

Концепция создания искробезопасных термодиффузионных слоев комбинированной обработкой

Судников М.А.

Белорусский национальный технический университет

Образование фрикционных искр при трении и ударе может привести к аварийным ситуациям, связанным с воспламенением легковоспламеняющихся, горючих жидкостей и пр. Сами по себе фрикционные искры это частицы вещества, образующиеся в результате трения и соударения, при этом они раскаляются до высокой температуры, как правило, до температуры видимого свечения.

Во многих странах, как отмечается исследователями, до 50 % случаев, источниками пожаров и взрывов являются именно механические искры от фрикционного взаимодействия [1, 2]. На предприятиях, где такая вероятность существует, проводятся мероприятия по снижению рисков. Они реализуются, в частности через применение материалов, которые полностью или частично исключают образование искр при фрикционном взаимодействии.

Требования по использованию искробезопасных материалов вытекают обычно из требований к помещениям или производственным зданиям, где производится тот или иной небезопасный продукт.

Известно, что зажигание при ударе и трении возможно в результате [1]:

- зажигания нагретой поверхностью в местах удара и трения;
- зажигания искрами, образующимися при ударе и трении;
- нагрева газовой среды в ограниченном пространстве теплом, выделяющимся при ударе и трении.

Основным является первый механизм, однако второй механизм в окислительной среде воздуха является тоже чрезвычайно опасным для возможного искрообразования [1].

Отметим, что особенностью фрикционного контакта является его дискретность, т.е. взаимодействие лишь в фактическом пятне контакта, в котором концентрируется вся механическая энергия.

В настоящее время в отечественной и международной практике используется достаточно большое количество искробезопасных материалов, в частности практикуется использование алюминиевых и медных сплавов. Как правило, структурная особенность такого рода материала это гетерогенная структура подчиненная правилу Шарпи, т.е. обычно состоит из твердых частиц (фаз), распределенных в пластичной матрице, которая должна обладать рядом дополнительных характеристик – повышенной теплопроводностью и способностью окисляться с образованием защитной оксидной пленки [3, 4].

Предыдущими исследовательскими работами отмечено, что применение покрытий и слоев, в том числе диффузионного типа с экономической точки зрения оправдано и эффективно [5]. Однако, имея определенную толщину они, как правило, не обеспечивают долговременную защиту изделий от возможного образования опасных фрикционных искр, при постоянном взаимодействии слой способен достаточно быстро изнашиваться. А если речь идет об ударных нагрузках, слои диффузионного типа, обычно толщиной до 0,5 мм, способны лишь на однократную защиту.

Из слоев диффузионного типа, для стальных изделий из конструкционных углеродистых сталей, в настоящее время, по нашим данным, лучшие показатели по искробезопасности имеет слой после боросилицирования [5]. Однако из-за высокой хрупкости такой слой не может эффективно работать в условиях ударных нагрузок.

Конкурирующими процессами при создании искробезопасных слоев на сталях также являются однокомпонентное диффузионное легирование бором, цинком, кремнием и многокомпонентное, более затратное, но обеспечивающее более высокий комплекс механических свойств и износостойкости - карбозотирование, бороалитирование и др. [6, 7].

Отметим важную особенность - диффузионный тип слоя традиционно имеет градиент только по глубине, не предполагая какой-либо неоднородности по поверхности.

Создание искробезопасных термодиффузионных слоев комбинированной обработкой формирует возможность создания слоя с чередующимися структурными составляющими регулярного и нерегулярного характера по поверхности. В результате такого композиционного строения происходит фрагментация поверхности на участки с разными физико-механическими свойствами. Следовательно, при активном фрикционном взаимодействии формирование искры происходит в объеме равном или менее того объема, который определяется дискретностью структуры, поскольку механика разрушения будет происходить преимущественно по границам раздела фаз (структурных составляющих). Т.е. фрагментация поверхности на участки с разными физико-механическими свойствами, будет, по нашему мнению, влиять на размер искр. Тогда при существенной фрагментации, дроблении отделяющегося объема искр вероятность достижения высоких температур в процессе горения ниже и соответственно выше искробезопасность слоя.

Следующим важным преимуществом комплексной технологии включающей термодиффузионное борирование это расширение функциональных возможностей материала в широких пределах, не только повышение его искрозащищенности, например, а и других свойств, в частности, коррозионной стойкости. Существующие наработки в области комбинированных технологий с участием термодиффузионного борирования позволяют создать конгломерат фаз с количеством железобористой фазы 20...95 %, соответственно и свойства таких слоев будут существенно различаться.

Таким образом, новым этапом развития технологий создания искробезопасных термодиффузионных слоев, прежде всего боросодержащих, может являться получение композиционного строения такого слоя с высокой степенью дискретности по поверхности за счет комбинированных технологий.

Литература

1. Экспериментальное исследование зажигания горючих газовых смесей фрикционными искрами / А. Ю. Шебеко, Ю. Н. Шебеко, А. В. Зубань, Н. В. Голов // Физика горения и взрыва. – 2018. – Т. 54. – № 3. – С. 13-24.
2. Розловский А.И. Основы техники взрывобезопасности при работе с горючими газами парами/ А.И. Розловский. – М.: Химия, 1980. – 376 с.
3. Proust C., Hawksworth S., Rogers R., Beyer M., Lakic D., Raveau D., Herve P., Pin V., Petitfrere C., Lefebvre X. Development of a method for predicting the ignition of explosive atmospheres by mechanical friction and impacts (MECHEX) // Journal of Loss Prevention in the Process Industries. 2007. V. 20. pp. 349–369.
4. Komai T., Uchida S., Umezumi M. Ignition of methane- air mixtures by frictional sparks from light alloys // Safety Science. 1994. V. 17. № 1. pp. 91–102.
5. Константинов, В. М. Искробезопасные термодиффузионные слои на сталях / В. М. Константинов, В. Г. Дашкевич, М. В. Ситкевич // Перспективные материалы и технологии : монография : в 2 т. / Национальная академия наук Беларуси (Минск) ; под ред. В. В. Клубовича. – Витебск : ВГТУ, 2017. – Т. 2, гл. 19. – С. 363-377.
6. Земсков, Г.В. Многокомпонентное диффузионное насыщение металлов и сплавов / Г.В. Земсков, Р.Л. Коган. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
7. Ситкевич, М.В. Бельский, Е.И. Совмещенные процессы химико-термической обработки с использованием обмазок / М.В. Ситкевич, Е.И. Бельский. – Мн.: Выш. шк., 1987. – 156 с.