

УДК 621.787.4

ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-ХІМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ, ЩО ВІДБУВАЮТЬСЯ ПРИ ФАБО ДЕТАЛЕЙ

А.М. Красота, асп.,

І.В. Шепеленко, проф., докт. техн. наук,

М.В. Красота, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький

Однією з важливих задач сучасного машинобудування є підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин, що працюють в умовах інтенсивного тертя. Технології фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО), завдяки своїй здатності утворювати на поверхнях тертя деталей антифрикційне покриття, значно покращують триботехнічні властивості спряжених поверхонь [1]. Обов'язковою умовою для здійснення ФАБО є наявність в зоні контакту технологічного середовища (ТС), основне призначення якого – створення умов для міцності зчеплення матеріалів основи та покриття [2]. Враховуюче те, що ТС багато в чому визначає якість та властивості отриманого покриття, а також продуктивність його нанесення, можна з упевненістю стверджувати про можливість підвищення ефективності процесу ФАБО за рахунок обґрунтованого підбору компонентів технологічної рідини.

Склад ТС повинен бути багатокомпонентний і включати різні групи хімічних речовин, серед яких розчинники, поверхнево-активні речовини, органічні сполуки, здатні до полімеризації, метали, їх сполуки та дисперсні металеві добавки, антикорозійні компоненти, а також модифікатори в'язкості. Кожен з цих компонентів виконує визначену роль, сприяючи досягненню високих показників якості покриття.

В роботі [3] був проведений детальний аналіз компонентів ТС ФАБО та запропоновано класифікація компонентів технологічних середовищ.

Також, на основі хімічних реакцій та фізичних процесів було запропоновано фізико-хімічну модель нанесення покриття в процесі здійснення ФАБО.

На наш погляд, для об'єктивної оцінки процесів, що відбуваються при нанесенні антифрикційних покриттів, слід розглянути вихідний стан поверхні, а також фізичні та хімічні явища, що відбуваються під час створення антифрикційних покриттів. З цієї точки зору, доцільним виглядає аналіз процесу ФАБО на етапах активації поверхонь, осадження антифрикційних компонентів та формування антифрикційного покриття.

Стан поверхні перед нанесенням антифрикційного покриття ФАБО. Зазначимо, що для вихідної поверхні деталі перед нанесенням антифрикційних покриттів ФАБО характерні структури, що можуть перешкоджати безпосередньому контакту і адгезійному зчепленню металів в процесі нанесення антифрикційного покриття. Крім вологи, яка має місце у поверхневому шару, в результаті взаємодії кисню повітря та метала деталі на поверхневому шарі створюються оксиди (FeO , Fe_2O_3 , Fe_3O_4), а також хімічно абсорбований кисень

1 етап — нанесення покриття - активація поверхонь деталі та інструменту. Даний етап утворення покриття характеризується диспергуванням матеріалів пари тертя – інструменту та деталі.

Спрацьовування механічного фактора активації при нанесенні покриття тертям відбувається як наслідок фрикційної взаємодії, здатної частково або повністю зруйнувати шар оксиду або хімічно абсорбованого кисню. Ламкий шар оксидів на поверхні тертя піддається значному впливу деформацій зсуву, внаслідок чого відбувається руйнування матеріалів деталі та інструменту та винесення його із зони контакту.

Підвищення температури в локальних поверхнях контакту сприяє збудженню поверхневих атомів металів, що приймають участь у фрикційній взаємодії, що полегшує руйнування зв'язків типу «метал-кисень» та забезпечує температурний фактор активації процесу ФАБО.

За таких умов відбуваються складні хімічні перетворення в технологічному середовищі, основою якого є гліцерин [4].

Внаслідок взаємодії компонентів технологічних середовищ відбувається трибодеструкція гліцерину, умовою виникнення якої є забезпечення в зоні тертя локальних температур близько 180...280 °С, які досягаються при виділенні тепла в зоні тертя інструменту та деталі.

В технологічному середовищі, що використовується для здійснення ФАБО, одним із основних компонентів, що містять плакуючий елемент є хлорид міді CuCl_2 . Хлорид міді в розчині технологічного середовища дисоціює з подальшим утворенням оксиду міді CuO та взаємодіє з іншими компонентами середовища.

Руйнування оксидних плівок на поверхнях деталей та інструментів сприяє оголенню активної ювенільної поверхні металу деталі та інструменту з подальшим формуванням захисних покриттів із сполук, утворених цими металами. Про це стверджують дані роботи [4].

2 етап — осадження антифрикційних компонентів на поверхні деталі. На даному етапі відбувається процес хімічного осадження металів з оксиду міді.

В результаті трибонавантажень та тисків частина часток матеріалу інструменту, що утворилися в результаті зрізання, запресовуються у впадинах між виступами профілю поверхні деталі. Це приводить до згладжування поверхні, збільшенню реальної площі контакту, зменшенню контактного тиску при роботі деталі з антифрикційним покриттям.

Утворення якісного антифрикційного покриття забезпечується достатньою адгезією та обумовлюється зниженням шорсткості поверхні деталі та підвищенням загальної площі контакту внаслідок заповнення западин поверхні основного металу матеріалом покриття. Нанесення антифрикційного покриття на деталь знижує сили тертя, що мають місце при її функціонуванні, і тим самим знижують її напружено-деформований стан.

3 етап — формування антифрикційного покриття. На даному етапі завершується перенесення матеріалу інструменту на поверхню деталі [5-10]. Відбувається припинення нарощування покриття внаслідок досягнення рівноважного стану за зсувними характеристиками.

Припиняється об'ємна пластична течія матеріалу інструменту та зменшується температура в зоні тертя, що приводить до гальмування хімічних реакцій взаємодії компонентів технологічного середовища.

Даний етап характеризується проходженням дифузії металу, осажденного на поверхню, вглиб поверхневого шару деталі. Так, як антифрикційні покриття, що отримуються методом ФАБО мають певну несучільність, то частина поверхнево-активного речовин з технологічного середовища адсорбується в порах покриття.

Запропонована фізична модель процесу ФАБО, яка ілюструє хімічні реакції і фізичні процеси та дозволяє з'ясувати та пояснити характерні явища, що відбуваються на різних етапах створення антифрикційного покриття.

Список використаних джерел

1. Паніна В.В., Дашивець Г.І. Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів/ В.В.Паніна, Г.І. Дашивець //Праці ТДАТУ. Т.1 № 4. С. 115-119.
2. Louda P. Applications of thin coatings in automotive industry. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Vol. 24, No. 1. September 2007. P. 51-56
3. М. Красота, І.В. Шепеленко, М.В. Красота, Р.А. Осін, Обґрунтування ефективності та класифікація компонентів технологічних середовищ для фінішної антифрикційної безабразивної обробки деталей машин. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ– с.104–111. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.104-112](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.104-112).
4. Krasota, A., Shepelenko, I., Krasota, M. (2025). Physical and chemical processes in the application of antifricition coatings by the friction-mechanical method. Problems of Tribology, 30(1/115), 66–73.
5. Аулін В.В., Кульова Д.О., Гриньків А.В., Лисенко С.В. Оцінювання ризиків несхоронних перевезень нафтопродуктів автомобільним транспортом. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.ІІ, С. 205-213. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).2.205-213](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).2.205-213)
6. Кульова Д.О., Магопєць С.О., Лівіцький О.М. Безпека дорожнього руху в Україні: оцінювання ризиків і перспективи цифровізації. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.ІІ. С. 298-312. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).2.278-285](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).2.278-285)
7. Кульова Д.О. Застосування концептуального підходу ризик-менеджменту в сфері безпеки руху на транспорті. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2024. Вип. 10(41), ч.І. С. 261-269. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.261-269](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.261-269)
8. Аулін В.В., Кульова Д.О., Варваров В.В. Виявлення, аналіз і прогнозування параметрів ризику безвідмовного навантаження готової продукції на транспортно-логістичному терміналі підприємства. Центральнорайонський науковий вісник. Технічні науки. 2025. Вип. 11(42), ч.І. С. 263-271. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11\(42\).1.263-271](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2025.11(42).1.263-271).
9. Аулін В.В., Гриньків А.В., Лисенко С.В., Головатий А.О., Голуб Д.В. Теоретичні і методологічні основи логістики транспортних і виробничих систем / монографія під заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В.В. – Кропивницький: Видавець Лисенко В.Ф., 2021. – 503 с.
10. Аулін В. В., Митник М. М., Ляшук О. Л., Гевко І. Б., Цьонь О. П., Лисенко С. В., Гудь В. З., Гриньків А. В., Голуб Д. В., Бабій М. В. Формування та функціонування логістичних центрів в регіональних транспортно-логістичних системах України: монографія за заг. ред. д.т.н., проф. Ауліна В. В., д.т.н., проф. Ляшука О. Л. – Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2024. – 393 с.