

4. Зусин В.Я. Исследование модифицирования металла, наплавленного порошковой проволокой с алюминиевой оболочкой. // Вісникприазовського державного технічного університету №2 2011г., с. 180 – 183.
5. Г.Н.Соколов, И.В.Зорин, А.А.Артемьев, В.Б.Литвиненко-Арьков, Ю.Н.Дубцов,В.И.Лысак, В.О.Харламов, А.В.Самохин\*, Ю.В.Цветков\*Особенности формирования структуры и свойства наплавленных сплавов под влиянием наночастиц тугоплавких соединений //Физика и химия обработки материалов №22014, с.38 – 47.
6. А.А. Артемьев, Г.Н. Соколов, В.И. Лысак Влияние микрочастиц диборида титана и наночастиц карбонитрида титана на структуру и свойства наплавленного металла // Металловедение и термическая обработка металлов №12 2011 г., с 32 – 37.
7. А.М. Левченко, С.Г. Паршин, И.С. АнтиповСварочная порошковая проволока с нанокремниевым покрытием для подводной механизированной сварки //Материалы лучших докладов Недели науки СПбГПУ 2 – 7 декабря 2013 г., с. 169 – 175.

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАНОРАЗМЕРНОГО ПОРОШКА  
СЛОЖНОГО СОСТАВА (Ti, Zr, Cs) НА ЭФФЕКТИВНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ  
ИОНИЗАЦИИ ДУГОВОГО РАЗРЯДА ПРИ СВАРКЕ ММА**

*Е.М. Буракова, А.С. Сапожков, гр.10А32*

*Юргинский технологический институт (филиал) Национального исследовательского  
Томского политехнического университета*

*652055, Кемеровская обл., г. Юрга, ул. Ленинградская, 26, тел.:(38451)5-09-06*

*E-mail: burakovakaterinka@mail.ru*

Революционным началом развития наноматериалов и нанотехнологий стал 21 век. Становится все более очевидно что, в ближайшее время технологические границы будут открыты не за счет лучшего понимания и применения сочетания привычных нам материалов и их функций, а вследствие использования наноразмерных материалов. Наноматериалы, и связанные с ними нанонауки и технологии, обеспечивают уникальные возможности для создания революционных комбинаций материалов [1]. Новейшие технологии используются в наиболее значимых областях человеческой деятельности (промышленности, обороне, радиоэлектронике, медицине, энергетике, информационной сфере, транспорте, биотехнологии), при производстве солнечных батарей, сверхпроводников, композиционных и керамических материалов, магнитных и красящих пигментов, припоев, присадок к смазочным материалам и др.

В настоящее время уделяется большое внимание технологиям повышения качества металлоконструкций, ведь в процессе эксплуатации они испытывают максимальные нагрузки. В сварочном производстве, прочность является одной из важнейших характеристик сварного соединения [2].

Механические свойства металла шва можно повысить различными способами. Одним из способов повысить прочностные и эксплуатационные свойства металла сварного шва является добавление в него наноразмерного материала.

Информации в литературе, связанной с использованием наноразмерных материалов в сварочном производстве не так много. Но за последние годы число исследований на эту тему выросло [2,3,4].

Эксплуатационные характеристики и физико-механические свойства металлоконструкций могут зависеть не только от химического состава сплавов, из которых изготавливаются, но и от степени измельчения структурных составляющих. Чем мельче структура, тем выше механические свойства металлоизделий. Самый распространенный способ измельчения структурных составляющих – модифицирование на стадии кристаллизации. Эффективный способ измельчения структуры и повышение свойств металла – модифицирование наноразмерными порошками (или нанопорошками) тугоплавких химических соединений (нитридов, карбидов, боридов, оксидов и др.). Однако кроме модифицирующего действия данные порошки оказывают влияние на физико-химические характеристики самого процесса сварки.

Существуют различные методы внесения нанопорошка в сварочную ванну (через флюс, распыление в составе защитного газа, окунание электрода в состав из наноразмерных материалов, сварка по тонкому слою нанопорошка, насыпанного на металл), однако, по нашему мнению, эффективным считается добавление нанопорошка в жидкое стекло на этапе изготовления электродов. Связано это, прежде всего с тем, что:

- потери нанопорошка минимальны (нанопорошок не попадает в сварочную ванну из-за разбрызгивания, а его величина при РДС не велика);
- предлагаемый способ введения наноразмерных модификаторов безопасен для здоровья сварщика и окружающих (частицы нанопорошка не попадают в органы дыхания и не оседают в лёгких);

- обеспечивается равномерное распределение нанопорошка по всему сварному соединению;  
- технология изготовления электродов не претерпевает усложнения и добавления большого количества технологических операций.

Вещества, используемые в производстве электродного покрытия, играют фундаментальную роль в сварке [5].

Нанопорошки – это порошки с характерными наноразмерами. Их отличие от компактных образцов – сверхмалые элементы структуры. Размерные характеристики наноматериалов позволяют их выделить в отдельный класс материалов. Как следует из самого определения, диаметр наночастицы должны быть менее 100нм. Почти половина из существующих нанопорошков имеет диаметр менее 30нм. 9% от порошков, которые относятся к группе «нано», имеют диаметр более чем 100нм. Большинство из производителей предлагают свои порошки диаметром от 5 до 100 нм. В процессе определения цены значимую роль играет не столько размер частиц, сколько чистота порошка и его однородность. Кристаллическая решетка наночастиц искажена, это оказывает влияние на энергию активации многих процессов, в которых участвуют, меняя их привычный ход и последовательность. Существует важная особенность системы: возрастает потенциальное быстродействие объектов, т.е. с уменьшением размера объектов уменьшается и длительность протекания процессов с их участием.

Оксиды металлов составляют не менее 80% всех производимых промышленностью нанопорошков. Нанопорошки чистых металлов представляют собой значительную и постоянно растущую долю от общего объема производства. Практически все твердые металлические элементы серийно выпускаются в виде нанопорошков чистых металлов [6].

Более широкое распространение получают технологии модифицирования в процессах наплавки, используемые для повышения механических и эксплуатационных свойств наплавленного слоя, основанные на введении тугоплавких частиц. При этом применение модификаторов с размерами частиц 60-100 нм позволяет снизить размеры зерна структуры сплава за счёт минимального начального радиуса центра кристаллизации и равномерного распределения частиц модификатора в расплавленном сплаве при относительно малом содержании их по массовой доле.

В данной работе было произведено теоретическое исследование влияния наноразмерного порошка Ti, Zr, Cs на эффективный потенциал ионизации (Uэф) сварного дугового разряда.

Под эффективным потенциалом ионизации следует принять потенциал однородного газа, дающего то же количество заряженных частиц, что образуется в смеси.

Поскольку в атмосфере дуги присутствует несколько элементов, известна формула [7] для Uэф:

$$U_{эф} = -\frac{T}{5800} \ln \sum_{i=1}^{i=k} C_i^{1/2} e^{-\frac{5800}{T} U_i}$$

где  $C_i$  – газовые концентрации i-го газа;  $U_i$  – потенциал ионизации каждого газа.

Подсчитав эффективный потенциал ионизации смеси паров железа (Fe), кальция (Ca), натрия (Na), калия (K), магния (Mg) с добавкой титана Ti (рисунок 1), циркония Zr (рисунок 2), цезия Cs (рисунок 3) получили графики зависимостей.

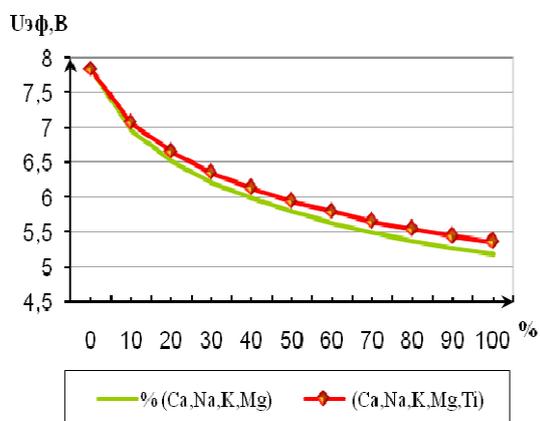


Рис. 1. Изменение эффективного потенциала ионизации для смеси паров Fe, Ca, Na, K, Mg и Fe, Ca, Na, K, Mg с добавкой Ti

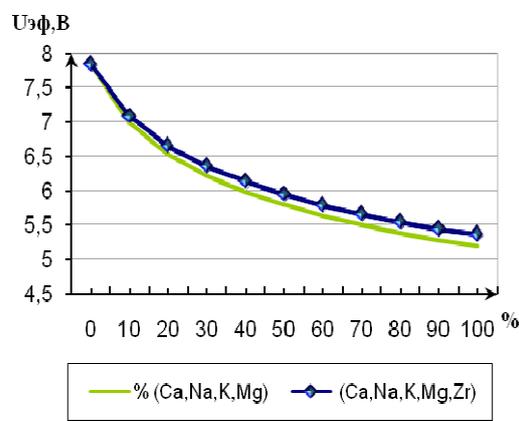


Рис. 2. Изменение эффективного потенциала ионизации для смеси паров Fe, Ca, Na, K, Mg с добавкой Zr

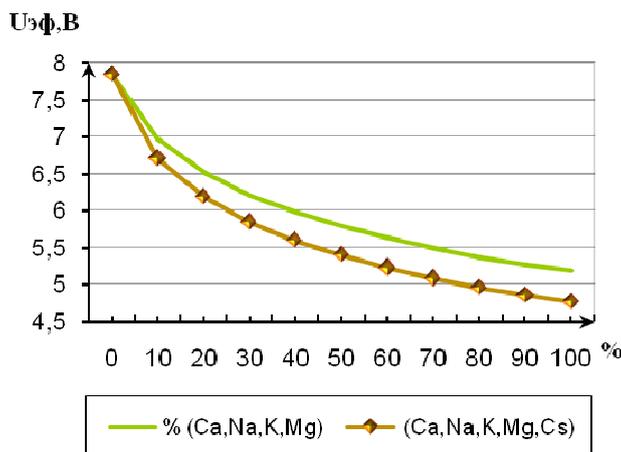


Рис. 3. Изменение эффективного потенциала ионизации для смеси паров Fe, Ca, Na, K, Mg и Fe, Ca, Na, K, Mg с добавкой Cs

Как видно из графиков, добавка Ti, Zr незначительно влияет на эффективный потенциал ионизации, а содержание в смеси Cs в составе 20% значительно снижает его с 6,52 до 6,18 эВ.

Добавив нанопорошок (Ti, Zr, Cs) в равных долях мы получили график зависимости (рисунок 4).

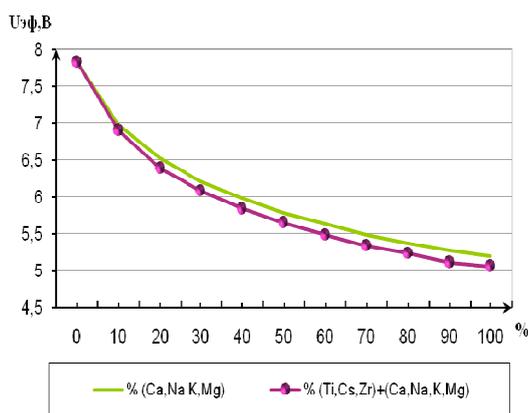


Рис. 4. Эффективный потенциал ионизации

В общей смеси было получено снижение эффективного потенциала ионизации на 1%. Для снижения потенциала ионизации смеси и облегчения горения дуги достаточно небольшой добавки компонента с низким потенциалом ионизации. В том числе, известны работы [3,4] в которых показано положительное влияние наноразмерного порошка сложного состава на эксплуатационные свойства сварных соединений.

#### Заключение

Теоретические исследования показали что наноструктурированный порошок снижает общий эффективный потенциал ионизации. Что позволяет добиться более стабильного процесса сварки. Дальнейшие эксперименты должны быть направлены на исследование влияния на качество сварного соединения.

#### Литература

1. Richard A. Vaia, H. Daniel Wagner. Materials today, "Frame work for nanocomposites." November 2004, С. 32-37.
2. Крушенко, Г.Г. Нанотехнологии упрочнения поверхности металлоизделий / Г.Г. Крушенко, С.Н. Решетникова // Решетневские чтения : материалы XII Междунар. Науч. Конф. Красноярск: СибГАУ, 2008. – С.213–214.
3. Sapozhkov, S.B. Use of complex nanopowder (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Si, Ni, Ti, W) in production of electrodes for manual arc welding [Текст] / S.V. Makarov, S.B. Sapozhkov // World Applied Sciences Journal (Special Issue on techniques and Technologies). – т. 22. – 2013. – С. 87-90. ISSN 1818-4952, DOI: 10.5829/idosi.wasj/2013.22.tt.2214

4. Макаров, С.В. Изготовление электродов с применением нанопорошка сложного состава (Zr, Si, Ni, Ti, Cr) / С.В. Макаров, С.Б. Сапожков. – Материалы VIII Международной научно-практической конференции «Становление современной науки–2012». –Прага : Изд-во «Образование и наука», 2012. –С.88–91
5. Alejandro Garcia Rodriguez, Carlos Rene Gomez Perez. “Criteria for some methodologies of operative characterization of coated electrodes in welding in short-circuit metallic transference mode”. Welding International, Vol. 23, No. 4, April 2009, 282–290.
6. С. В. Макаров, С. Б. Сапожков. Способы изготовления наноматериалов / Глобальный научный потенциал. – 2013. - № 11(32). – С. 67-71.
7. Теория сварочных процессов: Учеб. для вузов по спец. «Оборуд. и технология сварочн. пр-ва»//В.П. Волченко, В.М. Ямпольский, В.А. Винокуров и др.; Под ред. В.В. Фролова. – М.: Высш. шк., 1988. –С.44-45.

### **НАПЛАВКА ДЕТАЛЕЙ ХОДОВОЙ ЧАСТИ ГУСЕНИЧНЫХ МАШИН С УЧЕТОМ УСЛОВИЙ ИХ ПОСЛЕДУЮЩЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*В.В. Перемитько, д.т.н., Д.Г. Носов, к.т.н.*

*Днепродзержинский государственный технический университет, г. Днепродзержинск  
51918, г. Днепродзержинск, Украина, ул. Днепростроевская, 2, тел. (+380569) 55-18-91*

*E-mail: welding@dstu.dp.ua*

Введение. Более 60% случаев износа деталей гусеничного движителя дорожных машин (опорные катки, звенья гусеничного полотна, направляющие и натяжные колеса) носит абразивный характер. Для указанных деталей одним из определяющих факторов процесса износа выступает износная способность почвы. Указанный показатель определяется твердостью и формой абразива, степенью закрепления его частиц. Твердость и форма последних определяют характер разрушения поверхностного слоя деталей – микрорезание или усталость [1, 2].

Характер и интенсивность износа изменяются также в зависимости от типовых режимов эксплуатации дорожных машин (транспортирующий, бульдозирование, с горы, на гору, с уклоном и т.д.). Следует, однако, подчеркнуть, что донныне отсутствуют рекомендации относительно учета абразивного состава почв и преобладающего режима работы машин для увеличения ресурса работы их деталей [3-5].

Исходя из вышеизложенного, актуальным выглядит создание адаптационного подхода к разработке технологии восстановления, выбору химического и фазового состава металла, наносимого с учетом конкретных условий последующей эксплуатации дорожных машин.

Постановка задачи. Объектом исследования является процесс износа контактирующих поверхностей деталей в присутствии абразивного потока различных фракций. Предметом исследования является влияние типов и марок наплавочных материалов на интенсивность износа поверхностных слоев наплавленных в различных их сочетаниях.

Основными задачами являются: определение свойств металла поверхностных слоев обеспечивающих максимальное сопротивление износу при различном гранулометрическом составе частиц абразива; определение сочетаний групп наплавочных материалов (проволока, флюсы) обеспечивающих необходимые свойства металла поверхностных слоев в условиях максимально приближенных к эксплуатационным.

Целью работы ставилась разработка рекомендаций относительно адаптивного подхода к созданию износостойких слоев и определения оптимального состава наносимого металла.

Материалы и методы. Для серийного изготовления опорных катков используется сталь на уровне марки 40Г, твердость изделий из которой составляет HB220...230. Звенья гусеничного полотна изготавливаются преимущественно из стали 45, которой соответствует твердость HB225...235. Исходя из этого, подбирался материал образцов, на которых отрабатывалась технология дуговой наплавки.

В исследованиях использовались проволоки стальные сварочные Св-08, Св-08ГА, Св-08Г2С (ГОСТ 2246-70) и наплавочные Нп-65 и Нп-30ХГСА (ГОСТ 10543-75). Выбор этих материалов основывался на их предназначении для сварки и наплавки подобных по условиям работы деталей типа поддерживающих и опорных катков, шпинделей и валов, крановых колес.

Выбранные наплавочные материалы использовались для нанесения слоев под флюсами АН-348А, АНК-18, а также их смесью на режимах, сведенных в табл.1.