

УДК 621.891

В. Ф. Лабунець¹
В. В. Присяжнюк²
О. В. Мельник¹

ЕЛЕКТРОІСКРОВЕ ЛЕГУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙНОЇ ЛЕГОВАНОЇ СТАЛІ 30ХГСНА ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ ВУЗЛІВ ТЕРТЯ

¹Національний авіаційний університет, Київ;

²Вінницький національний технічний університет

Проаналізовано причини руйнування деталей вузлів тертя авіаційної техніки, які виготовлені з легованої сталі 30ХГСНА. Встановлено, що на робочих поверхнях цих деталей відбуваються процеси абразивного зношування, схоплення, фретинг-корозії і втомного зношування.

У лабораторних умовах проведено дослідження зносостійкості зразків зі сталі 30ХГСНА, на робочі поверхні яких нанесено покриття електроіскровим легуванням. В дослідженні використана комплексна методика (металографічний, рентгеноструктурний та електронномікроскопічний аналізи).

Зносостійкість електроіскрових покриттів визначалась на універсальній комп'ютеризованій машині тертя 2070-СМТ-1 за схемою «диск–колодка» у середовищі мінеральної авіаційної оливи МС-20 в умовах граничного тертя. Електроіскрове легування зразків проводили у два етапи зі зміною сили струму, що дозволило частково зняти внутрішні напруження та зменшити шорсткість модифікованої поверхні. Як катод застосовано зразок, а як анод — електроди зі спечених самофлюсуючих порошків з карбідом титану і хрому. В процесі нанесення покриттів на зразках зіткнення електронів з поверхнею електрода приводить до виділення теплової енергії, а в результаті — до спрямованого вибуху ділянки анода, що сприйняла імпульс електронів. Під час вибуху весь рідкий і розм'якшений матеріал викидається в міжелектродний зазор. Значна частина цього матеріалу взаємодіє з поверхнею катода, утворюючи легований шар. Структура і фізико-механічні властивості отриманого покриття значною мірою залежать від величини зерна карбідів. Зі зменшенням розміру зерен карбідів суцільність покриття збільшується. У зв'язку з тим, що в цьому випадку превалює перенесення еродованого матеріалу в рідкій і паровій фазах, то за наявності великих зерен частина еродованого матеріалу переноситься у вигляді скупчень зерен. Встановлено, що композиційні електроіскрові покриття на основі самофлюсуючих сумішей із наповнювачами карбіду титану і карбіду хрому суттєво підвищують зносостійкість конструкційної легованої сталі 30ХГСНА, тому вони рекомендуються для впровадження розробленої технології поверхневого зміцнення у виробництво.

Ключові слова: покриття, тертя, знос, структура.

Вступ

Проблема надійності авіаційної техніки на сучасному етапі розвитку авіаційної промисловості нерозривно пов'язана із забезпеченням безпеки польотів і постійно є актуальною. Надійність авіаційної техніки значною мірою залежить від працездатності вузлів тертя.

Багаторічний досвід експлуатації і ремонту авіаційної техніки показав, що переважна більшість несправностей і відмов виникає в наслідок неприпустимо великого зносу робочих поверхонь деталей вузлів тертя.

Сучасні технологічні методи поверхневого зміцнення відкривають необмежені можливості для створення захисних структур трибологічного призначення, які забезпечують працездатність вузлів тертя у найризноманітніших умовах експлуатації [1].

Формування зносостійких структур на робочих поверхнях деталей вузлів тертя машин і механізмів дозволяє суттєво підвищити їх надійність і довговічність, продуктивність праці, зменшити

витрати чорних та кольорових металів і як результат — заощадити величезні матеріальні, енергетичні і трудові ресурси.

Огляд публікацій та аналіз невирішених проблем

В дослідженнях багатьох вчених [2]—[6] та ін. проаналізовано причини руйнування деталей вузлів тертя авіаційної техніки. Аналіз свідчить про те, що основними процесами тертя, що стимулюють руйнування поверхневих шарів деталей тертя є абразивне, втомне, ерозійне зношування, схоплення і фретинг-корозія.

Для забезпечення працездатності деталей вузлів тертя, на робочих поверхнях яких відбуваються вищезазначені процеси, використовують різноманітні методи поверхневого зміцнення і відновлення. Переважна більшість з них не містить чітких рекомендацій з вибору геометричних параметрів та фізико-механічних властивостей і особливо трибологічних.

Зауважимо, що серед технологічних методів нанесення покриттів електроіскрове легування (ЕІЛ), яке відноситься до екологічно чистих технологій, відрізняється низькою енергоємністю, простотою процесу, малими габаритами технологічного обладнання у поєднанні з високою ефективністю збільшення рівня фізико-механічних властивостей зміцнювальних поверхонь [7].

Таким чином, роботи спрямовані на дослідження трибологічних властивостей покриттів, отриманих методом ЕІЛ є актуальними.

Мета роботи — дослідити вплив ЕІЛ на трибологічні характеристики сталі 30ХГСНА.

Експериментальне обладнання та методика дослідження

Електроіскрове легування зразків з конструкційної легованої сталі 30ХГСНА проводили на установці «Елітрон-526» у два етапи зі зміною сили струму: на першому — за умови короткого замикання зі струмом 48 А, а на другому — 15 А. Ступеневий технологічний режим оброблення дозволив частково зняти внутрішні напруження у разі нанесення покриття, завдяки різниці напружень, які виникають за різних режимів оброблення, а також зменшити шорсткість поверхні. Трибологічні дослідження здійснювали на універсальній машині тертя 2070-СМТ-1 за схемою «диск-колодка» у середовищі мінеральної авіаційної оливи МС-20. Машиння забезпечувалося зануренням рухомого зразка (контртіла) у оливу, що забезпечувало режим граничного тертя. Металографічні дослідження проводили на оптичному мікроскопі ММР-2Р а також на електронному мікроскопі-мікроаналізаторі САМЕВАХ SX-50, що дозволило якісно і кількісно аналізувати мікрооб'єкти покриттів.

Результати дослідження

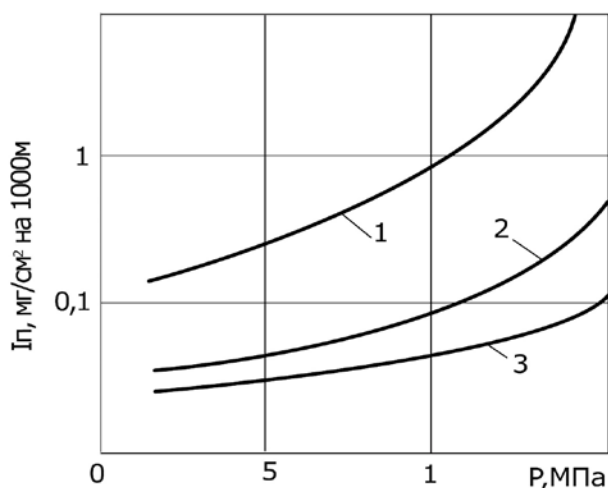


Рис. 1. Залежність інтенсивності зношування I від навантаження P сталі 30ХГСНА: 1 — без покриття; 2 — покриття самофлюс + TiC; 3 — покриття самофлюс + Cr₃C₂

Проведені дослідження трибологічних властивостей електроіскрових покриттів в умовах граничного тертя показали, що композитні структури з наповнювачем карбідом хрому мають значно вищу зносостійкість (рис. 1) у порівнянні з композиціями, у структурі яких знаходиться карбід титану.

Ці покриття суттєво підвищують зносостійкість сталі 30ХГСНА. В умовах граничного тертя на робочих поверхнях з електроіскровими покриттями утворюються вторинні структури з невеликою жорсткістю. Глибоких виривів сколювання покриттів не спостерігалось (рис. 2). Процеси активації і пасивації урівноважуються.

Пластична деформація локалізувалась у дуже тонких поверхневих шарах. Композиційні покриття добре припрацьовуються, протистоять схопленню з контактуючою загартованою сталлю 30ХГСНА і мають високу релаксаційну здатність.

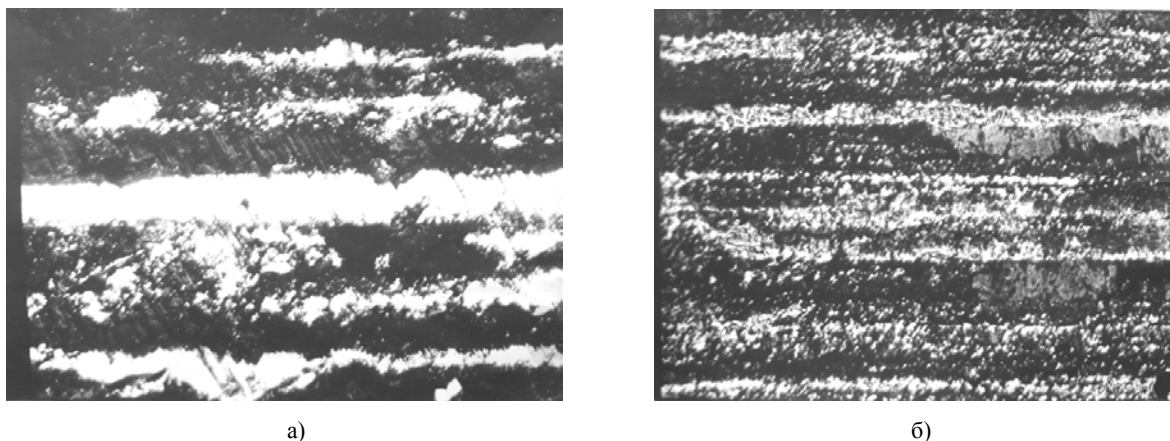


Рис. 2. Мікрофотографії поверхонь тертя сталі 30XГСНА : а — без покриття; б — з покриттям

Висновок

Композиційні електроіскрові покриття на основі самофлюсуючих сумішей з наповнювачами $TiCr_3C_2$ можна рекомендувати для поверхневого зміцнення деталей вузлів тертя, виготовлених з конструкційної легованої сталі 30XГСНА, які експлуатуються в умовах граничного тертя.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] В. Ф. Лабунець, «Тенденції створення захисних структур триботехнічного призначення,» *Проблеми та зношування*, наук. техн. зб, вип. 45, с. 107-118, 2006.
- [2] К. А. Крылов, и М. Е. Хаймзон, *Долговечность узлов трения самолетов*. Москва: Транспорт, 1976, 184 с.
- [3] А. Ф. Аксенов, и В. Н. Лозовский, *Износостойкость авиационных топливно-гидравлических агрегатов*. Москва: Транспорт, 1986. 240 с.
- [4] В. Ф. Лабунец, и др., «Анализ причин потери работоспособности деталей трущихся узлов авиатехники и методов их восстановления,» *Проблеми тертя та зношування*, вип. 51, с. 86-96, 2009.
- [5] С. Р. Игнатович, В. И. Маленко, и В.Ф. Лабунец, «Идентификация поверхностной прочности деталей узлов трения летательных аппаратов,» *Проблемы трибологии*, № 1, с. 11-14, 2007.
- [6] О. І. Духота, М. В. Кіндрачук, та В. Ф. Лабунець, «Проблемні питання використання титанових сплавів у вузлах тертя авіаційної техніки,» *Проблеми тертя та зношування*, наук. техн. зб., вип. 49, т. 2, с. 14-26, 2008.
- [7] А. Д. Верхотуров, и И. М. Муха, *Технология электроискрового легирования металлических поверхностей*. Киев: Техніка, 1982, 181 с.

Рекомендована кафедрою метрології та промислової автоматики ВНТУ

Стаття надійшла до редакції 10.10.2019

Лабунець Василь Федорович — канд. техн. наук, доцент, професор кафедри машинознавства;

Мельник Олексій Валерійович — аспірант кафедри технологій виробництва та відновлення авіаційної техніки.

Національний авіаційний університет, Київ;

Присяжнюк Василь Васильович — старший викладач кафедри метрології та промислової автоматики, e-mail: pvv_vin@ukr.net .

Вінницький національний технічний університет, Вінниця

V. F. Labunets¹
V. V. Prysiazniuk²
O. V. Melnyk¹

Electric Spark Alloying of Structural Alloyed Steel 30HGSNA for Parts of Friction Units

¹National Aviation University, Kyiv;

²Vinnitsia National Technical University

The paper analyzes the causes of destruction of parts of friction units of aircraft, which are made of alloy steel 30XGCHA. It has been established that the following processes develop on the working surfaces of these parts: abrasive wear, stuck, fretting corrosion and fatigue wear.

In laboratory conditions, studies were carried out on the wear resistance of samples made of 30HGSNA steel, on the working surfaces of which were coated with electrospark alloying. In the research process, a complex technique was used

(metallographic, X-ray diffraction and electron microscopy analyzes).

The wear resistance of electrospark coatings was determined on a 2070-CMT-1 universal computerized friction machine according to the disk-block scheme in the environment of MC-20 mineral aviation oil under conditions of boundary friction. Electrospark alloying of the samples was carried out in two stages with a change in the current strength, which made it possible to partially relieve internal stresses and reduce the roughness of the modified surface. A sample was used as a cathode, and electrodes made of sintered self-fluxing powders with titanium and chromium carbide were used as an anode. In the process of coating samples, the collision of electrons with the electrode surface leads to the release of thermal energy and, as a result, to a directed explosion of the anode portion that has received the electron momentum. During the explosion, all liquid and softened material is thrown into the interelectrode gap. A significant part of this material interacts with the surface of the cathode, forming a doped layer. The structure and physicomechanical properties of the resulting coating largely depend on the grain size of carbides. With decreasing grain size of carbides, the coating continuity increases. Due to the fact that in this case the transfer of eroded material in the liquid and vapor phases prevails, and in the presence of large grains, a part of the eroded material is transferred in the form of accumulations of grains. It was found that composite electrospark coatings based on self-fluxing mixtures with fillers of titanium carbide and chromium carbide significantly increase the wear resistance of structural alloy steel 30HGSNA and are recommended for the implementation of the developed surface hardening technology in production.

Keywords: coatings, friction, wear, structure.

Labunets Vasyl F. — Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor, Professor of the Chair of Mechanical Engineering;
Prisyazhniuk Vasyl V. — Senior Lecturer of the Chair of Metrology and Industrial Automation, e-mail: pvv_vin@ukr.net ;

Melnyk Oleksii V. — Post-Graduate Student of the Chair of Production Technologies and Renewal of Aviation Equipment

В. Ф. Лабунец¹
В. В. Присяжнюк²
А. В. Мельник¹

Электроискровое легирование конструкционной легированной стали 30ХГСНА для деталей узлов трения

¹Национальный авиационный университет, Киев;

²Винницкий национальный технический университет

Проведен анализ причин разрушения деталей узлов трения авиационной техники, изготовленных из легированной стали 30ХГСНА. Установлено, что на рабочих поверхностях этих деталей протекают следующие процессы: абразивный износ, схватывание, фреттинг-коррозия и усталостный износ.

В лабораторных условиях проведены исследования износостойкости образцов из стали 30ХГСНА, на рабочие поверхности которых были нанесены покрытия электроискровым легированием. В процессе исследования использована комплексная методика (металлографический, рентгеноструктурный и электронномикроскопический анализы).

Износостойкость электроискровых покрытий определялась на универсальной компьютеризированной машине трения 2070-CMT-1 по схеме «диск-колодка» в среде минерального авиационного масла MC-20 в условиях граничного трения. Электроискровое легирование образцов проводили в два этапа при изменении силы тока, что позволило частично снять внутренние напряжения и уменьшить шероховатость модифицированной поверхности. В качестве катода служил образец, а анода — электроды из спеченных самофлюсующихся порошков с карбидом титана и хрома. В процессе нанесения покрытий на образцах соударение электронов с поверхностью электрода приводит к выделению тепловой энергии и в результате — к направленному взрыву участка анода, воспринявшего импульс электронов. Во время взрыва весь жидкий и размягченный материал выбрасывается в межэлектродный зазор. Значительная часть этого материала взаимодействует с поверхностью катода, образуя легированный слой. Структура и физико-механические свойства полученного покрытия в большей степени зависят от величины зерна карбидов. С уменьшением размера зерен карбидов плотность покрытия увеличивается. В связи с тем, что в данном случае превалирует перенос эродированного материала в жидкой и паровой фазах, а при наличии крупных зерен часть эродированного материала переносится в виде скоплений зерен. Установлено, что композиционные электроискровые покрытия на основе самофлюсующихся смесей с наполнителями карбида титана и карбида хрома существенно повышают износостойкость конструкционной легированной стали 30ХГСНА и рекомендуются для внедрения разработанной технологии поверхностного упрочнения в производство.

Ключевые слова: покрытие, трение, износ, структура.

Лабунец Василий Федорович — канд. техн. наук, доцент, профессор кафедры машиноведения;
Присяжнюк Василий Васильевич — старший преподаватель кафедры метрологии и промышленной авиоматики, e-mail: pvv_vin@ukr.net ;

Мельник Алексей Валериевич — аспирант кафедры технологий производства и восстановления авиационной техники