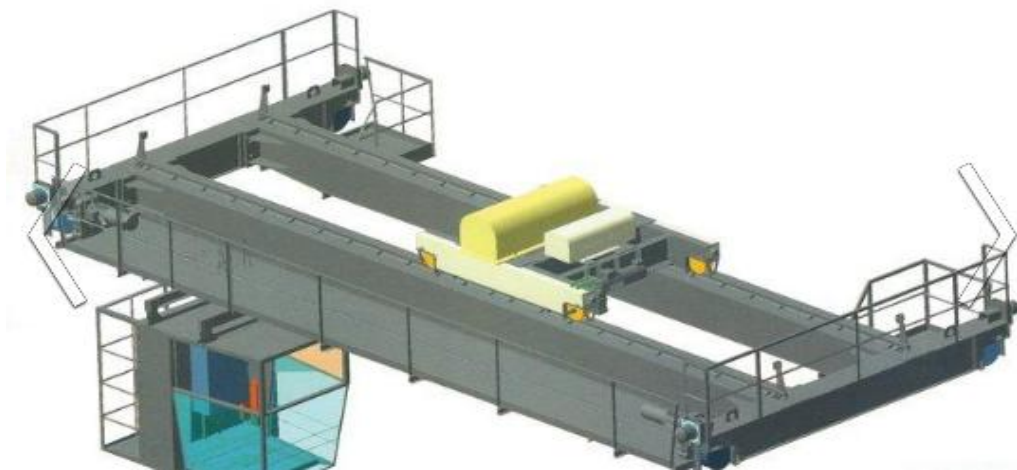


Рисунок 1 – Конструкция современного мостового крана

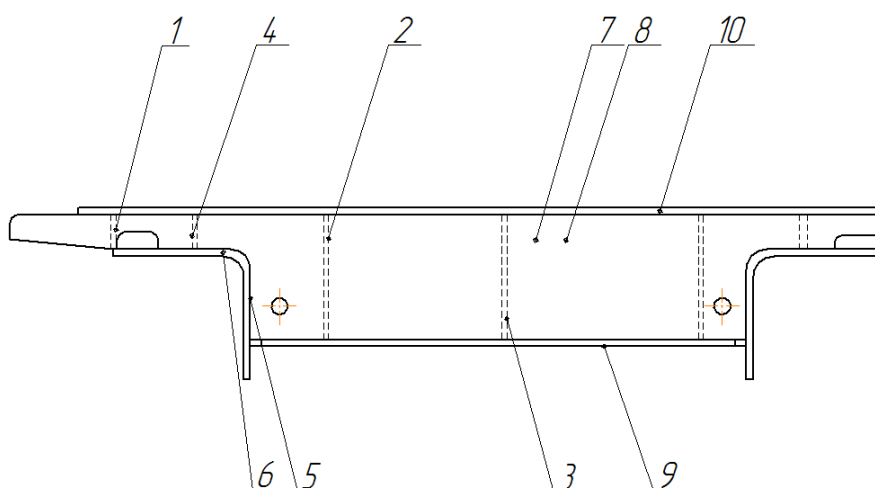


Рисунок 2 – Балка концевая рамы тележки крана:

1 – торцевой лист; 2 – ребро жесткости; 3 – диафрагма; 4 – лист; 5 – лист гнутый; 6 – лист гнутый; 7 – лист правый; 8 – лист левый; 9 – лист основания верхний; 10 – лист основания нижний

Анализ базового технологического процесса показывает, что используется устаревшее сварочное оборудование, которое приводит к низкому качеству и высокой себестоимости сварочного процесса, организация производства не предусматривает специализированных приспособлений для изготовления балки концевой.

Для решения данных технологических проблем предлагается:

1. Внедрение специализированных механизмов, а именно использование стенда для сборки и сварки;

2. Замена ручной дуговой сварки плавящимся электродом на механизированную сварку в среде углекислого газа, в виду схожести механические свойства наплавленного металла. Это позволит улучшить качество сварной конструкции, получить более глубокое проплавление корня шва с образованием мелкозернистой структуры, уменьшить пористость, увеличить скорость сварки;

3. Замена старого сварочного оборудования на современный сварочный полуавтомат, для улучшения качества сварной конструкции и повышения эффективности технологии изготовления балки концевой.

Предлагаемая технология сборки и сварки изображена на рисунке 3. Сборка и сварка балки концевой осуществляется на специализированном стенде (рисунок 4), где балка поэтапно собирается и сваривается. Приспособление для сварки представлено на рисунке 5.

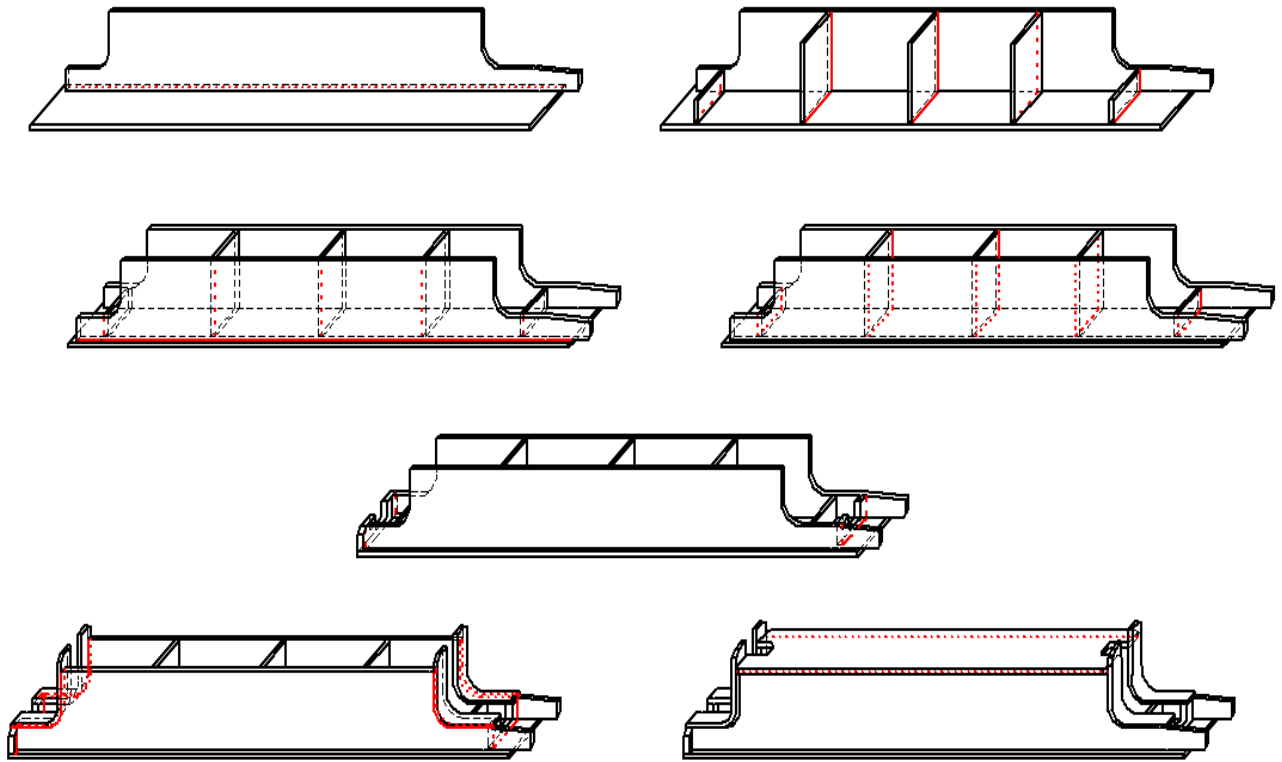


Рисунок 3 – Предлагаемая технология сборки и сварки балки концевой рамы тележки крана

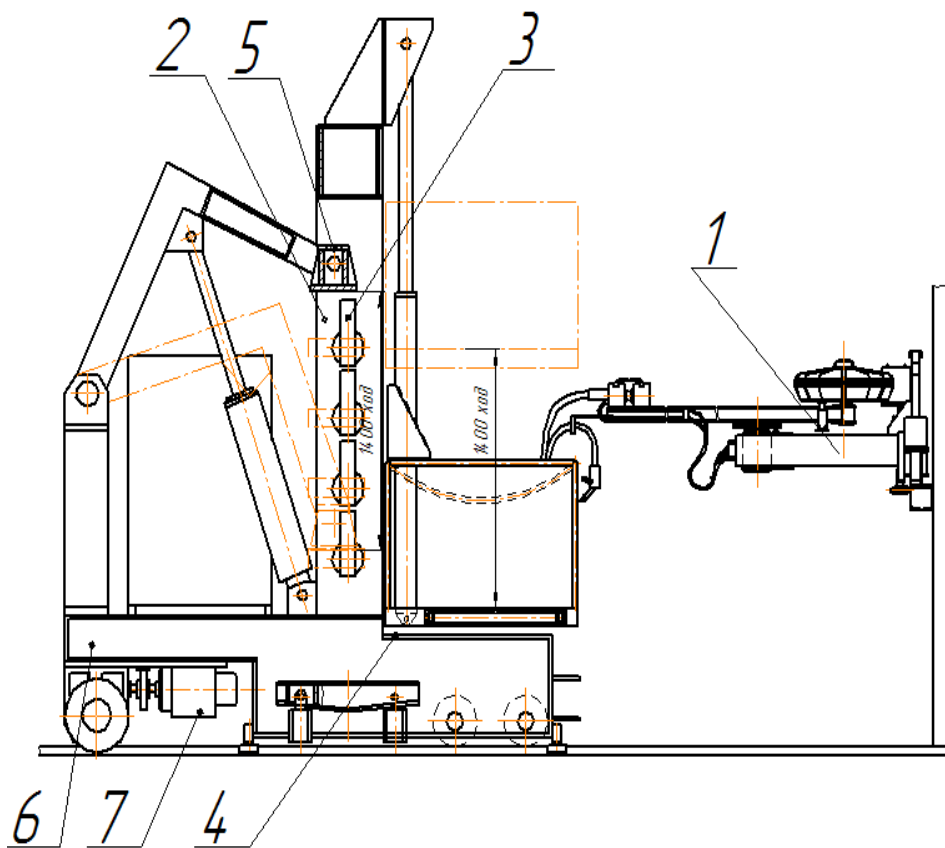


Рисунок 4 – Специализированный стенд для сборки и сварки балки концевой:
 1 – приспособление для сварки; 2 – рама; 3 – пневмозахват; 4 – сборочная плита; 5 – пневмоцилиндр; 6 – тележка; 7 – двигатель

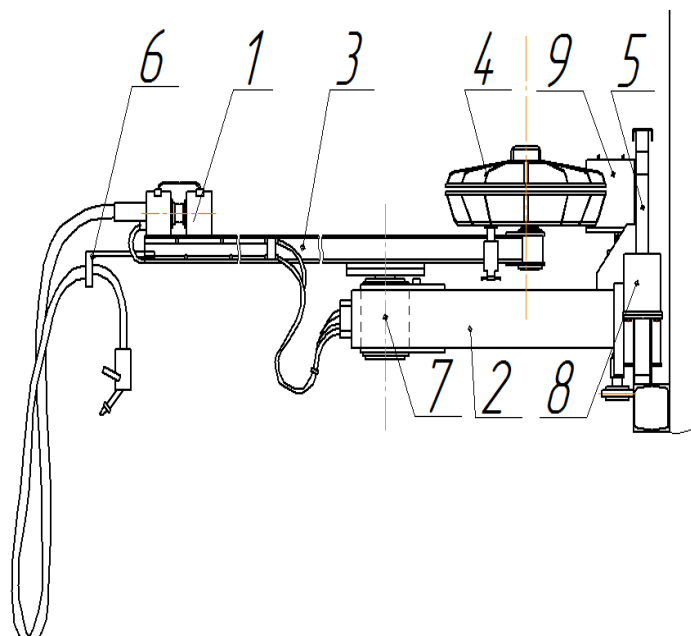


Рисунок 5 – Приспособление для сварки балки концевой:

1 – механизм подачи проволоки; 2 – рама; 3 – поворотная стрела; 4 – катушка; 5 – подставка; 6 – кронштейн; 7 – механизм вращения; 8 – тележка; 9 – источник питания

Разработанная технология позволяет улучшить условия труда производственных рабочих, сократить время сборки и сварки, повысить качество выпускаемой балки концевой.

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НАПЛАВОЧНЫХ ПРОЦЕССОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГАЗОПОРОШКОВЫХ СТРУЙ

Радченко Т.Б. – д.т.н., профессор, Киселев В.С. – к.т.н., доцент,
Палаткин Н.Н. – аспирант

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

Коллектив кафедры «Малый бизнес в сварочном производстве» (МБСП) ФГБОУ ВПО «Алтайского государственного технического университета им. И. И. Ползунова» проводит исследования в области изучения процессов нанесения защитных покрытий сверхзвуковым газопламенным методом. Кафедра сварки осуществляет работу по разработке и внедрению оборудования нанесения защитных покрытий в производственные процессы, в частности на предприятиях производящих котлы с кипящим слоем.

Сотрудниками кафедры выполнен ряд научных работ, затрагивающих вопросы физики процесса нанесения защитных порошковых покрытий сверхзвуковым газопламенным методом, исследован метод сверхзвуковой газопорошковой наплавки (СГП-наплавки) [1,2]. Изготовлена и запатентована установка СГП-наплавки. Ведутся исследования в области автоматизации процесса СГП-наплавки [3].

На кафедре МБСП реализована опытно-промышленная установка (ОПУ) СГП-наплавки предназначенная для производственных условий, не требующих высокого уровня автоматизации [3].

Испытания ОПУ СГП-наплавки на производственных площадях «Бийского котельного завода» показали, что данная установка имеет большой потенциал, но требует дальнейшего совершенствования [4]. Для развития технологии СГП-наплавки была поставлена задача модернизировать систему автоматического управления и реализовать новые инновационные решения в конструкции установки. В результате проведенных работ должно появиться новое конструкторское решение, которое позволит реализовать модернизированную ОПУ, обладающую достаточным набором свойств и качеств, явно выделяющих её из ряда

подобных разработок других научно-исследовательских коллективов, конструкторских групп и фирм.

Разработка САУ устройства СГП-наплавки вызывает ряд сложностей, обусловленных отсутствием эффективных методов синтеза моделей управления, позволяющих разрабатывать для данных технических объектов достаточно простые, но качественные законы (алгоритмы) управления и регуляторы. При создании первой конструкции системы регулирования параметров процесса СГП-наплавки использовалась методика грубого отбора альтернатив на стадии проектировочных расчётов и в дальнейшем, с экспериментальной отработкой. Задачи построения алгоритмов управления решались аналитически, не использовалось детальное моделирование процесса СГП-наплавки. При этом при решении задачи синтеза описательной модели для устройства СГП-наплавки возникали трудности, связанные с недостаточностью априорной информации о параметрах и характеристиках сложного динамического объекта, которой является сверхзвуковая газопорошковая струя, сложностью получения массива данных о взаимодействии сверхзвукового двухфазного потока с поверхностью конструкционного материала и протекании процесса наплавки. Окончательная структура системы регулирования формировалась на стадии экспериментальной отработки процесса нанесения покрытий. В результате, при эксплуатации системы регулирования, были выделены следующие недостатки: работа с установкой требует хорошо подготовленного персонала в связи со сложностью настройки технологического процесса, а каждые новые условия проведения наплавочных операций требуют больших затрат времени и материальных ресурсов.

Из проведённого анализа реализованной системы регулирования, были сделаны выводы о некорректности реализации алгоритмов управления, без детального анализа корреляции получаемых рабочих характеристик к механизму и кинетике формирования наплавляемых покрытий, а также применения методов линейной теории управления. При этом опираться при прогнозировании параметров качества наплавляемого покрытия только на зависимости, эмпирически обозначенных значений энергии сверхзвукового пламени и расходов рабочих газов в ограниченной рабочей зоне, является не совсем обоснованным решением. Как следствие, адаптация к различным технологическим условиям требует обучения на основе проведения множества экспериментов и построения эмпирических рабочих зон путём объёмных расчётов и вычислений. Выход за пределы обозначенных рабочих коридоров приводит к слабой предсказуемости показателей качества покрытий и требует проведения лабораторных исследований для каждого новых условий проведения технологического цикла.

Основываясь на вышесказанном, возникла необходимость в разработке модернизированной системы автоматического управления (САУ) процессом СГП-наплавки. При этом является некорректным применение только лишь аналитического подхода, в связи с высокой сложностью физических процессов, протекающих при сверхзвуковой газопорошковой наплавке. Объединение алгоритма решения и упрощённой блок-структуры процесса, из полученного опыта, не даст положительных результатов для широкого спектра выполняемых задач. Такой подход не позволит провести обоснованный выбор альтернативных решений на начальной стадии проектирования. По этим причинам требуется решения задачи о проведении моделирования процесса СГП-наплавки, вычислении необходимого объёма данных в максимально широкой области рабочих характеристик, исследовании поведения сверхзвуковой газопорошковой струи в рабочих зонах. Также требуется оценить резервы повышения качества процесса СГП-наплавки. Для проведения вычислительно-логических операций необходима математическая модель (ММ) процесса СГП-наплавки. В связи с этим, первым этапом в решении обозначенных проблем является создание таковой, и адаптация ММ к конкретному оборудованию, с последующей экспериментальной апробацией.

Математическая модель процесса СГП-наплавки ляжет в основу создаваемой вычислительной структуры модели управляющего устройства, способной автоматически адаптироваться к различным условиям технологического процесса в максимально широком

диапазоне входных/выходных параметров. Сформированный программно-вычислительный комплекс позволит получить систему, менее критичную к наличию высококвалифицированного технологического персонала, и будет осуществлять принцип «сложно внутри, просто снаружи». В случае реализации продуманного высокоуровневого интерфейса, оборудование не будет требовать больших временных затрат в освоении, а программно-вычислительный комплекс, использующий адаптивные модальные принципы управления, будет способен исправлять возможные ошибки оператора. С учётом достаточной организации замкнутых контуров обратной связи и алгоритмов управления, позволяющих формировать «сверхузкий» коридор отклонения технологических параметров, появится возможность реализовать опытную установку СПП-наплавки, адаптированную под жесткие производственные условия энергетики, а так же ряда других применений.

Литература

1. Радченко, М.В. Комплексные методы исследований в технологии и материаловедении защитных покрытий: учебное пособие / М.В. Радченко, В.Г. Радченко, Ю.О. Шевцов; [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова] – Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 1995. – 56 с.
2. Киселев, В.С. Повышение износостойкости наплавленных покрытий путем выбора рациональных технологических параметров на основе диагностики сверхзвуковых газопорошковых струй : автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук; [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова]. - Барнаул: 2009. - 21 с.
3. Черемисин, П.С. Разработка системы автоматического управления расходом рабочих газов в технологическом процессе сверхзвуковой газопорошковой наплавки защитных покрытий на элементы теплоэнергетических установок : автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук; [Алт. гос. техн. ун-т им. И. И. Ползунова]. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - 20 с.: а-ил.; 21 см.
4. Маньковский, С.А. Повышение эксплуатационной стойкости поверхностей котлов с «кипящим слоем» путём создания защитных покрытий сверхзвуковой газопорошковой наплавкой: автореф. дис. на соиск. учен.степ. канд. техн. наук/ [Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова]. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2008. - 24 с.: а-ил.; 24 см.

ТЕХНОЛОГИЯ МОНТАЖНОЙ СВАРКИ ПРИ РЕМОНТЕ СТЕНКИ РЕЗЕРВУАРОВ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТАЛЬНЫХ

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

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

Резервуары вертикальные стальные служат для хранения нефти и нефтепродуктов (бензина, дизельного топлива, керосина, мазута) других жидкостей, в том числе и как противопожарные и топливные. Вертикальные резервуары для хранения нефтепродуктов являются наиболее доступным по цене видом хранилищ.

Элементы, формирующие объем резервуара, такие как стенка, крыша и днище изготавливают в 80% случаев из конструкционной низколегированной стали марки 09Г2С (таблица 1).

Таблица 1 – Химический состав стали марки 09Г2С

Марка стали	C, %	Si, %	Mn, %	Ni, %	Cu, %	Cr, %
09Г2С	до 0,15	0,5..0,8	1,3..1,7	до 0,30	до 0,30	до 0,03

Наиболее часто встречаемыми дефектами при эксплуатации резервуаров, при исправлении которых производят замену поврежденных листов, являются коррозионные язвы, хлопунуны и гофра.

Коррозионная язва (рисунок 1) чаще всего встречаемый дефект, возникающий при использовании резервуара для хранения агрессивных сред (нефть). В основном этому

дефекту подвержено днище, часть стенки сопряженная с днищем и верхние пояса стенки. Она разъедает металл, чем уменьшает толщину металла.



Рисунок 1 – Коррозионная язва: а – поверхностная; б, в – сквозная

Хлопун и гофра – дефекты, возникающие так же вследствие использования резервуара из-за термических перепадов в разное время года, перепадов давления внутри резервуара. Хлопун (выпучина, вмятина) и гофра – местные неровности, нормированные нормативно-технической документацией (НТД).

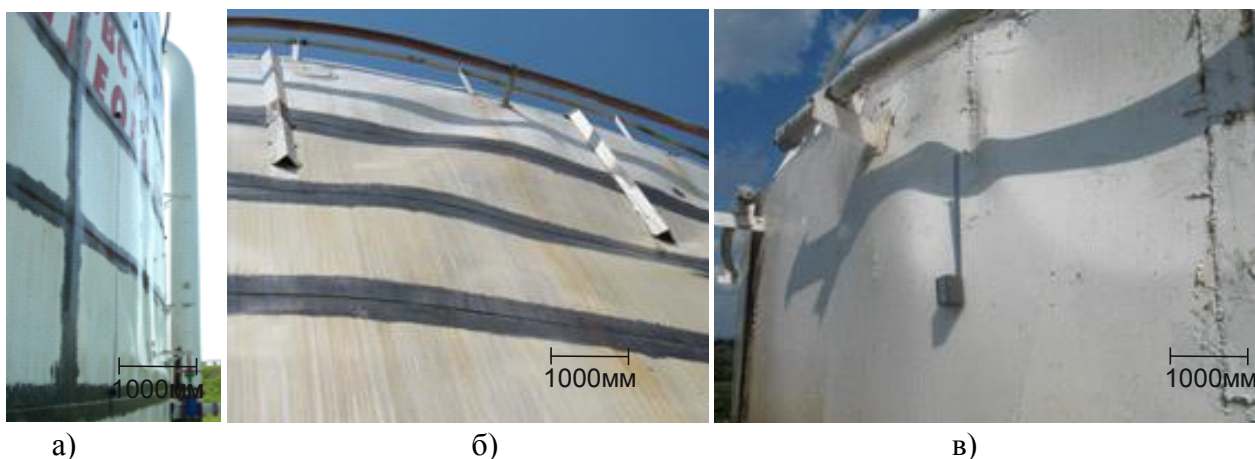


Рисунок 2 – Местные неровности: а, б – гофра; в – хлопун

Основным и наиболее используемым методом исправления данных дефектов на монтажно-строительной площадке является удаление дефектных листов, монтажа и сварки новых по средствам ручной дуговой сварки (РД) или механизированной сварки в среде защитного газа (МП).

В связи с увеличением объемов ремонтно-восстановительных работ резервуаров вертикальных стальных (РВС), возведенных в 50...60-х годах прошлого века и небольшой производительностью ручных и механизированных способов сварки, а также для устранения характерных дефектов проявляющихся при ремонте.

Перспективным методом ремонта является автоматическая сварка самозащитной порошковой проволокой. В связи с этим целью работы являлась разработка технологии монтажной сварки при ремонте стенки резервуара.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи по модернизации типовой технологии:

- 1.Повышение качества сварных соединений, за счёт устранения характерных дефектов при сварке на монтаже;
- 2.Увеличения производительности ремонта.

Типовая технология предусматривает сварку заменяемых листов со стенкой по средствам механизированной сварки плавящимся электродом в среде защитного газа и заключается в 4-х этапах:

1. Вырезка отбракованных листов стенки при помощи газокислородной горелки и последующего удаления. Правка по необходимости и зачистку торцов;
2. Сборка на монтажные приспособления по периметру вырезанного проема;
3. Постановка прихваток, частичное или полное удаление приспособлений;
4. Сварка. Сварку производят в последовательности: вертикальные, горизонтальные, уторные швы, обратноступенчатым способом от центра заменяемого листа к краю с выходом на соседние листы. Механизированная сварка двусторонних многопроходных многослойных швов стыковых соединений с V-, X-образным скосом кромок.

Предложенная технология автоматической сварки самозащитной порошковой проволокой заключается в 4-х этапах, подобно типовой с некоторыми особенностями:

1. Вырезка отбракованных листов стенки при помощи газокислородной горелки и последующего удаления, с дополнительным подрезом сварных соединений сопрягаемых листов и шлифовкой. Это позволит сварочной каретке сделать замки, используя шлифованный и частично выбранные сварные соединения как заход или выход, что позволит сварочной каретке выйти на режим до сварки нового листа со стенкой, что уменьшит вероятность прожога при сварке корня шва. Правку торцов произвести по необходимости. Очистить листы от заусениц, ржавчины, грязи, масла, влаги. Осмотреть поверхность и кромки листов. На кромках не должно быть надрывов и трещин;

2. Сборка на монтажные приспособления;

3. Постановка прихваток, частичное удаление приспособлений. С одного конца лист оставить зафиксированным на монтажных приспособлениях, прихватки не ставить. Приспособления зафиксируют лист в необходимом положении, при этом, жестко не фиксируя, что позволит при каких-либо не стыковках поправить положение.

4. Производим монтаж гибких рельс, устанавливаем сварочную каретку и приступим к сварке как показано на рисунке 3, от центра заменяемого листа к краю с выходом на соседние листы. Рельс – приспособление для удержания сварочной каретки в любом положении, даже на изогнутой поверхности, за счет вакуумных присосок (либо магнитов). Для реализации автоматизации сварочного процесса применяется тоже сварочное оборудование (источник питания и подающее устройство), что и при типовой сварочной технологии в совокупности со сварочной кареткой. Сварку производят в последовательности: вертикальные, горизонтальные, уторный швы, автоматической сваркой двусторонних многопроходных швов стыковых соединений с V-, X-образным скосом кромок.

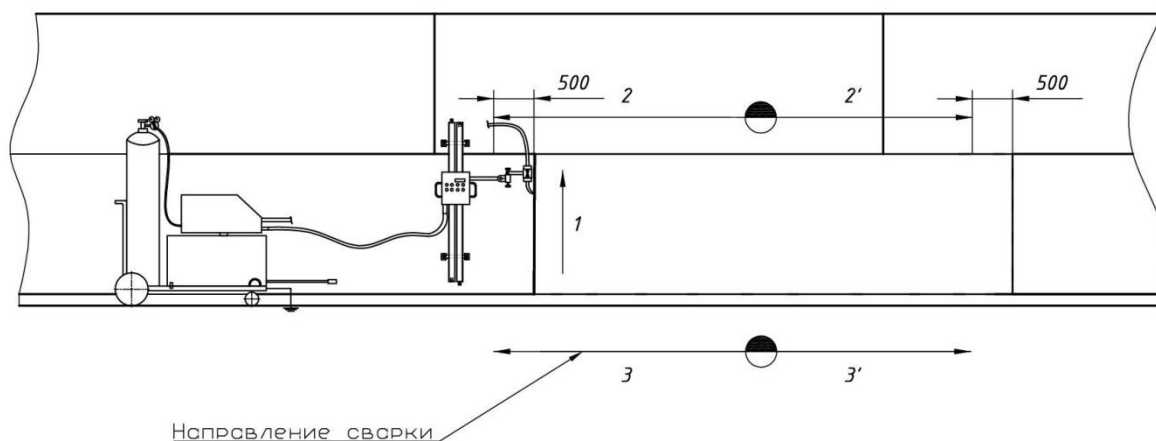


Рисунок 3 – Эскизная схема разработанной технологии монтажной сварки

При рассмотрении двух технологий выявились следующие достоинства и недостатки.

Достоинства предлагаемой технологии перед типовой:

- повышение качества сварных соединений, за счёт устранения характерных дефектов (например, процессу сварки в CO_2 характерны узкое и глубокое проплавление основного

металла, препятствующее хорошей дегазации металла шва и способствующее образованию горячих трещин, пор, свищей);

- увеличение скорости сварки (при сварке корня шва до 1,86 раза, а заполняющих проходов до 2..3раз – за счет уменьшения количества проходов);

- снижение трудоемкости сварки за счет автоматизации процесса, как следствие безупречная геометрия сварных соединений, меньшие деформации в сравнении с МП, снижение квалификации сварщика до уровня оператора.

Недостатки предлагаемой технологии перед типовой:

- удорожание сварочных материалов;

- увеличивается трудоемкость сборки и подгонки деталей.

Таким образом, оптимальным является использование оборудования для механизированной сварки в совокупности со сварочной кареткой и омедненной проволокой сплошного сечения в среде защитного газа, с применением защиты зоны сварки от ветра и изменением режимов сварки. Проблему сдува защитного газа можно решить укрытием зоны сварки.

Типовая технология успешно применяется на предприятиях ОАО «Газпром» и ОАО «АК «Транс Нефть» на опасных технических устройствах НГДО и ОХНВП, при развитии и реализации предлагаемой технологии в монтажных условиях возможно ее применять по всей стране и не только на данных предприятиях.

Литература

1. РД-23.020.00-КТН-283-09 «Правила ремонта и реконструкции резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб. м».

2. РД-25.160.10-КТН-050-06 «Инструкция по технологии сварки при строительстве и ремонте стальных вертикальных резервуаров».

3. РД-23.020.00-КТН-079-09 «Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1000-50000 куб. м».

4. ОТТ-25.160.00-КТН-219-09 «Требования к сварочному оборудованию и сварочным материалам, применяемым на объектах ОАО «АК «Транснефть». Общие технические требования».

5. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки: Учеб. для проф. учеб. заведений. – М.: Высш.шк.; Изд. центр «Академия», 1997. – 319 с.: ил.

ТЕХНОЛОГИЯ СВАРКИ САМОЗАЩИТНОЙ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКОЙ РЕЗЕРВУАРА ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ВЗРЫВО–ПОЖАРООПАСНЫХ ВЕЩЕСТВ

Бабкин К.А. – студент, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент

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

Резервуар стальной вертикальный цилиндрический (РВС) – наземное строительное сооружение, предназначенное для приема, хранения и выдачи жидкости.

Вертикальные цилиндрические резервуары предназначены для хранения нефти, нефтепродуктов, других жидкостей и газов. Резервуары объемом 5000 м³ сооружают со стационарной конической крышей. Такие резервуары считаются небольшими. В крупных резервуарах применяют плавающие крыши.

При изготовлении вертикальных цилиндрических резервуаров больших размеров из листового проката основной объем работ необходимо выполнять на заводе-изготовителе, расчлняя конструкции на элементы как можно больших размеров, допустимых при транспортировке по железным дорогам, водным и воздушным транспортом.

Размеры элементов конструкций, перевозимых к месту монтажа, не должны превышать габариты подвижного состава железных дорог.

Для этого был разработан метод рулонирования полотнищ большого размера из листового проката толщиной до 16-18 мм. Применение высокопрочных сталей и конструктивных новшеств позволяет использовать прогрессивный метод рулонирования и для более крупных цилиндрических резервуаров.

При изготовлении и монтаже резервуаров, по ГОСТ 31385-2008, применяют следующие электродуговые способы сварки:

- механизированную дуговую сварку плавящимся электродом в защитном газе;
- автоматическую дуговую сварку плавящимся электродом под флюсом;
- механизированную дуговую сварку самозащитной порошковой проволокой;
- механизированную дуговую сварку самозащитной порошковой проволокой в среде защитных газов;
- ручную дуговую сварку.

Для сварки резервуара РВС 40000 м³ в торговом порту Морской поселка Усть-Луга была выбрана механизированная дуговая сварка плавящимся электродом в защитном газе. Данный вид сварки было предложено заменить на механизированную сварку самозащитной проволокой для устранения следующих недостатков:

- при скорости ветра выше 2 м/с требуется установка ветровой защиты;
- проблема транспортировки баллонов с газом на высоту.

Стали, используемые для изготовления конструкций резервуаров должны соответствовать требованиям действующих стандартов и технических условий. Контроль качества – соответствовать требованиям проектной документации.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СТЕНЫ БОКОВОЙ ВЕСОПОВЕРОЧНОГО ВАГОНА

Шадров Р.Ю. – студент, Сейдуров М.Н. – к.т.н., доцент

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

Вагоностроение является одной из ведущих отраслей промышленности. Это связано с выпуском большого количества вагонов различных серий и их модификаций.

Весопроверочный вагон служит для проверки железнодорожных вагонных весов на станциях и относится к типу специализированных. Весопроверочный вагон модели А-300 (рисунок 1) оборудуется двухосными тележками модели 18-100, пневматическим автотормозом, автосцепным устройством, приводом стояночного тормоза, выдвижной стрелой с электропроводом и установленным на ней передвижным тельфером грузоподъемностью 2 т для погрузки и разгрузки весопроверочных тележек и образцовых гирь.



Рисунок 1 – Весопроверочный вагон модели А-300

Анализ базового технологического процесса на ОАО «Алтайвагон» показывает, что используется устаревшее сварочное оборудование, которое приводит к низкому качеству и высокой себестоимости сварочного процесса, а так же то, что на заводе данный вагон изготавливается в штучном количестве. Это условие создает препятствие для механизации и автоматизации операций сборки и сварки. Вследствие этого на данном предприятии применяется ручное или частично механизированное оборудование для сборки, сварка производится механизированным способом в среде углекислого газа.

Перечисленные факторы указывают на высокую трудоемкость изготовления вагонов данной серии. Для повышения производительности труда и снижения трудоемкости изготовления стены предлагается:

- все узлы и элементы изделия собирать и сваривать в специализированных кондукторах и стендах;
- для поворота узлов стены в удобное для сварки положение использовать кантователи;
- замена старого сварочного оборудования на современный сварочный выпрямитель инверторного типа для улучшения качества сварной конструкции и повышения эффективности технологии изготовления стены боковой.

На базовом предприятии для сварки стены боковой применяется автомат АДФ-1002 и полуавтомат А-1711 с выпрямителем ВС-600. Исходя из анализа базового техпроцесса и исходных данных, выбираем сварочное оборудование инверторного типа марки ДС 400.33УКП с ПМ-4.33

Для увеличения производительности труда применили специально разработанное оборудование, так же уменьшили количество ОПР. Предполагается, что все эти операции позволят снизить трудоемкость на 38% и уменьшить себестоимость на 13%.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ, МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ В СРЕДЕ АКТИВНЫХ ГАЗОВ БАЛКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ТАЛИ

Белоплотов И.В. – студент, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент

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

Балка электрической тали относится к подъемно-транспортному оборудованию и входит в состав крана мостового электрического однобалочного опорного.

Конструкция балки электрической тали состоит из проката горячекатаной двутавровой балки 45М выполненной по ГОСТ 19425-74, из стали марки 09Г2С.

Для изготовления данной конструкции применяется механизированная сварка в среде активных газов (CO_2), с подачей сварочной проволоки сплошного сечения Св08Г2С.

Рассматриваемое изделие – балка электрической тали, представляет собой балочную конструкцию, выполненную из сортового горячекатаного проката. Изделие изготавливается из двух заготовок. Заготовки требуют выполнения резки сложной криволинейной конфигурации. Сварные швы выполняются в различных пространственных положениях, что требует поворота изделия в удобное для сварки положение и применение кантователя. Эти сварные швы имеют небольшую протяженность (до 170 мм), что позволяет применить механизированную сварку в среде активных газов. Самыми сложными и протяженными швами являются стыковочные швы двух заготовок протяженностью до 300 мм. Данные сварные соединения являются прямолинейными и доступными. Их расположение в пространстве совпадает с наиболее удобным для сварки нижним положением. Большая протяженность, доступность и прямолинейность данных соединений позволяет применить механизированную сварку в среде активных газов.

Предприятие ХК «Алтайталъ» производит штучное изготовление балок электрической тали, что создает препятствие для механизации и автоматизации операций резки, сборки и сварки. В результате анализа технологии изготовления балки, выявлен ряд недостатков, а именно:

- резку заготовок из двутавра производят газокислородной резкой;

– при изготовлении балки электрической тали предпочтение отдается ручной дуговой сварке покрытыми электродами, и лишь на некоторых операциях используется механизированная сварка в среде углекислого газа;

– источники питания, используемые на предприятии, морально устарели, имеют низкий КПД, не предусмотрено наличие систем по снижению разбрызгивания.

Все эти факторы вносят свой вклад в потерю энергии, в увеличение объемов используемых материалов, увеличение срока изготовления и как следствие ведет к увеличению себестоимости выпускаемой продукции. Для повышения производительности процесса резки, сборки и сварки балки электрической тали предлагается:

– изготовление заготовок балки производить плазменной резкой;

– для изготовления балки электрической тали полностью заменить ручную дуговую сварку на механизированную сварку в среде активных газов на базе комплекта Magster 500 W Plus;

– перемещение-переворот на 180° балки, для сварки, осуществлять кантователем.

Главным достоинством предлагаемой технологии, является снижение времени на резку и сборку, увеличение скорости сварки до трех раз, заявленной производителем, хорошая геометрия сварных соединений, так как возможно наблюдать и контролировать в процессе сварки геометрию шва.

Преимущества предлагаемого способа сварки по сравнению с традиционным заключается в повышении качества сварного соединения. Способ обеспечивает возможность сварки в различных пространственных положениях, визуального наблюдения за образованием шва, высокие механические свойства соединения, высокую производительность и легкость механизации.

ТЕХНОЛОГИЯ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКИ ДЫШЛА БОРОНЫ

Шарый И.В. – студент, Тимошенко В.П. – к.т.н., доцент

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

Современные задачи машиностроения сводятся к решению не специализированных узких задач, а к реализации комплекса разносторонних задач, так как в условиях современной экономики максимальный эффект достигается при комплексном подходе к организации производства, на всех его стадиях, начиная от проектирования и заканчивая контролем качества продукции.

На первый план решения производственных задач выходят такие как: улучшение качества выпускаемой продукции за счет использования современного сборочно-сварочного оборудования и технологий, унификации технологических процессов, повышения квалификации персонала и, как следствие, увеличение прибыли.

В данной работе рассматривается вопрос усовершенствования технологии сборки и сварки дышла бороны. Дышло относится к балочным конструкциям, входит в состав саницы и служит для передачи тягового усилия от фаркопа трактора к бороне.

Актуальность работы заключается в том, что в ней предлагается заменить устаревшее сварочное оборудование, используемое при сварке изделия, на современное, а также внедрить специализированную технологическую оснастку. Усовершенствование технологического процесса повысит производительность сварочных работ и качество выпускаемой продукции.

В ОАО «АНИТИМ» не предусмотрено использование сборочно-сварочного оборудования. Изделие собирается по меловой разметке, что негативно сказывается на качестве изделия, в этом случае снижается точность и увеличивается время сборки. Для повышения качества изделия предлагается использовать сборочно-сварочные приспособления и кантователь. Одновременно предлагается заменить устаревшую конструкцию источника питания на инверторный источник питания Форсаж-302 с механизмом подачи проволоки Форсаж-МП5. Этот сварочный аппарат универсален и

обеспечивает сварку в комплекте с полуавтоматом металлоконструкций сплошной сварочной омедненной и порошковой проволокой, а также штучными электродами или неплавящимся вольфрамовым электродом в среде инертных газов.

Предлагаемая конструкция кантователя обеспечит сварку в наиболее удобных положениях. Для наложения швов используется полуавтоматическая сварка в среде углекислого газа.

Проверка качества сварных соединений осуществляется с помощью визуально-измерительного контроля, ультразвуковой дефектоскопии и механическими испытаниями.

ВЫСОКОИЗНОСОСТОЙКИЙ, ВЫСОКОТЕПЛОСТОЙКИЙ НАПЛАВОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ

Елагин Д.Н. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор
Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)

Научно-технический прогресс в машиностроении неразрывно связан с созданием новых материалов и их экономным расходованием, в том числе при изготовлении различных видов режущего и штампового инструмента.

Целью настоящей работы является исследование высокоизносостойкого, высокотеплостойкого сплава рекомендуемого для наплавки режущего и штампового инструмента. В настоящее время в качестве наплавочных материалов для режущего и штампового инструмента используют в основном инструментальные стали и сплавы, содержащие остродефицитные и дорогостоящие легирующие элементы такие как: вольфрам, кобальт и молибден.

В данной работе исследовали новый высокованадиевый наплавочный материал, выплавленный на основе переплавки отходов быстрорежущей стали Р6М5, следующего химического состава (%): 2,25-2,35С; 2,75-3,25 W; 2,25-2,75Мо; 4,2-4,6Cr; 9,5-10,5 V; 1,1-1,3 Si; 0,01-0,06 Се.

Для получения высокой твердости, теплостойкости и износостойкости сплавов требуется сложная их легированность с большим количеством карбидной фазы, но при этом материал приобретает высокую хрупкость, плохо деформируется и становится мало пригодным к эффективному использованию.

С повышением суммарного содержания вольфрама и молибдена в литых быстрорежущих сталях и сплавах увеличивается доля карбидов M_6C с большим удельным объемом и в структуре образуется грубая эвтектическая сетка. Удельный объем на один атом углерода карбида M_6C составляет 50,1 грамм-атома в $см^3$. Известно, что увеличение суммарного содержания вольфрама до 12 % повышает эксплуатационные характеристики быстрорежущих сталей, а дальнейшее увеличение не значительно влияет на их основные свойства. Если в кованных быстрорежущих сталях оптимальное содержание вольфрама составляет 12%, то для литых сталей оно не должно превышать 8 %. Существующее противоречие зависимости прочности и хрупкости от объема карбидных фаз, можно решить с легированием сталей и сплавов карбидообразующими элементами, имеющими наименьший удельный объем карбидной фазы. Одним из таких элементов является ванадий. Удельный объем карбида VC в 5,5 раза меньше, чем у карбидов M_6C , и составляет 8,9 грамм-атом в одном $см^3$.

Увеличение концентрации ванадия принципиально важно для эвтектических вольфрамомолибденовых сплавов. Повышая концентрации ванадия до 10%, в вольфрамомолибденовых наплавляемых сплавах наблюдается отсутствие сплошной эвтектической сетки, что приводит к повышению износостойкости сплава и снижению его хрупкости. В микроструктуре наплавочных высокованадиевых, вольфрамомолибденовых исследуемых сплавов наблюдается большое количество карбидов VC с меньшим удельным объемом, в виде «снежинок» и отдельных включений, равномерно распределённых на поле шлифа.

Присутствие прерывистой эвтектической сетки значительно улучшает механические свойства, а избыточные карбиды повышают износостойкость наплавленного металла.

После закалки при температуре 1220-1230°C, с предварительным нагревом, микроструктура состоит из тонкой прерывистой карбидной сетки на фоне мартенсита и остаточного аустенита. Отпуск производили при температуре 560°C, три раза по одному часу.

Твердость после закалки и отпуска исследуемого сплава равняется HRCэ 67-68, Теплостойкость HRCэ 61,5-59,5, при нагревах 6400 и 6600 °C 4 часа соответственно. Для сравнения, у стали Р6М5Л, полученной переплавкой из отходов эти значения составляют соответственно HRCэ 57 и 54.

Прочность при изгибе V-Мо-W составляет 2100-2150 МПа, против 1850-1950 МПа для литой стали Р6М5Л.

Ударная вязкость 0,09-1,0 МДж/м, против 0,06-0,07 МДж/м для стали Р6М5Л.

Износостойкость в 3-4 раза больше, чем у стали Р6М5Л.

ПРИСАДОЧНЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ДУГОВОЙ СВАРКИ ПОД ФЛЮСОМ

Куницын М.В. – студент, Шабалин В.Н. – к.т.н., профессор

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

Научно-технический прогресс в различных отраслях промышленности, в том числе строительстве, связан с использованием новых материалов, внедрением новых прогрессивных технологий и оборудования.

Однако новые высокопрочные стали типа 10ХСНДА и 15ХСНДА используемые в мостостроении не обладают достаточным уровнем хладостойкости в сварных соединениях полученных дуговой сваркой под флюсом при -60°C.

Целью настоящей работы является повышение хладостойкости сварных соединений изделий из сталей, микролегированных сильными карбидообразующими элементами, типа 10ХСНДА и 15ХСНДА, полученных однопроходной дуговой сваркой, при использовании стандартных проволок и флюсов.

Вопрос повышения качества сварного соединения путем увеличения ударной вязкости при температуре -60°C при односторонней дуговой сварки под флюсом изделий из сталей, микролегированных сильными карбидообразующими элементами, типа 10ХСНДА и 15ХСНДА, применяемых в настоящее время для изготовления мостовых конструкций при использовании стандартных сварочных проволок и флюсов является весьма актуальным.

Повышение хладостойкости данных сварных соединений удалось достичь, разработав присадочный материал, содержащий бескислородную соль щелочного металла и рубленую сварочную проволоку, а также добавки алюминия, церия и никеля. Алюминий введен в присадочный материал для дополнительного раскисления металла сварочной ванны. Содержание ограничено 0,2-0,3%. Введенный в пределах 0,4-1,2% церий, являясь активным десульфатором, уменьшает количество сульфидной эвтектики ванадия и переводит ее из пленочной в глобулярную форму. Дополнительное легирование никелем увеличивает ударную вязкость металла шва и зоны сплавления, как при комнатной, так и при пониженной температуре.

Рекомендуемый присадочный материал для дуговой сварки под флюсом изготавливается при следующем содержании компонентов, масс. %: порошок бескислородной соли щелочного металла 0,5-0,8, порошок алюминия 0,2-0,3, порошок церия 0,4-1,2, порошок никеля 4,0-6,0 рубленая сварочная проволока диаметром 1-2 мм, длиной до 2 мм. Для исследования влияния присадочного материала выполняли стыковое сварное соединение стали 10ХСНДА толщиной 12 мм в щелевую разделку. Соединение собиралось без разделки кромок с зазором. Ширина зазора 8-10 мм. После сборки стык на всю высоту заполняется присадочным материалом.

Сварка выполнялась под слоем флюса на автомате АДФ-1002 на медной подкладке. Из сварного соединения согласно ГОСТ 6696 изготавливали ударные образцы размером 10 x10 мм с U-образным надрезом. Надрез наносился по линии сплавления. Ударная вязкость сварного соединения не должна быть менее 29 Дж/см² вплоть до температуры -60 °С в соответствии ГОСТ 6713. Использовалась стандартная сварочная проволока Св-10НМА (ГОСТ 2246-70) и флюс АН47 (ГОСТ 9087-81).

В результате испытаний установлено, что применение предлагаемого присадочного материала для дуговой сварки под флюсом позволяет получить металл шва и зоны сплавления с ударной вязкостью не ниже 29 Дж/см², то есть удовлетворяющей требованиям ГОСТ 6713-91, вплоть до температуры -60⁰С.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ БАРАБАНА СВАРНОГО КОТЛА ПАРОВОГО СЕРИИ КЕ

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

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

Целью представленной работы является разработка технологии сборки и сварки барабана сварного котла парового.

Задачами данной работы были:

1. Проанализировать технологичность изделия.
2. Выбрать и обосновать способ сварки.
3. Выбрать сварочные материалы.
4. Выбрать сварочное оборудование.
5. Выбрать методы контроля качества.
6. Разработать последовательность технологических операций.

Изделие, представленное в данной работе, является неотъемлемой частью паровых котлов. Паровые котлы используются на тепловых станциях и служат для выработки энергии.

Барабан – изделие, эксплуатируемое в течение продолжительного периода времени. В связи с тем, что он работает в тяжелых условиях (высокая температура, высокое давление и др.), к нему предъявляются соответствующие требования. Энергетика ставит сложные задачи по обеспечению надежности оборудования, улучшения его конструкторских решений, совершенствованию технологии изготовления, повышению степени автоматизации управления рабочим процессом, выполнению возрастающих требований по охране окружающей среды. В настоящей работе разработана технология изготовления барабана парового котла.

Барабан котла представляет собой полый цилиндр со сферическими днищами. Днища выполняются штампованными, а обечайки вальцуют из горячекатаного листового проката. В средней части днища имеется отверстие (лаз), закрываемое во время работы со специальным затвором.

Барабан в составе котла крепится на подвижных опорах, допускающих его перемещение во время нагрева.

Данный барабан предназначен для режимов высокого давления, работает с естественной циркуляцией, имеет внутренний диаметр 1600 мм, толщину стенки 115 мм, длину 5280 мм.

Внутри корпуса барабана монтируется сепарационное устройство, предназначенное для разделения пара и влаги.

Обечайки барабана сварного изготавливаются из горячекатаной прокатной листовой стали по ГОСТ 19903-74. Химический состав стали марки 09Г2С должен соответствовать ГОСТ 19281-89.

В тяжелой промышленности в последнее время для соединения металлов больших толщин, свыше 40 мм, устойчивое применение нашла автоматическая сварка. Автоматическая сварка как способ неразъемного соединения металла неограниченной

толщины за один проход является одним из ведущих процессов производства крупных сварных металлоконструкций.

В сварке под флюсом можно выделить несколько достоинств. Главная из них - это минимальная потеря электродного металла, так как при этом виде сварки практически отсутствуют брызги. Не образуются оксиды, не требуется определенных защитных устройств от попадания света при сварке в глаза. Это важно при сварке внутренних швов барабана, так как сварщик находится в небольшом ограниченном пространстве. Металл охлаждается медленно, что способствует повышению показателей механических свойств металла шва. Согласно СТО ЦКТИ 10.001-2005 сварку на переменном токе допускается проводить проволокой Св-08ГС ГОСТ 2246-70 в сочетании с флюсом ФЦ-11 по ОСТ 24.948.02. Используемая сварочная проволока должна обеспечивать легирование и раскисление металла шва. Она должна содержать минимум серы и фосфора, должна очищать шов от вредных примесей и газов и предотвращать появление трещин. Сварочные работы ведутся автоматической сваркой под флюсом и флюсовой подушкой с использованием устаревших моделей сварочного оборудования. В связи с этим возникают технологические проблемы, связанные с ресурсоемкостью, а именно:

- значительный расход электроэнергии, в связи с использованием оборудования с низким КПД;
- увеличенный расход флюса в связи его загрязнение в момент поворота соединения в нижнее положение и сварки кольцевых швов.

Для улучшения качества сварной конструкции и повышения эффективности технологии изготовления барабана сварного нами предлагается применить современное оборудование, позволяющее увеличить производительность, снизить ресурсоемкость технологического процесса и уменьшить затраты на электроэнергию.

Поэтому заводской способ останется неизменяемым, а для повышения производительности и экономии заменяется только сварочное оборудование.

После того как сделан выбор режимов и материалов сварки, выберем оборудование, которое бы удовлетворило наши потребности. При сборке необходимо высокое качество прихваток. По этой причине современные инверторные источники являются наиболее предпочтительнее, так они имеют ряд полезных функций. Лучшим вариантом в данном технологическом процессе является и инвертор Invertec V350 Pro. Этот источник сварочного тока инверторного типа имеет

- падающую вольтамперную характеристику;
- встроенную функцию «Hot Start» - временное увеличение сварочного тока в момент зажигания дуги;
- регулируемую функцию «Arc Force» - регулировка тока короткого замыкания позволяет управлять сварочной дугой, делая ее «мягкой» или «жесткой»;
- встроенную функцию «Touch-Start» - зажигание дуги точечным касанием;
- разъем для пульта дистанционного управления, изготовленный с обеспечением надежной защиты от внешних воздействия окружающей среды.

Сварочная головка NA-4 Lincoln Electric применяется при автоматической сварке под слоем флюса на переменном токе, преимущественно в многодуговых системах.

Простая и надежная сварочная головка, может устанавливаться в различных сварочных системах для достижения наилучших результатов.

При проведении сварочных работ, производимых на внешних швах барабана, наилучшим выбором будет сочетание сварочного трактора Cruiser dx и комбинированного источника питания Power Wave AC-1200.

Таким образом, основные задачи работы были решены, в результате проведения работ по проектированию технологии сборки и сварки барабана сварного котла парового серии КЕ, производимые в г. Барнауле на ООО «НПО БЗКО». Было определено сварочное оборудование, которое позволит увеличить производительность труда и уменьшить ресурсоемкость.

На базовом предприятии установки для сборки и сварки барабанов соответствуют требованиям производства, но оборудование, на котором производят сварку морально устарело. Поэтому при изготовлении обечаек и самого барабана мы использовали инвертор Invertec V350 Pro, комбинированный источник питания Power Wave AC-1200, сварочная головка NA-4 Lincoln Electric и сварочный трактор Cruiser dx.

Использование предлагаемого оборудования позволяет повысить производительность сборочных и сварочных работ, уменьшить затраты на сварочные материалы, значительно снизить вероятность получения дефектов, снизить расходы на электроэнергию, а вследствие этого и снизить затраты на производство узла в целом.

АНАЛИЗ ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ РАССМАТРИВАЕМОЙ МОДЕЛИ ПРЕДПРИЯТИЯ НА ОСНОВЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА EXCEL

Бакланов Д.И. – магистрант, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент

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

Сложность выбора стоит всегда остро в любой области промышленности, так как определяет многие факторы, от которых будет зависеть дальнейшее развитие. Этот выбор зачастую стоит не только в том, какие материалы необходимо приобрести, и с какой продукцией работать, но и в том, какое оборудование должно находиться на рабочих местах, будет ли удовлетворять заданным требованиям по производительности и впишется ли в необходимый предприятию ценовой диапазон. Данный выбор хоть и кажется на первый взгляд легким на подобии того, что «возьмем самое мощное за самую низкую цену», не всегда является эффективным и не может учитывать всех тонкостей отдельно взятого предприятия.

Что представляет собой выбор? В нашем случае это максимальное удовлетворение всех заданных нами условий, как в ценовых вопросах, так и в вопросах производительности. Условия - есть рамки, выход за которые грозит нам нарушением бесперебойной работы производства. Поэтому перед нами при создании модели анализа выбора стоял ряд задач, которые необходимо было решить: что будет в нашем случае «рамками», и как осуществить сам объективный выбор, обеспечивающий минимальную потерю ресурсов.

Так как нашей задачей было внедрение нового оборудования, а не создание новых программных продуктов, то было решено выбрать уже из тех, которые существуют для анализа сложных зависимостей и связей. Мы решили принять за основу математического анализа дополнительную возможность программы Microsoft Office Excel под названием «Поиск решения». Эта программа работает на основе зависимостей интервалов (в которые мы можем включить как временные, ценовые, ресурсные так и иного вида ресурсы, влияющие на наш выбор) и ведет их анализ, тем самым указывая нам на сильные и слабые стороны наших зависимостей. Для того чтобы «Поиск решения» работал уже с теми элементами, которые ему необходимы для решения, то перед нами стояла задача: каким образом нам структурировать и производить ввод информации в эту программу. После анализа возможностей было принято решение, что для простоты восприятия необходимо было разделить саму структуру на три элемента, и так как для анализа была выбрана надстройка Microsoft Office Excel, то и сама структура должна располагаться в выше упомянутой программе.

Первый элемент было решено выполнить в виде таблицы с водными данными и данными первичных расчетов, которые должны были указать пользователю на получаемые значения производительностей и затрат, тем самым выявляя ошибки при заполнении. Второй элемент структуры состоял из связки аналитических и сравнительных формул с «Поиском решения». Этот элемент является основным и наиболее важным при создании модели выбора. Так как невозможно было создать в наших условиях бесконечную цепь выбора, то было решено остановиться на трех основных элементах, это: базовое оборудование и два его

аналога но более совершенные и в свою очередь более дорогие. Тут как раз и происходило определение, что будет лучше для отдельно взятого предприятия. Третий элемент, заключающий лишь итоговую информацию выбора принятую моделью второго элемента.

Разработанная нами так называемая «система выбора» не просто считает и сравнивает показатели, но и для тех, кто разберется с ее работой, может дать подсказки о том, как повлиять уже на начальные данные тем самым усовершенствовав принимаемое в будущем решение.

Поставленная нами задача в нашем случае была выполнена успешно, и определено оборудование, которое будет наиболее производительным и при покупке производство понесет наименьшие затраты.

Таким образом, нами была создана аналитическая модель, способная работать с полученной информацией и давать указание на слабости предлагаемых ей интервалов для работы, тем самым помогающая не просто сделать вывод, а вести его усовершенствование на основе предпочтений выбранного предприятия.

ИСПРАВЛЕНИЕ ДЕФЕКТОВ ОТЛИВОК ИЗ ВЫСОКОЛЕГИРОВАННЫХ СПЛАВОВ НА ЖЕЛЕЗОНИКЕЛЕВОЙ ОСНОВЕ

Герман С.В. – магистрант, Шевцов Ю.О. – к.т.н., доцент

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

При производстве кислот для перекачивания химически активных и нейтральных жидкостей с абразивными частицами плотностью не более 1850 кг/м^3 , вязкостью до $30 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$, содержащих твердые включения размером до 1 мм, объемная концентрация которых не превышает 1,5% используют насосы типа АХ-150.

Корпус насоса АХ-150 выполняется литым из высоколегированного сплава на железоникелевой основе марки 06ХН28МДТ, в силу ряда причин, основной из которых является особенности, связанные с изготовлением сварного варианта.

К числу основных трудностей, которые возникают при сварке высоколегированных сплавов следует отнести: обеспечение стойкости металла шва и околошовной зоны против образования трещин; обеспечение коррозионной стойкости сварных соединений; получение и сохранение в процессе эксплуатации требуемых свойств сварного соединения.

Вышеперечисленные трудности приходится преодолевать и при выполнении наплавки в ходе работ по исправлению дефектов литья, возникающих при изготовлении литых корпусов насосов АХ-150.

Не смотря на значительно меньший объем, выполняемых сварочных и наплавочных работ при исправлении дефектов в отливках из высоколегированных сплавов на железоникелевой основе марки 06ХН28МДТ в сравнении с выполнением сварного варианта корпуса насоса АХ-150 следует отметить не меньшую требовательность в обеспечении качества изделия.

Технологический процесс исправления дефектов в отливках сводится к выполнению разделки, выбору способа сварки или наплавки, подборе сварочных материалов, обеспечении наиболее подходящих режимов и соблюдении особых требований к процессу выполнения сварки или наплавки вследствие особенностей высоколегированных сплавов.

Выбор сварочных материалов для сварки или наплавки зависит не только от химического состава отливки, но и от характеристик эксплуатационной среды и предъявляемых в соответствии с этим требований к структурному составу готового изделия.

В частности, область применения насоса АХ-150 подразумевает использование сплава 06ХН28МДТ в качестве коррозионностойкого материала, следовательно, для исправления дефектов следует применять материалы, обеспечивающие стойкость к межкристаллитной коррозии.

Распространенным способом исправления дефектов отливок из высоколегированных сплавов на железоникелевой основе в силу наибольшей его доступности является

применение ручной дуговой сварки покрытыми электродами марки ОЗЛ-17У. Но, не смотря на соблюдение всех технологических требований к сварке и наплавке, зачастую возникают горячие трещины, которые приводят к необходимости повторного исправления дефектов сварки, а значит ухудшению качества изделия в целом, за счет снижения общей коррозионной стойкости сплава.

Замена ручной дуговой сварки покрытыми электродами на аргонодуговую сварку неплавящимся электродом с присадочной проволокой марки ОЗХ23Н27МЗДЗГ2Б приводит к снижению вероятности образования горячих трещин, но влечет повышенное порообразование. Это связано с тем, что чистый аргон не в полной мере может защитить металл от загрязнений, влаги и других включений, попавших в зону сварки из свариваемых кромок или присадочного металла.

Для предотвращения возникновения пор, к аргону необходимо добавить кислород в количестве 3-5% для более активной защиты металла. Кислород, вступая в химические реакции с вредными примесями, обеспечивает их выгорание или превращение в соединения, всплывающие на поверхность сварочной ванны.

Таким образом, применение для исправления дефектов отливок из высоколегированных сплавов на железоникелевой основе аргонодуговой сварки и наплавки с присадочной проволокой марки ОЗХ23Н27МЗДЗГ2Б с добавлением к аргону 3-5% кислорода, позволит уменьшить вероятность образования дефектов сварки и наплавки, таких как горячие трещины и пористость наплавленного металла шва. Это в свою очередь значительно снизит затраты на электроэнергию и время на исправление дефектов высоколегированного литья.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИИ СБОРКИ И СВАРКИ СЕКЦИИ КРЫШИ ВАГОНА 11-287

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

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

Развитая транспортная сеть всегда была одним из условий успешной народнохозяйственной 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 народного хозяйства, 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 CO_2 диссоциирует и окисляет металл.

Для нейтрализации окислительного действия 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:

1. Применения современного оборудования, как подающего механизма, так и источника питания, обеспечивающего снижение разбрызгивания металла;
2. Применения тонких электродных проволок с повышенным содержанием циркония Св-09Г2СЦ для меньшего разбрызгивания;
3. Применения автоматической сварки вместо полуавтоматической;
4. Снижения расхода электрической энергии и металла за счет снижения разбрызгивания и за счет применения источника питания с высоким коэффициентом полезного действия 91-93 %;
5. Снижения расхода углекислого газа за счет снижения разбрызгивания;
6. 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 разработанной технологии позволит:

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

ПРОПЛАВЛЯЮЩАЯ СПОСОБНОСТЬ ДУГИ ГОРЯЩЕЙ В ДИНАМИЧЕСКОМ РЕЖИМЕ

О.С.Пустовых – ассистент; А.Ф. Князьков – к.т.н, доцент; Ю.В. Поляков – студент;
И.А. Зевакин – студент

Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г.Томск)

Повышение эффективности процесса сварки неплавящимся электродом является актуальной задачей, особенно в применении к сварке металлоконструкций малых толщин (0,5...2 мм), выполнения корневого слоя шва многослойных швов, сварке изделий из теплопроводных сплавов. Все это требует концентрированного ввода тепла в изделие с гарантированным качеством сварного соединения не зависимо от пространственного положения сварочной ванны.

Одним из способов, позволяющем концентрированно вводить тепловую энергию в изделие можно выделить применение плазменной сварки. Однако из-за громоздкости оборудования и сложности ведения процесса данный способ не всегда применяется.

Перспективным направлением развития, по мнению авторов, является использование способа сварки основанного на сжатии дуги за счет питания ее кратковременными мощными импульсами тока. Известно, что динамический режим горения достигается при длительности импульсов менее 450мкс [1,2]. Основным рабочим процессом возобновления электрического разряда является ионизация молекул газа в дуговом промежутке. При питании дуги кратковременными импульсами тока с крутыми фронтами и срезом ионизационные процессы отстают от изменения тока, а дуговой разряд не достигает установившегося состояния. Такой процесс обеспечивает контрагирование столба дуги и анодного пятна примыкающего к столбу. Дуговой разряд, характеризующийся средним током в динамическом режиме, характеризуется большей плотностью вводимой энергии в изделие и большей проплавляющей способностью, чем дуговой разряд стационарной дугой при токе равном среднему току динамического режима. Поскольку динамический режим характеризуется большей концентрацией теплового потока в изделие только за счет управления энергетическими параметрами дуги, без дополнительных конструкций и устройств, то исследования такого разряда представляет несомненный интерес в практических целях.

Основными геометрическими параметрами (рисунок 1), характеризующими сварочную ванну, являются: длина на лицевой стороне – $L_{лиц}$, длина с обратной стороны – $L_{обр}$, ширина – $B_{лиц}$, глубина проплавления – δ , площадь поверхности зеркала – $F_{лиц}$. Однако при сварке изделий дугой горячей в динамическом режиме толщиной до 4мм глубина проплавления является несущественным параметром, т.к. свариваемый металл проплавляется полностью.

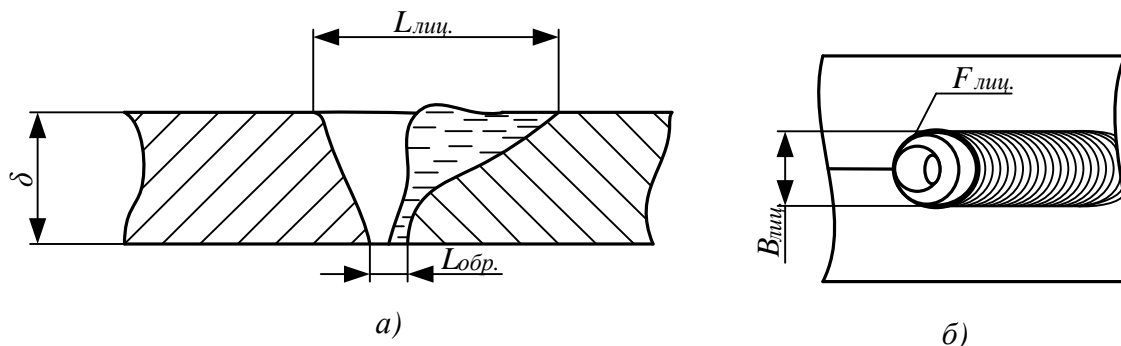


Рис.1 – Схема сварочной ванны при сварке со сквозным проплавлением: а – продольное сечение; б – вид сверху.

Теплофизические уравнения, описывающие температурное поле в материале, не позволяют вычислить размеры сварочной ванны. Расчеты в критериальной форме не учитывают закономерность конвективной теплопередачи в ванне, поглощение и выделение скрытой теплоты плавления и распределенность источника теплоты, но можно получить данные хорошо согласующиеся с опытом.

Трудности расчета параметров ванны при сварке дугой горячей в динамическом режиме

можно преодолеть, используя критерий Пекле ξ, η [3]:

$\xi = \frac{V_{св} \cdot L}{a}$ - критерий Пекле по длине сварочной ванны;

$\eta = \frac{V_{св} \cdot B}{2a}$ - критерий Пекле по ширине сварочной ванны

Установлено, что они связаны простой логарифмической зависимостью, отраженной уравнениями (2) – (3), с критерием режима

$$P = \frac{q}{\lambda \cdot T_{пл}} \sqrt{\frac{V_{св}}{a \cdot \delta}},$$

(1)

представляющих собой среднее геометрическое безразмерных величин $g \cdot V_{св} / (\lambda \cdot \delta \cdot T_{пл})$ и $q / (\lambda \cdot \delta \cdot T_{пл})$, полученных из уравнений для квазистационарных полей точечного и линейного источника нагрева. Здесь $V_{св}$ - скорость сварки, см/с; q – эффективная мощность источника нагрева, Вт; a, λ – температуро- и теплопроводность, см²/с и Вт/(см·К) соответственно; δ – толщина свариваемого металла, см; $T_{пл}$ – температура плавления изделия, К.

В настоящей работе изучалась возможность применения критериальных зависимостей режима сварки и размеров зоны проплавления к условиям сварки дугой горячей в динамических режимах. В качестве источника питания применялось разработанное авторами устройство [4]. Импульсное устройство позволяет получать кратковременные импульсы тока длительностью до 100 мкс с формой близкой к неравнобедренной трапеции, что обеспечивает динамический режим горения дуги. Частота следования импульсов регулируется в диапазоне от 700 Гц до 3300 Гц. Для обеспечения непрерывности горения дуги при малой частоте на интервале между импульсами протекает дежурный ток 10 - 12 А. Исследования проводились на пластинах размером 300×50 мм из стали Ст3 толщиной 1...4 мм наиболее часто применяемых в сварных конструкциях.

Дуговая сварка пластин в защитной среде аргона выполнялась вольфрамовым электродом диаметром 3 мм в нижнем положении на весу. Вольфрамовый электрод имел сферическую поверхность, что в динамическом режиме горения обеспечивает высокую тепловую нагрузку при сохранении пространственной устойчивости столба дуги. Длина дуги (расстояние от торца электрода до поверхности пластины) поддерживалась равной 3,5 мм. При этом скорость сварки изменялась от 0,1 до 1,1 см/с, а сварочный ток для каждой скорости изменялся в сторону увеличения или уменьшения от оптимального режима на 70%. Для каждой скорости сварки были определены оптимальные значения тока, обеспечивающее гарантированное качество сварного шва.

Сварка пластин проводилась в строго идентичных условиях в приспособлении, обеспечивающем равномерный прижим свариваемых пластин. Геометрические параметры сварочной ванны определялись с помощью инструментального микроскопа.

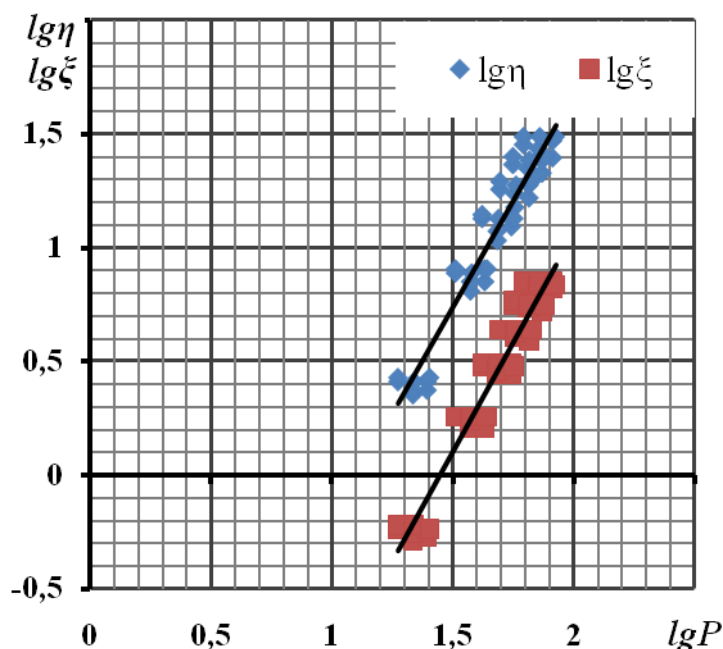


Рисунок 2 – Зависимость безразмерных критериев Пекле от критерия режима сварки листов толщиной 1...4 мм.

Обработка экспериментальных данных позволила установить связь между критерием Пекле и критерием режима сварки P . Эта связь может быть представлена уравнениями прямой в логарифмических координатах (рисунок 2).

$$\lg \xi = 1,655 \cdot \lg P - 2,422; \quad (2)$$

$$\lg \eta = 1,625 \cdot \lg P - 1,738; \quad (3)$$

При построении эмпирических зависимостей и проведении необходимых расчетов принимались следующие данные: $T_{nl} = 1640$ К; $\lambda = 0,052$ Вт/(см·К); $a = 0,0456$ см²/с.

После преобразования критериальных уравнений (2) – (3) были получены аналитические зависимости для определения длины и ширины сварочной ванны при сварке пластин дугой горячей в динамическом режиме. Эти зависимости имеют следующий вид:

$$L = \frac{0,004 \cdot a^{0,17} \cdot q^{1,655}}{(\lambda \cdot T_{nl})^{1,655} \cdot \delta^{0,83} \cdot \nu_{cs}^{0,17}};$$

$$B = \frac{0,018 \cdot a^{0,19} \cdot q^{1,625}}{(\lambda \cdot T_{nl})^{1,625} \cdot \delta^{0,81} \cdot \nu_{cs}^{0,19}};$$

Вывод: Практическая проверка полученных выражений показала, что отклонение реальных размеров ванны от расчетных не превышает 15%.

Список литературы:

1. Славин Г.А., Столпнер Е.А. Некоторые особенности дуги, питаемой кратковременными импульсами тока // Сварочное производство. – 1974. - №2. – С. 3-5.
2. Князьков А.Ф., Бирюкова О.С. Устройство для сварки дугой горячей в динамическом режиме горения дуги. // Известия Томского политехнического университета. Энергетика. Т. 318. № - 4. 2011г. – с. 104 – 107.
3. Ерохин А.А., Букаров В.А., Ищенко Ю.С. Расчет основных параметров ванны при сварке пластин. // Сварочное производство. – 1970. - №12. – С. 1 – 3.
4. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Пат. 2343051 РФ. МПК7 В23К 9/09; Н03К 3/53/ А.Ф. Князьков, В.Л. Князьков, О.С. Бирюкова, В.А. Устинов. Опубл. 10.01.2009, Бюл. № 1.

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА РАБОТОСПОСОБНОСТИ ВОЛЬФРАМОВЫХ
ЭЛЕКТРОДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ГОРЕНИЯ ДУГИ**
О.С. Пустовых – ассистент; А.Ф. Князьков – к.т.н., доцент; Д.К. Артельный - студент
Национальный исследовательский Томский политехнический университет (г.Томск)

При строительстве и монтаже современных АЭС, котельных значительная доля трудозатрат сводится к выполнению сварочных швов трубопроводов из аустенитных и перлитных сталей. Существенное снижение трудоемкости изготовления и повышение эксплуатационной надежности сварного шва обеспечивает процесс автоматической аргодуговой сварки неплавящимся электродом. В связи с этим повышение стойкости вольфрамовых электродов считается актуальной задачей для исследования.

Одним из способов повышения стойкости неплавящегося электрода является легирование материала окислами редкоземельных металлов (торий, лантан, иттрий). Введение легирующих [1] присадок способствует протеканию сложных термоэмиссионных процессов вызывающих изменение энергетических характеристик дуги, увеличение проплавляющей способности и улучшения качества сварного шва.

В процессе горения дуги происходит обеднение поверхности электрода легирующими присадками. Из глубинных слоев электрода, атомы диффундируют к обедненной поверхности и «покидают» ее. Дальнейшая эксплуатация электрода приводит к увеличению обедненной рабочей поверхности и как следствие повышению работы выхода электронов и увеличению температуры для поддержания постоянства тока. В результате этого происходят структурные изменения в рабочей поверхности электрода, которые приводят к изменениям его формы (наросты, «корона»), частичному или полному оплавлению.

Стабильность работы вольфрамового электрода определяется его способностью сохранять исходную форму при минимальной потере вольфрама [2].

В статье приведены результаты исследования работоспособности неплавящихся электродов при динамическом режиме горения дуги, которую оценивали по изменению формы рабочей поверхности и потере массы материала электрода.

Как показано в работе [3] хорошее качество сварного шва может быть получено при использовании остро заточенного электрода и питания дуги импульсами тока большого амплитудного значения. Однако при длительном режиме работы происходит оплавление рабочей поверхности электрода, из-за большого разогрева. При сварке дугой горячей в динамическом режиме вследствие высокой тепловой нагрузки острозаточенный электрод так же оплавляется.

Для определения геометрии торца электрода выдерживающего высокие тепловые нагрузки были исследованы электроды со следующей геометрией, представленной на рисунке 1.

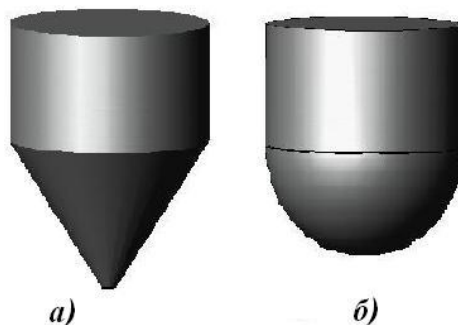


Рис. 1. – Внешний вид электродов подвергавшихся испытанию а) острозаточенный электрод с притуплением; б) электрод со сферической рабочей поверхностью.

Их выбор в качестве объектов исследования объясняется следующим. Вольфрамовые прутки с конической заточкой (угол заточки $45^{\circ} \dots 90^{\circ}$) являются рекомендованными формами рабочих поверхностей неплавящихся электродов для аргодуговой сварки.

Использование электродов со сферической поверхностью не находит широкого применения из-за блуждания дуги по рабочей поверхности при стационарных режимах сварки.

Материалом электродов служили прутки из торированного вольфрама, диаметром 3 мм. Дуговой разряд длиной 5 мм возбуждали на пластине, выполненной из стали Ст3 размером 200×50×8мм. Зажигание дуги осуществлялось контактным способом третьим электродом. Параметры режима сварки приведены в таблице 1. В качестве защитного газа использовался аргон высокой частоты. Расход аргона составлял 9 л/мин.

Таблица 1

Параметры режима сварки дугой горящей в динамическом режиме

Параметры режима сварки	Значение
Сварочный ток, А: в импульсе в паузе	260 10
Напряжение, В: в импульсе в паузе	24 6
Длительность импульсов, мкс	65
Частота следования импульсов, Гц	1500

Для питания дуги применяли специально разработанный источник питания кратковременных импульсов тока большого амплитудного значения [4]. Наплавка пластин производилась на установке, смонтированной на базе автомата АДСВ-5. Образец располагался на столе и фиксировался специальными прижимами.

Импульсное устройство позволяет получать кратковременные импульсы тока длительностью до 100мкс с формой близкой к неравнобедренной трапеции, что обеспечивает динамический режим горения дуги. Частота следования импульсов регулируется в диапазоне от 700Гц до 3300Гц. Для обеспечения непрерывности горения дуги при малой частоте на интервале между импульсами протекает дежурный ток 10 - 12А. Амплитудные значения тока и напряжения определяли из осциллограмм. Для получения осциллограмм использовался двухлучевой осциллограф С8 - 17. Снятие осциллограммы напряжения производилась непосредственно с дугового промежутка. Типичная форма кривой кратковременных импульсов показана на рисунке 2.

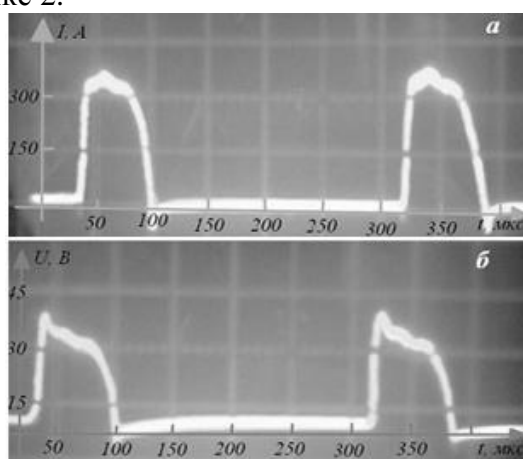


Рис. 2 - Осциллограммы импульсов тока дуги (а) и напряжения дуги (б)

Изменение внешнего вида рабочей поверхности и качество сварного шва оценивалось визуально по изменению внешнего вида.

При использовании рекомендуемой формы рабочей поверхности с углом рабочей поверхности 45° и токах свыше 260А в импульсе длительностью несколько микросекунд, наблюдается нарушение ее геометрической формы, приводящее к нарушению формирования шва. В зоне расположенной над катодным пятном из-за воздействия большого среднего значения тока происходит перегрев материала электрода. Рабочая поверхность оплавляется и

приобретает сферическую форму. Над оплавленной зоной формируется «корона» с одновременным интенсивным разрушением поверхности электрода. Дальнейшая работа электрода приводит к его разрушению над «короной» (откалыванию тела электрода). Помимо разрушения рабочей поверхности появляется эффект блуждания дуги, связанный с хаотичным самопроизвольным перемещением активного пятна. Внешний вид сварного шва извилистый, несимметричный относительно оси, формируются подрезы, наплывы металла, металлические включения в металле шва и т.д.

Использование динамического режима горения позволяет снизить требования к форме рабочей поверхности электрода. Проведенные исследования при использовании электродов со сферической рабочей поверхностью показали, что дуга горит симметрично оси электрода, при отсутствии блуждания дуги. Положение дуги соосно с осью электрода достигается за счет протекания через дуговой промежуток кратковременных импульсов сварочного тока большого амплитудного значения. Во время импульса тепловые процессы в электроде не успевают разогреть рабочую поверхность электрода до температуры соответствующей амплитудному значению тока. В связи с этим катодное пятно не изменяет своих размеров и положения, что позволяет концентрированно вводить тепловую энергию в изделие.

Вывод: Сферическая форма электрода при горении дуги в динамическом режиме обеспечивает его высокую стойкость и пространственную устойчивость сварочной дуги.

Список использованной литературы:

1. Анисимов В.В., Букаров В.А., Нестеров А.Ф. Оценка работоспособности электрода из вольфрама, легированного лантаном. // Автоматическая сварка. – 1987. - №12. – С. 19-22.
2. Долотов Б.И., Лещев В.В., Редчиц В.В. Стойкость вольфрамовых катодов в условиях дуговой сварки в инертных газах (обзор) // Сварочное производство. – 1995. - №8. – С. 14-17.
3. Гарбуль А.Ф., Канашкин Ю.П. Сварка корня шва неповоротных стыков труб проникающей дугой острозаточенным вольфрамовым электродом в полевых условиях // Сварочное производство. – 1985. - №6. – С. 2-4.
4. Устройство для формирования импульсов сварочного тока. Пат. 2343051 РФ. МПК7 В23К 9/09; Н03К 3/53 / А.Ф. Князьков, В.Л. Князьков, О.С. Бирюкова, В.А. Устинов. Заявлено 04.06.2007; Оpubл. 10.01.2009, Бюл. № 1.