

## Реферат

Выпускная квалификационная работа 67 с., 12 рис., 35 источников. 12 таблиц, 5 листов графического материала.

Ключевые слова: нанотехнологии, нанопорошки, модификаторы, порошковая проволока, наполнитель, установка, изготовление.

Объектом исследования является порошковая проволока.

Цель работы - разработка порошковой проволоки с применением металлических нанопорошков.

В процессе работы была разработана, спроектирована и сконструирована установка для изготовления порошковой проволоки. Разработан состав наполнителя порошковой проволоки с применением нанопорошков. Подбранно оборудование для проведения исследований.

Проведены исследования влияния металлических нанопорошков на геометрические параметры шва наплавленного металла.

Выпускная квалификационная работа выполнена в текстовом редакторе Microsoft Word 2007, графическая часть выполнена в графическом редакторе Компас – 3D V16 и представлена на диске CD-R (в конверте на обороте обложки).

## Das Referat

Auspuff arbeiten Qualifikation 67 S., 12 Abb., 35 Quellen. 12 Tabellen, 5 Blatt Druckunterlagen.

Schlüsselwörter: Nanotechnologie, nanopulvern, Modifikatoren, Fülldrähte, Füller, Montage, Fertigung.

Gegenstand der Studie ist Fülldrähte.

Das Ziel der Arbeit - die Entwicklung der Pulverbeschichtung Draht mit der Anwendung von Metall nanopulvern.

Im Laufe der Arbeit entwickelt, entworfen und konstruiert Installation für die Herstellung von Pulver des Drahtes. Entworfen die Zusammensetzung der Füllstoff Pulver-Draht mit dem Einsatz von nanopulvern. Die ausgewählte Ausrüstung für die Durchführung der Forschung.

Durchgeführt Forschung über die Auswirkungen von Metall nanopulvern auf die geometrischen Parameter der Naht des schweissguts.

Auspuff Qualifikations-Arbeit wird in einem Text-Editor Microsoft Word 2007, Graphic Teil ist im grafischen Editor Kompas – 3D V16 vorgestellt und auf einer CD-R (in einem Umschlag auf der Rückseite des Covers).

## Введение

В начале XXI века возникла необходимость кардинального улучшения научно-технического уровня экономики во всем мире. Для решения данной задачи требуется проведение обширных научных исследований, а также внедрение новых прогрессивных технологий в промышленное производство. Многие промышленные предприятия считают, что приоритетным направлением являются работы в области создания нанотехнологий и наноматериалов. Ведь именно наноматериалы и нанотехнологии в числе других материалов будут способствовать существенному повышению эффективности производства в таких областях, как энергетика, сельское хозяйство, строительство, машиностроение, медицина и др. [1].

Нанотехнология - высокотехнологичная отрасль, направленная на изучение и работу с атомами и молекулами.[2] Одним из важнейших направлений нанотехнологии - это получение наночастиц, (нанопорошков) и применение их в практике. К наночастицам, научное сообщество относит такие объекты, геометрические размеры которых хотя бы в одном измерении не превышают  $10^{-9}$  м, и которые обладают абсолютно новыми функциональными свойствами. По мнению экспертов, применение нанотехнологий позволит существенно улучшить параметры существующих технологических процессов и создать новые технологии.

В современном мире на производстве к сварным конструкциям предъявляет высокие требования. Одна из основных задач является повышение технико-экономических показателей, на основе понижения удельной металлоемкости конструкции. Повышение долговечности и эксплуатационной надежности, с одновременным снижением ресурсо- и трудозатрат. Сварке подвергаются практически любые материалы, металлы и неметаллы (керамика,

стекло, пластмассы и др.) в любых условиях – на Земле, в космосе, в морских глубинах.

Во многих случаях единственно возможным и наиболее эффективным способом создания неразъемных соединений, конструкционных материалов и получения ресурсосберегающих заготовок является сварка. Очень большое количество технических систем включают в себя металлоконструкции, эксплуатирующихся в условиях повторного и знакопеременного, ударного нагружения, высоких или низких температур и коррозионно-активных сред. Разрушение таких металлоконструкций, как правило, начинается в области сварного соединения, что свидетельствует о том, что эта зона термического влияния уступает по некоторым прочностным и эксплуатационным характеристикам основному металлу.

Поэтому актуальным становится вопрос о повышении ресурса, живучести и эксплуатационной надежности сварных соединений. Одним из способов получения равнопрочного соединения является применение наноразмерных материалов. А так как, применение наноразмерных материалов в сварочном производстве изучено мало, то новизной данной работы становится вопрос о применении данных материалов при создании сварочных материалов. А в частности, при создании порошковой проволоки.

На основании вышеизложенного теоретического материала сформулированы цель и задачи дальнейших исследований.

Цель работы:

1. Разработка порошковой проволоки с применением металлических нанопорошков.

Задачи:

1. Разработка установки для изготовления порошковой проволоки.

2. Разработка наполнителя для порошковой проволоки с применением нанопорошков.

3. Измерение геометрических параметров шва наплавленного металла.

## 1 Объект и методы исследования

Объектом исследования выпускной квалификационной работы является создание порошковой проволоки с применением металлических нанопорошков.

В ходе данной работы в наполнитель порошковой проволоки ПП – АН5 добавляют металлические нанопорошки вольфрама (W) и молибдена (Mo). Цель данного исследования посмотреть, как влияют наноматериалы на процесс сварки, а также на геометрические параметры наплавленного металла.

### 1.1 Методика проведения эксперимента

Для исследования и изучения влияния наноструктурированных порошков на свойства и структуру наплавленного металла была выбрана автоматическая сварка плавящимся электродом в среде углекислого газа ( $CO_2$ ).

При проведении эксперимента сварку производили на образцах изготовленных из конструкционной углеродистой стали обыкновенного качества Ст3пс (ГОСТ 380 – 2005) в виде пластины, толщиной 10 мм. Содержание химических элементов представлено в таблице 1, а механических свойств при  $T=20^\circ C$  в таблице 2.

Таблица 1 - Химический состав стали Ст3пс, %. [35]

C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu	As
0,14 - 0,22	0,15-0,3	0,4-0,65	до 0,05	до 0,04	до 0,3	до 0,3	до 0,3	до 0,08

Таблица 2 - Механические свойства при  $T=20^\circ C$  стали Ст3пс. [35]

$\sigma_B$ , МПа	$\sigma_T$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %
380 - 490	205 - 255	25	60

В ходе исследования проводили сварку пластин автоматической сваркой порошковой проволокой диаметром 3,2 мм в среде углекислого газа без применения наноструктурированных порошков и с применением наноструктурированных порошков модификаторов Mo, W.

Введение нанопорошков проводилось через шихту (наполнитель) порошковой проволоки.

## 1.2 Методика исследования процессов сварки

Для проведения экспериментов в данной работе использовался экспериментальный комплекс для изучения быстропротекающих процессов при сварке, представленный на рисунке 3.

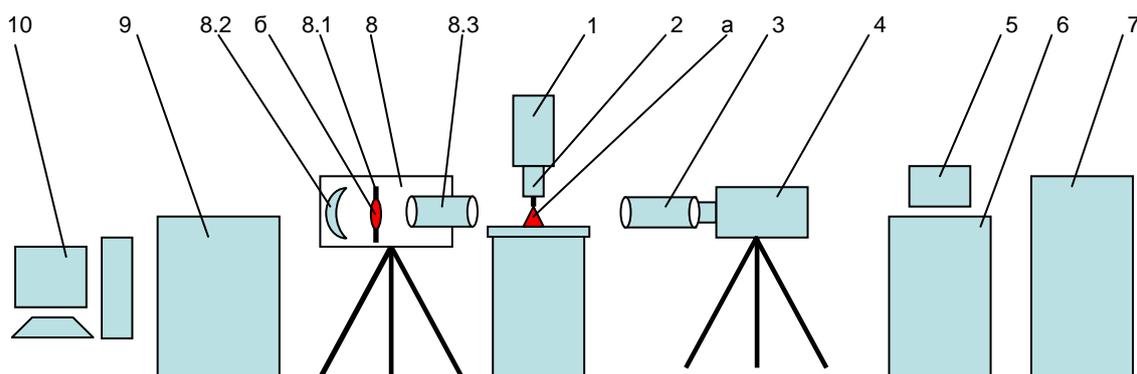


Рисунок 3 – Экспериментальный комплекс

Он включает в себя:

1 – подвесная сварочная головка ГСП-2 для автоматической сварки плавящимся электродом в защитных газах;

2 – сменное газоподводящее сопло (промышленное или двухструйное) для изменения условий истечения защитного газа;

3 – система линз для фокусировки цифровой скоростной видеокамеры на объекте исследования;

4 – цифровая скоростная видеокамера «Видео Спринт» с возможностью регистрации быстропротекающих процессов (частота 52000 кадров в секунду);

5 – цифровой регистратор параметров сварки AWR-524 для регистрации энергетических параметров сварочного процесса;

6 – инверторный источник питания постоянного тока Lorch S8 Speed Pulse для питания сварочной дуги;

7 – блок автоматического регулирования сварки БАРС-2В для автоматического регулирования параметров сварки (ток, напряжение, скорость сварки, расход газа и т.д.), возбуждения и гашения дуги;

8 – прожектор для создания «теневого» эффекта, включающий в себя:

8.1 – угольные электроды для создания мощного источника света;

8.2 – сферическое зеркало для отражения светового потока;

8.3 – система линз для фокусировки светового потока на сварочной дуге.

9 – источник питания ТИР-315 для возбуждения и питания дуги между угольными электродами;

10 – персональный компьютер со специальным программным обеспечением (ПО) для управления параметрами цифровой скоростной видеокамеры, обработки и хранения полученной видео информации.

Принцип работы комплекса.

Перед запуском комплекса проводится предварительная фокусировка прожектора (рисунок 3, поз. 8) на сварочную дугу, а так же фокусировка цифровой видеокамеры (рисунок 3, поз. 4) при помощи системы линз (рисунок 3, поз. 3).

Запуск комплекса осуществляется в следующем порядке:

-запускаются источники питания сварочной дуги (поз.6) и дополнительного источника света (поз.9) в режим холостого хода, включается блок автоматического регулирования сварки (поз.7), цифровой регистратор параметров (поз.5), компьютер (поз.10) и цифровая камера (поз.4) в режим ожидания;

-выставляются необходимые режимы сварки (БАРС-2В, поз.7) и параметры видеофиксации (при помощи специального ПО, установленного на ЭВМ, поз.10);

-возбуждается сварочная дуга (рисунок 3, а) и дополнительная дуга между угольными электродами (рисунок 3, б);

-в процессе сварки производится регистрация параметров (устройство поз.5) и видеофиксация (камера поз.4);

-прекращается подача энергии на сварочную дугу и дополнительную дугу, происходит обработка видеоизображения в ЭВМ (поз.10);

-после обработки видеоизображения файл сохраняется, изменяются параметры режима сварки, процесс повторяется.

Обработка результатов исследования:

-обработка видеоизображения осуществляется при помощи специального программного обеспечения. Производится «раскадровка» видеофайлов с целью установления поведения изучаемой системы в определенный момент времени;

-обработка данных цифрового регистратора параметров сварки осуществляется при помощи MS Office Excel с целью построения осциллограмм процесса сварки;

Дальнейшее совмещение полученных кинограмм и осциллограмм процесса сварки осуществляется с целью определения частоты переноса

электродного металла в сварочную ванну, характера переноса и размера капель электродного металла.

### 1.3 Методика определения геометрических параметров шва.

Сущность методики определения геометрических параметров шва заключается в том, что на пластине размером 100X100 мм были наложены швы, с одинаковыми параметрами сварки, но с различным содержанием компонентов наполнителя. После сварки каждый шов был проклеен клеймом сварщика, далее пластина была распилена под макрошлиф поперек шва в двух местах. На следующем этапе исследуемые образцы были отшлифованы и протравлены 25%-ным раствором азотной кислоты. Впоследствии образцы были сфотографированы и оцифрованы, получены растровые изображения в формате .jpg, которые были загружены в программу Компас-3D-16. На основании известного значения толщины материала на который проводилась наплавка был получен масштабный коэффициент учитываемый при измерении геометрических размеров шва (рисунок 4).

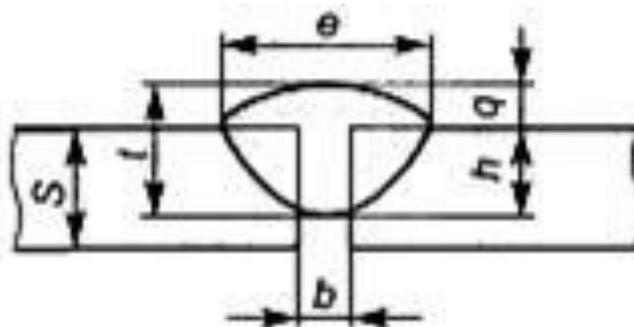


Рисунок 4 Основные геометрические параметры шва: S – толщина свариваемого металла; e – ширина сварного шва; q – выпуклость стыкового шва (высота усиления) – наибольшая высота (глубина) между поверхностью сварного шва и уровнем расположения поверхности сваренных деталей; h – глубина провара (глубина проплавления) – наибольшая глубина расплавления основного металла;  $t = q + h$ ; b – зазор.

## Заключение

1. В ходе данной работы разработана порошковая проволока с применением металлических нанопорошков. В качестве нанопорошков использовались нанопорошки вольфрама (W) и молибдена (Mo). Введение нанопорошков проводилось через шихту (наполнитель) порошковой проволоки. В качестве основного наполнителя при изготовлении порошковой проволоки была взята шихта проволоки ПП-АН5. К которой в ходе изготовления проволоки были добавлены металлические нанопорошки вольфрама и молибдена.

2. Для изготовления данной проволоки была спроектирована и сконструирована экспериментальная установка, позволяющая изготавливать порошковую проволоку диаметром 3,2 мм.

3. В результате, было произведено три образца порошковой проволоки: без добавления нанопорошков и с добавлением нанопорошков вольфрама и молибдена соответственно.

4. На полученных образцах порошковой проволоки были проведены исследования. В процессе проведения исследований, оценивали влияние металлических нанопорошков на геометрические параметры валика наплавленного металла (шва). В результате исследований было выявлено, что при добавлении нанопорошков геометрические параметры изменяются, но не значительно. В большей мере изменяется ширина шва и высота усиления. На глубину проплавления, добавление нанопорошков практически не оказывает ни какого воздействия.

5. Экспериментально установлено, что при добавлении наночастиц геометрические размеры шва изменяются следующим образом: ширина шва увеличивается на 5-7%, глубина проплавления уменьшается на 1-3%, а усиление шва увеличивается на 4-6% соответственно.