

УДК 621.793:66.088

ФТОРСОДЕРЖАЩИЕ ЭЛЕКТРОИСКРОВЫЕ ПОКРЫТИЯ

А. Ч. СВИСТУН¹, Д. А. ЛИННИК¹, В. Ю. ФАЛЁСА², А. Е. ОВЧИННИКОВ¹¹Гродненский государственный университет имени Янки Купалы

Гродно, Беларусь

²Центр диагностики, экспертизы и сертификации

Санкт-Петербург, Россия

Одним из эффективных методов упрочнения данного инструмента является электроискровое легирование (ЭИЛ), позволяющее наносить износостойкие покрытия из тугоплавких материалов [1–4]. Твердый сплав Т15К6, содержащий 15 % карбидов титана (TiC) и 6 % кобальта (Co), является перспективным материалом для ЭИЛ благодаря высокой твердости и теплостойкости. Однако карбидные покрытия, обладая высокой износостойкостью, зачастую имеют повышенный коэффициент трения, что может ограничивать их применение в некоторых условиях.

Перспективным направлением является модифицирование трибологических характеристик таких покрытий с помощью фторсодержащих соединений, способных формировать на поверхности слои с низким сопротивлением сдвигу. В качестве подложки использовались образцы из стали Р6М5 после термообработки с твердостью 63...65 HRC. Поверхность образцов шлифовалась до шероховатости $Ra = 0,16...0,32$ мкм. Электроискровое покрытие наносилось на установке UR-121. Анодом-электродом служил твердый сплав Т15К6. Режимы обработки: Norma 2.

Испытания по определению износа и коэффициента трения проводились по схеме «сфера – плоскость» на машине трения FT-2. В качестве контртела использовался индентор из закаленной стали ШХ15. Испытания проводились в двух средах: без смазочного материала (условно-сухое трение) и с применением фторсодержащего олигомера Ф-5. Проводились измерения массы образцов до и после испытаний для определения интенсивности износа. Микроструктура и характер износа изучались с помощью автоматизированного металлографического комплекса.

Электроискровое покрытие Т15К6 на стали Р6М5 представляет собой несплошной, сильно неоднородный слой, состоящий из переплавленных и затвердевших зон, обогащенных карбидами титана (TiC) и частицами кобальта. Толщина покрытия составила 20...40 мкм. Микротвердость поверхностного слоя достигла 8...14 ГПа, что существенно выше твердости подложки (~3...5,5 ГПа). При испытаниях в условиях сухого трения коэффициент трения покрытия Т15К6 находился в диапазоне 0,45...0,55. При введении в зону контакта фторсодержащего олигомера коэффициент трения стабильно снижался до

значений 0,12...0,15. Это объясняется формированием на поверхности трения модифицированного слоя, обогащенного фтором. Данный слой, обладая низкими значениями удельной поверхностной энергии и легкой деформируемостью, выполнял роль разделительной смазки.

Результаты испытаний по определению износа показали, что образцы с покрытием Т15К6, работавшие в паре с фторсодержащим олигомером Ф-5, имели массовый износ в 2,8–3,2 раза ниже, чем образцы, испытанные в условиях сухого трения. Микроскопия поверхности образцов после испытаний образцов, обработанных фторсодержащим олигомером, выявила наличие сплошной «пленки» продуктов износа, которая предотвращала прямой контакт и микросхватывание поверхностей трения. На образцах после сухого трения наблюдались признаки абразивного и адгезионного износа с глубокими бороздами и вырывами материала.

Таким образом, электроискровое покрытие Т15К6 на стали Р6М5 позволяет существенно повысить микротвердость поверхностного слоя (до 14 ГПа). Применение фторсодержащих соединений в зоне трения покрытия Т15К6 приводит к значительному улучшению его триботехнических характеристик.

Основной механизм положительного влияния фторсодержащих соединений связан с формированием на поверхности трения разделительной антифрикционной пленки, снижающей коэффициент трения с 0,5 до 0,12...0,15 и предохраняющей покрытие от абразивного и адгезионного износа. Комбинация электроискрового покрытия Т15К6 с последующей пропиткой поверхности фторсодержащими составами является высокоэффективной технологией для повышения износостойкости и снижения трения режущего инструмента из стали Р6М5.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Овчинников, Е. В.** Триботехнические характеристики плазмохимических покрытий AlTiN / Е. В. Овчинников, Н. М. Чекан, И. П. Акула // *Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии*. – 2014. – № 1 (303). – С. 55–63.
2. **Овчинников, Е. В.** Электроискровые покрытия. Структура, свойства, технология формирования / Е. В. Овчинников. – Гродно, 2022. – 254 с.
3. Электроискровые фторсодержащие покрытия / Е. В. Овчинников, А. Ч. Свистун, А. И. Веремейчик [и др.] // *Вестник Брестского государственного технического университета*. – 2025. – № 2 (137). – С. 68–72.
4. Теоретические аспекты формирования электроискровых покрытий на стальных субстратах / А. Ч. Свистун, Е. В. Овчинников, Д. А. Линник [и др.] // *Горная механика и машиностроение* – 2025. – № 2. – С. 102–110.