

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВА И СТРУКТУРЫ БОРСОДЕРЖАЩИХ ДИФфуЗИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ИСКРООБРАЗОВАНИЕ

Константинов В.М.<sup>1</sup>, Дашкевич В.Г.<sup>1</sup>, Иванов Ю.С.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Белорусский национальный технический университет, Минск,

E-mail: Vladimir\_dvl@tut.by

<sup>2</sup>НИИ ПБиЧС МЧС Республики Беларусь, Минск,

В настоящее время в Республике Беларусь действует большое количество предприятий, которые имеют взрывоопасные производства. Это предприятия нефтеперерабатывающей, нефтехимической, химической, текстильной, фармацевтической промышленности – нефтеперерабатывающие заводы (ОАО «Мозырский НПЗ» ОАО «Нафтан»), предприятия ПО «Беларуськалия» и т. д.

В зарубежной практике высокая степень искробезопасности, например, для ручного инструмента обеспечивается, как правило, бронзовыми сплавами. Это ручной искробезопасный инструмент фирмы Endres Tool (Германия), который производится из специальной бронзы и обладает высокими искрозащитными и антикоррозийными свойствам, инструмент итальянского концерна Metalminotti, международной компании Cotrem group. Искробезопасный инструмент торговой марки Sestrum изготавливается из бериллиевых бронз марок БрБ2, БрБНГ. ООО "Каиндл-Урал" (Россия) занимается производством ручного искробезопасного инструмента из сплавов алюминия и меди, а также омедненного инструмента.

Покрытие обычного стального слесарно-монтажного инструмента слоем из неискрящегося материала, в частности меди, обеспечивает искробезопасность. Инструмент не дает искры при ударе, но поскольку толщина покрытия очень маленькая (не более 50 мкм), такой инструмент не применяется для интенсивных работ. Омедняется любой слесарно-монтажный инструмент и вследствие невысокой стоимости процесса омеднения, инструмент получается достаточно дешевым и пользуется популярностью. Однако из-за низкой износостойкости и маленькой толщины покрытия отсутствует 100 % гарантия обеспечения безопасности при длительной эксплуатации.

Опыт применения многокомпонентных диффузионно-легированных покрытий свидетельствует о перспективности направления применения покрытий диффузионного типа в качестве искробезопасных. В случае использования покрытий с комплексным легированием бором, хромом, кремнием, алюминием достигаются не только высокие показатели искробезопасности, но и износостойкости [1]. Толщина получаемых слоев превышает толщину полученных электролитическим способом в 2...10 раз, технологический процесс менее экологически вредный.

Выбор и обоснование составов диффузионно-легированных покрытий, обладающих высокими показателями искробезопасности в условиях трения, удара или абразивных искр необходимо проводить с учетом таких эксплуатационных свойств как износостойкость, коррозионная стойкость и др. Однако на первом месте выступает оценка искрообразования. Неизученными в данном случае являются вопросы оценки искробезопасности диффузионных покрытий при различной характеристике взаимодействия (скорость контакта, форма, состояние поверхности) контактирующих поверхностей.

При испытаниях, например борированного покрытия (рис. 1, а) по методике СТБ 11.05.04 – 2007 в специализированной лаборатории НИИ ПБ и ЧС МЧС Беларуси, где моделирование процесса искрообразования происходило на установке имитирующей режим трения и соударения, результаты показали его высокую искробезопасность. Покрытие было признано искробезопасным и рекомендовано для применения в помещениях категории А по взрывопожарной и пожарной опасности. Однако высокая хрупкость покрытия боридных слоев резко ограничивает область применения таких

покрытий. При проведении комплексного диффузионного легирования, например борохромирования, боросилицирования снижение хрупкости диффузионного слоя обусловлено воздействием легирующего элемента на форму и упругие свойства боридов (преимущественно фазы  $\text{Fe}_2\text{B}$ ), а также переходную зону.

Известно, что высокая температура фрикционных искр обусловлена в первую очередь тепловыделением при их окислении кислородом воздуха. В тоже время, если рассматривать температуру искр, образующихся при истирании образцов вращающимся абразивным кругом то, как правило, она находится в пределах температуры плавления металлов и сплавов. Однако существуют случаи, при которых, определяющим будет выступать температура плавления оксидов. Для борированных изделий содержащих в поверхности бориды железа с температурой плавления  $t_{\text{пл}} = 1389 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\text{Fe}_2\text{B}$ ) и  $1540 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $\text{FeB}$ ) характерным является образование при нагревании на воздухе борного ангидрида  $\text{B}_2\text{O}_3$  с низкой температурой плавления  $t_{\text{пл}} = 480 \text{ }^\circ\text{C}$ . В результате температура фрикционных искр получается достаточно низкая. Для рассматриваемого случая характерным является высокая скорость образования такой оксидной пленки, поэтому при большом отношении площади поверхности к объёму частицы, скорость разогревания частицы идет медленно, что приводит, во-первых к значительной потере тепла в окружающую среду посредством конвекции, во-вторых к появлению на поверхности оксидной пленки значительной толщины.

Образование искр образующихся при истирании образцов вращающимся абразивным кругом зависит от зернистости, твердости, скорости вращения диска, а также от силы, с которой образец прижимается к диску. Известно, например, что при различной скорости динамического контакта температура пятна контакта достигает различной температуры [2, 3]. При этом достигается различная величина деформации поверхностного слоя. В нашем случае при истирании образцов покрытий вращающимся абразивным кругом применялось специальное приспособление обеспечивающее постоянство усилия прижатия образцов.

Известно, что различные элементы горят не одновременно, вызывая различия в отношении цвета, силы свечения, формы искр. Характеристика фрикционных искр в этом случае помогает проводить выбор состава покрытия с высокими показателями искробезопасности. Для исследований были выбраны образцы с системой легирования В-Сг (рис. 1, б), В-Si.



Рисунок 1 – Микроструктура борированного (а) и борохромированного (б) покрытий на стали 40ХФА,  $\times 500$

В результате проведенных исследований, при истирании образцов вращающимся абразивным кругом, низкое искрообразование наблюдалось у всех рассматриваемых диффузионных боросодержащих покрытий.

#### Список литературы

1. Ворошнин, Л.Г. Теория и практика получения защитных покрытий с помощью ХТО / Л.Г. Ворошнин, Ф.И. Пантелеенко, Константинов В.М. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: ФТИ; Новополоцк: ПГУ, 2001. – 148 с.

2. Бондарь, В. А. Взрывобезопасность электрических разрядов и фрикционных искр / В. А. Бондарь, В. Н. Веревкин, А. И. Гескин и др. Под ред. В. С. Кравченко и В. А. Бондаря – М.: «Недра», 1976. – 304 с.

3. Розловский, А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами парами / А.И. Розловский. – М.: Химия, 1980. – 376 с.

## **МИНИМИЗАЦИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ АРГОНОДУГОВОЙ СВАРКЕ ТОНКОЛИСТОВОЙ АУСТЕНИТНОЙ СТАЛИ ЛОКАЛЬНЫМ ОХЛАЖДЕНИЕМ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБЛАСТИ.**

**Пантелеенко Ф.И., Жизняков С.Н., Афшин Хейдари Монфаред.**

*Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Беларусь,  
panteleyenkofi@mail.ru*

### **Введение**

Высоколегированные коррозионностойкие стали аустенитного класса малой толщины (до 4 мм) находят широкое применение в практике для изготовления ответственных сварных оболочковых и корпусных транспортных конструкций различного назначения. Хотя эти стали хорошо свариваются, например, аргонодуговой сваркой с неплавящимся вольфрамовым электродом, из-за присущих им специфических физических свойств – низкой теплопроводности и высокого коэффициента температурного расширения в сварных соединениях возникают значительные деформации, вызывающие недопустимое изменение формы (коробление) и размеров сварных конструкций, а также ухудшение их эксплуатационных характеристик [1].

Существует целый ряд методов минимизации сварочных деформаций (предварительная пластическая деформация, термическое растяжение, фиксация, определенная последовательность сварки отдельных швов, уменьшение и регулирование нагревом и охлаждением погонной энергии, в том числе за счет импульсных режимов сварки и некоторые другие).

Существующие методы применительно к аустенитной стали не обеспечивают должного качества и точность сварки во всех пространственных положениях, не позволяют полностью ограничивать деформации, затрудняют проведение ремонтных работ, в том числе с короткими швами [2].

Разработка эффективных способов и режимов минимизации деформации сварных соединений тонколистовой аустенитной стали, основанная только на эксперименте, требует значительных затрат времени и средств и не всегда обеспечивает достижение требуемой точности. Поэтому в настоящее время предпочтительно численное моделирование температурных полей, напряжений и деформаций в качестве наилучшего инструмента решения поставленной задачи [2].

Для численного моделирования, базирующегося на классических законах механики и теплопроводности, эффективны методы конечных разностей, конечных элементов, в двух- и трехмерной постановке, реализуемые с помощью таких программных продуктов, как ANSYS, LS-DYNA, SYSWELD и других [2].

В рассматриваемой работе с использованием методов численного моделирования предложена методика изучения термодиформационных процессов при сварке, позволяющая выяснить основные причины деформации, и предложена схема процесса сварки с локальным охлаждением высокотемпературной области, позволяющая уменьшить деформации при сварке в любом пространственном положении, улучшить свойства сварных соединений [2].