

В.Г. ДАШКЕВИЧ, канд. техн. наук (БНТУ)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ ИЗНОСОСТОЙКИЕ И ИСКРОБЕЗОПАСНЫЕ БОРСОДЕРЖАЩИЕ ДИФФУЗИОННЫЕ СЛОИ

Введение. Существует большое количество отраслей промышленного производства, где необходимо использование искробезопасных материалов: машиностроение, химическая промышленность, нефтепереработка и т.д. Требования по использованию искробезопасных материалов формулируются обычно на основе требований к помещениям или производственным зданиям, где производится тот или иной небезопасный продукт, а уже в этих требованиях отражается необходимость использования соответствующих материалов (например, полностью или частично исключая образование искр при фрикционном взаимодействии деталей, механизмов и т.д.).

Одним из вариантов получения материалов, стойких к искробразованию, является нанесение покрытий, в том числе покрытий диффузионного типа. Известно, что диффузионные борированные слои, получаемые на конструкционных и инструментальных сталях, обладают высокой твердостью, износостойкостью и являются одними из наиболее стойких в условиях граничного трения [1, 2]. Проведенные ранее исследовательские работы подтвердили высокую искробезопасность борированных слоев при фрикционном взаимодействии [3]. В дополнение к этому, рассматривая потенциал такой термодиффузионной обработки, можно отметить перспективность применения вместе с бором как минимум еще трех элементов, которые в силу своих свойств должны повышать эффективность диффузионных слоев именно для обеспечения искробезопасности. К таким элементам относятся алюминий, хром и кремний, которые при окислении образуют плотные и непроницаемые оксиды Al_2O_3 , Cr_2O_3 , SiO_2 (к уже существующей оксидной пленке B_2O_3). Однако в этом случае необходим поиск оптимального состава насыщающих сред, температурно-временных параметров обработки

и исследование особенностей искрообразования получаемых термодиффузионных слоев.

Целью настоящей работы является исследование характеристик искрообразования для бороалитированных слоев на стали и выбор оптимального состава насыщающей среды.

Материалы и методика исследований. В работе использовались порошковые среды как наиболее хорошо исследованный диффузионный источник. Порошковая смесь представляла собой порошок карбида бора B_4C (ГОСТ 5744-85), активатора (аммоний хлористый – NH_4Cl , ГОСТ 2210), инертного наполнителя (оксид алюминия – Al_2O_3 , ГОСТ 3136) и порошок алюминия марки ПА-2 (ГОСТ 5494).

Испытания на искрообразование проводились на модульной лабораторной установке оригинальной конструкции, которая обеспечивает возможность испытания образцов по трем различным схемам с различной формой контактирующих и скоростью фрикционного взаимодействия до 80 м/с:

1) испытания для оценки искрообразования при непрерывном трении об абразив;

2) испытания поджигающей способности фрикционных искр по отношению к легковоспламеняющимся жидкостям в условиях чередующихся ударов;

3) испытания по оценке искрообразования в условиях одиночного удара.

Для описания процесса искрообразования использовалась разработанная балльная шкала (таблица 1). Такой подход в оценке позволяет получить более высокую степень объективности анализа процесса искрообразования, при этом процесс ранжирования различного рода термодиффузионных покрытий по отношению к возможному искрообразованию при фрикционном взаимодействии становится более обоснованным. Основной особенностью применяемой балльной шкалы является ее «привязка» к площади искрообразования, которая фиксируется фотосъемкой.

Для определения балла искрообразования анализу подвергается фотоснимок из видеоряда с максимальной площадью искрообразования за первые 3 с трения об абразивный круг. Далее на основании программы определяется количество пикселей выделенной

области фотоснимка и производится расчет площади искрообразования.

Таблица 1 – Балльная шкала искрообразования

Балл искрообразования и краткое описание искрообразования	Характерный вид пучка искр	Площадь, мм ²
4 активное искрообразование	Яркие и длинные искры в форме язычков, как правило, расщепленные на конце, высокая яркость в зоне сгорания	> 1000 мм ²
3 умеренное искрообразование	Короткий яркий пучок искр с небольшим количеством длинных искр, со звездочками или без них, слабоветвистые искры. Яркость в зоне сгорания высокая	500–1000 мм ²
2 низкое искрообразование	Умеренно яркое свечение, короткий пучок искр, мало звездообразных разветвлений	500–100 мм ²
1 очень низкое искрообразование	Короткий темный пучок искр, более светлый в зоне сгорания, очень мало звездообразных разветвлений или их отсутствие	< 100 мм ²
0 отсутствие искр	Очень короткий темный пучок искр или их отсутствие	< 20 мм ²

Результаты исследований. В общем случае при бороалитировании можно получать три вида слоев:

- диффузионные слои, близкие по структуре к алитированным;
- диффузионные слои, близкие к однородным борированным;
- диффузионные слои, состоящие из конгломерата борированных и алитированных фаз.

Для практических целей целесообразным представляется использование добавки до 15–20 % масс. Al, поскольку при большем количестве структура слоя будет соответствовать алитированному.

По сравнению с боридными однокомпонентными слоями двухкомпонентные слои при одних и тех же условиях обработки имеют меньшую толщину (в 1,5–2 раза). Это обусловлено характером вза-

имодействия нескольких элементов и характерно для порошковых смесей. Зависимость влияния содержания алюминия в смеси на толщину образующегося слоя и площадь искрообразования представлена на рисунке 1. Проведенный анализ микроструктуры позволил установить, что алюминий активно воздействует на формирование подборидной фазы, при насыщении углеродистых сталей количество цементита (бороцементита) значительно увеличивается (рисунок 1, б).

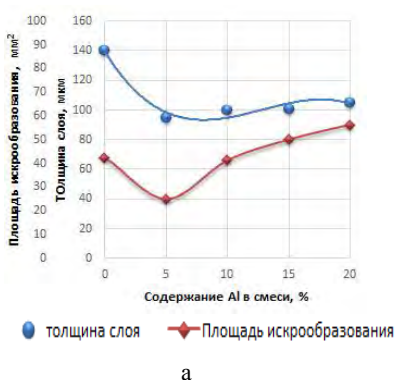
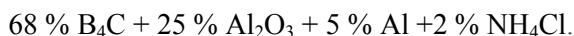


Рисунок 1 – Влияние содержания алюминия в смеси ($V_4C + Al_2O_3 + Al + NH_4Cl$) на толщину бороалитированного слоя ($920\text{ }^\circ\text{C}$; 3 ч) и площадь искрообразования (а), микроструктура диффузионного слоя на образце из стали У8(б), $\times 500$

В результате оптимальной смесью, обеспечивающей наибольшую толщину диффузионного слоя, низкий бал искрообразования, была принята смесь состава:



Общая толщина слоя после 3 ч обработки при температуре $920\text{ }^\circ\text{C}$ составила около 100 мкм. Как уже отмечалось, в небольшом количестве на границе раздела «слой-основа» присутствуют включения бороцементита, которые сплошного слоя не образуют и имеют грубые выделения вытянутой формы, располагающиеся по границам бывших аустенитных зерен.

Введение алюминия дополнительно обосновано снижением окислительных процессов в смеси и на поверхности образца, особенно на первоначальном этапе, когда идет прогрев контейнера с насыщающей смесью. В этом случае идет интенсивное связывание алюминием кислорода в оксиды, что благоприятно сказывается на кинетике насыщения и качестве диффузионных слоев.

Заключение. Предложена балльная шкала, характеризующая основные варианты искробразования. Отличительной особенностью шкалы является «привязка» к расчетной величине площади искробразования, выявленной при испытаниях, что позволяет более объективно проводить оценку процесса и характеризовать испытываемые варианты покрытий.

Показано, что двухкомпонентное насыщение, насыщение в системах на основе бора является эффективным технологическим решением для создания искробезопасных слоев на стали.

В результате исследований определен состав насыщающей смеси для получения комплексного термодиффузионного бороалитированного слоя, обладающего высокими показателями искробезопасности при фрикционном взаимодействии. Дополнительное образование плотных оксидов элементов, в частности алюминия, тормозит диффузионный перенос кислорода при горении, при этом площадь искробразования снижается.

Литература

- 1. Минкевич, А.Н.** Химико-термическая обработка металлов и сплавов / А.Н. Минкевич. – М.: Машиностроение, 1965. – 491 с.
- 2. Земсков, Г.В.** Многокомпонентное диффузионное насыщение металлов и сплавов / Г.В. Земсков, Р.Л. Коган. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
- 3. Дашкевич, В.Г.** Сравнительная оценка искробезопасности диффузионных покрытий и наплавов / В.Г. Дашкевич, В.Г. Щербачков, А.А. Бакиновский // Металлургия: Республ. межвед. сб. научн. тр. – Минск: БНТУ, 2014. – Вып. 35. – С. 191–199.