

конф., 15-17 квітня 2020 р. Кропивницький: ЦНТУ, 2020. С.168-169.

11. Aulin, V., Hrynkiv, A., Lyashuk, O., Vovk, Y., et al. Increasing the Functioning Efficiency of the Working Warehouse of the "UVK Ukraine" Company Transport and Logistics Center. Communications-Scientific letters of the University of Zilina. 2020. Vol. 22. №2, P. 3-14.

УДК 621.891:631.31:631.37

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РУХОМИХ СПРЯЖЕНЬ СИСТЕМ І АГРЕГАТИВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ПОЛІМЕРНИМИ КОМПОЗИТНИМИ МАТЕРІАЛАМИ З ВИСОКОМОДУЛЬНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

В. В. АУЛІН, д.т.н., проф., **А. В. ГРИНЬКІВ**, к.т.н., с.н.с.,

С. В. ЛИСЕНКО, к.т.н., доц., **О. М. ЛІВЦЬКИЙ**, к.т.н.

Центральноукраїнський національний технічний університет

E-mail: aulinvv@gmail.com

Підвищення довговічності рухомих спряжень систем і агрегатів сільськогосподарських машин на основі поєднання системно-спрямованого підходу і синергетичної концепції дало можливість сформулювати вимоги до конструювання трибологічних полімерних композитних матеріалів з високомодульними наповнювачами. Композитні матеріали, з яких виготовлені деталі сільськогосподарських машин, розглядали як відкриті динамічні системи, які еволюційно розвиваються в процесі експлуатації. Принципи синергетичної концепції використано для триботехнічних систем з урахуванням теорії еволюції і самоорганізації при забезпеченні їх самокеруючого і самопідтримуючого розвитку. Виявлено, що в процесі взаємодії елементів трибосистеми формується кооперативність локальних областей їх матеріалів. Зафіксовано виникнення критичного числа таких областей та визначено їх важливість при створенні інформаційного поля про їх функціонування. Показано спрямованість самоорганізації процесів і станів матеріалів деталей в триботехнічній системі та з'ясована доцільність використання висновків синергетичної концепції при конструюванні полімерних композитних матеріалів з високомодульним наповнювачем, а також їх нерівноважність.

Використання деталей, виготовлених з полімерних композитів, та відновлених деталей нанесенням покриттів з цих матеріалів, показало їх ефективність при підвищенні довговічності систем і агрегатів машин. Разом з тим постає важлива проблема оптимізації складу полімерних композитів, вмісту наповнювачів, їх розподілу в полімерній матриці. Потребують розробленню питання розробки методів і способів модифікування матриці і

наповнювачів полімерних композитних матеріалів (ПКМ) потоками речовини і фізичних полів.

Показано, що високу зносостійкість, термостабільність фаз, можливість регулювання морфологією структури та направленістю її елементів повинні мати гетерогенні матеріали ПКМ та їх поверхневі шари, нанесені на деталі машин. Працездатність ПКМ розглядається враховуючи значні розходження в поглядах на вплив структурних їх особливостей та відсутність даних про поєднання компонентів по комплексу характеристик і їх властивостям. Виявлена можливість створення узагальнених критеріїв вибору оптимальних по зносостійкості композиційних матеріалів. Показано, що підвищити зносостійкість ПКМ можливо за рахунок удосконалення їх структури, оптимального поєднання характеристик і властивостей компонентів та реалізації процесів і стану самоорганізації.

В роботі з'ясовано можливості підвищення довговічності рухомих спряжень деталей сільськогосподарських машин на основі системно-спрямованого підходу та синергетичної концепції конструювання трибологічних полімерних композитних матеріалів з високомодульними наповнювачами та розроблення рекомендацій.

Системно-спрямований підхід передбачає розгляд спряжень деталей, що працюють в робочих (технологічних) середовищах триботехнічної системи. При цьому триботехнічні системи складаються із взаємодіючих деталей вузлів, систем і агрегатів машин, робочого (технологічного) середовища, структура, характеристики і властивості матеріалів ПКМ, які в процесі тертя та зношування змінюються в часі. Оскільки процес розвитку будь-якої триботехнічної системи машин повинен розглядатися з системної точки зору, то тільки системно-спрямований підхід дає можливість зрозуміти характер необоротних змін, які відбуваються в ПКМ.

Основу синергетичної концепції досліджень умов та механізмів реалізації процесів і станів різних типів самоорганізації ПКМ і робочого (технологічного) середовища в триботехнічній системі складає сукупність взаємозв'язаних принципів, які полягають в тому, що зміна структури, характеристик і властивостей матеріалів компонентів, особливо полімерних композитів, відбувається завдяки колективній взаємодії в них частинок компонентів та фізичних полів.

В процесі взаємодії елементів триботехнічної системи виявлено кооперативність (колективні дії, когерентність) локальних областей ПКМ, зафіксовано виникнення критичного числа таких областей. На цій основі рекомендовано створення єдиного інформаційного поля про функціонування ПКМ. Показано, що комплекс вибірково залучених локальних областей набуває характеру взаємосприяння на отримання корисного результату в триботехнічній системі.

Оскільки центральне місце в основному синергетичному принципі відводиться принципу самоорганізації, то внутрішня активність триботехнічної системи супротивна розупорядковуючій стихії ентропії і, за певних умов,

приводить до саморуху. Це обумовлює створення методологічної спрямованості самоорганізації процесів і станів в триботехнічній системі.

Поєднання системно-спрямованого підходу і синергетичної концепції, як інтегруючого пошуку закономірностей в трибології ПКМ, дозволяє врахувати результати наукових досліджень проблеми підвищення зносостійкості, а також покращення сукупності властивостей та характеристик матеріалів трибоелементів, робочих (технологічних) середовищ, умов тертя та зношування в триботехнічній системі.

Показано, що створити трибофізичні основи зносостійкості і довговічності триботехнічних систем, з спряженими деталями, виготовлених або зміцнених ПКМ, можливо використовуючи системно-спрямований підхід і синергетичну концепцію. Такий підхід має самостійне, методологічне та наукове значення, оскільки дозволяє уточнити предметне уявлення про зносостійкість і розширити відомості про протікання процесів в матеріалах трибоелементів, робочому (технологічному) середовищі, на межах їх взаємодії та еволюцію станів. За сутністю трибофізичний напрям в машинобудуванні стверджує реалізацію нового механізму тертя на основі ефекту самоорганізації. На відмінну від відомих методів, концепцій та підходів, дана методологія дає можливість встановити взаємозв'язок різних параметрів процесів, стану та властивостей матеріалу деталей з трибофізичної точки зору.

При розв'язанні проблеми підвищення довговічності рухомих спряжень деталей з ПКМ вимоги до структури і властивостей зносостійких ПКМ можуть бути уточнені і конкретизовані в процесі експериментальних та теоретичних досліджень в залежності від типу спряжень деталей, умов тертя і виду зношування. При цьому виявляється наступне: мінімізація пористості; забезпечення гетерогенної структури матеріалу з рівномірним розподілом наповнювача в пружно-пластичній матриці; адгезійний зв'язок між компонентами має бути достатньо міцним. Ідеальною, з погляду триботехнічних вимог, є трифазна структура ПКМ: пружно-пластична матриця, тверді зносостійкі високомодульні наповнювачі (включення) і частинки твердого мастила для забезпечення реалізації правила додатного градієнта властивостей.

Аналіз експлуатаційних характеристик ПКМ рухомих спряжень деталей триботехнічного призначення свідчить, що вони визначаються умовами роботи трибоспряження. З'ясовано, що в широких межах варіюються: низькі значення коефіцієнта тертя і висока зносостійкість; поєднання оптимальної об'ємної і поверхневої міцності з легкою припрацьовуваністю поверхонь спряжених деталей та достатньої в'язкості для виключення крихкого руйнування; висока втомна міцність; здатність утворювати шари вторинних структур; достатня теплопровідність і оптимальні значення коефіцієнта теплового розширення (КТР); наявність запасу твердого або рідкого мастила; економічність і технологічність при виготовленні.

При цьому зміна механічних властивостей матеріалів поверхневих шарів деталей з ПКМ обумовлена зниженням вільної поверхневої енергії і, як

наслідок, зменшується робота, необхідна для збільшення поверхні поверхні, виявлено механізми перетворення механічної енергії в інші форми енергії.

Це можна використати при підвищенні зносостійкості та довговічності деталей, виготовлених з ПКМ: механічні методи активації радикально впливають на реакційну здатність поверхневих шарів матеріалів деталей; механічна активація є методом направленою регулювання фізичних, фізико-хімічних та трибологічних властивостей робочих поверхонь і поверхневих шарів деталей; під впливом механічної активації спостерігаються якісні і кількісні зміни в характері хімічних зв'язків і трансформуванні хімічних складів поверхневих шарів деталей; механо-хімічні методи активації стимулюють розвиток гетерогенних реакцій в приповерхневих шарах.

Оскільки при терті та зношуванні рухомих спряжень деталей в триботехнічній системі спостерігаються нерівноважні процеси, то при конструюванні полімерних композитних матеріалів слід врахувати теорію нерівноважних процесів, з врахуванням еволюції станів матеріалів та ефектів узгодження та корегування їх поведінки. З теоретичної точки зору розглянуто характер зміни ентропії в триботехнічній системі, дисипацію енергії, екстремальний принцип синергетичної концепції та принцип стаціонарної або нелінійної дії. Сформульовано ряд трибологічних принципів створення і обґрунтування доцільності і ефективності використання полімерних композитних матеріалів та вимог до їх структури і властивостей. На основі результатів досліджень зроблені узагальнення, які можуть бути використані при підвищенні довговічності деталей рухомих спряжень, виготовлених з полімерних композитних матеріалів. Полімерний композитний матеріал розглядається як сукупність взаємодіючих ансамблів локальних областей. Аналіз їх структурної організації проводиться з використанням цілочисельної функції з урахуванням структурної ентропії та ймовірного стану. В умовах експлуатації полімерного композитного матеріалу можливо використання принципу максимальної зносостійкості (надійності), згідно якого спряження деталей вузлів, систем, агрегатів машин, працюючих в робочому (технологічному) середовищі мінімізує з ним свою взаємодію.

Список використаних джерел

1. Аулін В.В., Деркач О.Д., Макаренко Д.О., Гриньків А.В. Вплив режимів експлуатації на зношування деталей, виготовлених з полімерно-композитного матеріалу. Проблеми трибології. 2018. №4. С.65-69.
2. Аулін В.В. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості деталей та робочих органів сільськогосподарської техніки: дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.04 / Хмельниц. нац. ун-т. Хмельницький, 2015. 360 с.
3. Аулін В.В. Визначення об'ємного вмісту наповнювача в антифрикційному композиційному покритті. Машинознавство. 2004. №7(85). С. 49-53.
4. Аулін В.В., Кузик О.В. Динамічне матеріалознавство зон тертя деталей сільськогосподарської техніки. Вісник ЖНАЕУ: наук.-теор. збір. 2014. № 2(45),

т.4, ч.ІІ. С. 102-110.

5. Aulin V., Derkach O., Makarenko D., Hrynkiv A., Pankov A., Tykhyi A. Analysis of tribological efficiency of movable junctions "polymeric-composite materials – steel". Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2019. Vol. 4 (12-100). P. 6-15.

6. Aulin V.V., Derkach O.D., Kabat O.S., Makarenko D.O., Hrynkiv A.V., Krutous D.I. Application of polymer composites in the design of agricultural machines for tillage. Problems of Tribology, V.25, No2/96-2020. 49-58.

7. Aulin V., Kobets A., Derkach O., Makarenko D., Hrynkiv A., Krutous D., Muranov E. Design of mated parts using polymeric materials with enhanced tribotechnical characteristics. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. Vol. 5 (12-107). P. 49-57.

8. Aulin V., Derkach O., Makarenko D., Hrynkiv A., Krutous D., Muranov E. Development of a system for diagnosing bearing assemblies with polymer parts during operation. Technology audit and production reserves. 2020. № 5/1(55), pp.18-20.

9. Aulin V.V., Hrynkiv A.V., Smal V.V., Lysenko S.V., Pashynskiy M.V., Katerynych S.E., Livitskiy O.M. Basic approaches and requirements for the design of tribological polymer composite materials with high-modulus fillers. Problems of Tribology, V.26, No 4/102-2021, P. 51-60.

УДК 631.372+62-192

РОЛЬ ЕКВІДИСТАНТНОСТІ СПРЯЖЕНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН В ЇХ ПРИПРАЦЮВАННІ

В. В. АУЛІН, д.т.н., проф., **А. Є. ЧЕРНАЙ**, асп.,
А. В. ГРИНЬКІВ, к.т.н., с.н.с.

Центральноукраїнський національний технічний університет
E-mail: aulinvv@gmail.com

В проблемі підвищення надійності мобільної сільськогосподарської (МСГТ) та автотранспортної техніки (АТТ) безпосередньо мова йде про процеси зміни технічних параметрів спряжень деталей систем і агрегатів. Інтенсивність і характер протікання цих процесів істотно залежать від відхилень форми і точності взаємного розташування робочих поверхонь деталей в спряженнях в процесі експлуатації.

Особливо проблемними у цьому ракурсі є прецизійні спряження деталей МСГТ і АТТ, а також деталей з поверхневими шарами високої твердості. Ефективність реалізації процесів припрацювання та відновлення ресурсовизначальних спряжень деталей можливо забезпечити на основі високої