

**Диха О.В.,
Вельбой В.П.,
Дитинюк В.О.**

Хмельницький національний університет,
м. Хмельницький, Україна,
E-mail: tribosenator@gmail.com

АНАЛІЗ ТРИБОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТА ПЕРСПЕКТИВНІ ДОСЛІДЖЕННЯ НЕМЕТАЛЕВИХ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ

УДК 621.891: 622.620

DOI:10.31891/2079-1372-2018-90-4-32-35

Для виготовлення опор ковзання технологічних і транспортних машин найбільше розповсюдження отримали підшипники з металевих антифрикційних матеріалів. Практика експлуатації підшипників з металевих сплавів показує, що вони мають високу зносостійкість лише за умов граничного або рідинного змащування. Змащування обладнання харчової, текстильної, паперової, фармацевтичної та хімічної галузей виробництва ускладнено через негативний вплив мастила на якість готової продукції. Працездатність вузлів тертя таких механізмів забезпечується застосуванням неметалевих підшипників ковзання, які здатні працювати за умови сухого тертя, наявності агресивного середовища. З урахуванням економічних та екологічних чинників перспективним напрямком дослідження антифрикційних матеріалів слід вважати розробку і дослідження трибо логічних властивостей таких матеріалів на основі природної деревини. В результаті аналізу матеріалів і технології деревно-полімерних композицій показано, що дослідження спрямовані тільки на вивчення впливу синтетичного наповнювача та інших добавок на трибо технічні характеристики підшипників ковзання. Перспективними для покращення трибо технічних властивостей деревно-полімерних композицій для підшипників ковзання є пошук дешевих природних матеріалів, які за властивостями позитивно відрізняються від подрібнених відходів деревообробки.

Ключові слова: підшипники ковзання, змащування, трибологічні властивості, дерево-полімерні композиції.

Практика експлуатації підшипників ковзання у вигляді втулок і вкладишів з антифрикційних металевих сплавів показує, що металеві підшипники мають тривалу зносостійкість лише за умови граничного або рідинного змащування. В іншому разі такі підшипники інтенсивно нагріваються, відбувається заклинення вала і працездатність рухомого з'єднання втрачається. Змащування вузлів тертя багатьох машин, зокрема механізмів технологічного обладнання харчової, текстильної, паперової, фармацевтичної, хімічної та інших галузей виробництва не припустимо через негативний вплив мастила на якість готової продукції. Тривала працездатність вузлів тертя таких механізмів зазвичай забезпечується застосуванням неметалевих підшипників ковзання, які здатні працювати за умови сухого тертя, наявності агресивного середовища, наднизьких температур тощо.

За матеріальною основою та технологією виготовлення неметалеві підшипники можна поділити на три види – пластмасові, металополімерні та деревопластикові.

Матеріальною основою пластмасових підшипників є відповідні терморективні та термопластичні полімерні матеріали, які в основному визначають і обмежують їх експлуатаційні можливості. Так, наприклад, підшипники з текстоліту на основі формальдегідної смоли здатні працювати за температури не більше 80 °С, а при змащуванні водою коефіцієнт тертя складає 0,01 ... 0,005, допускають навантаження $p = 30 \dots 35$ МПа, $pv = 20 \dots 25$ МПа·м/с. Спільним недоліком більшості пластмасових підшипників, зокрема поліамідних та капронових, є низька теплопровідність, значна пружна деформація, обмеження температурним інтервалом роботи 80 ... 100 °С. Такі підшипники виготовляють у вигляді металевих вкладишів, облицьованих тонким шаром відповідної пластмаси шляхом вихрового розпилення. Однак плівки напиленої пластмаси навіть при незначному перегріванні оплавляються, з часом старіють та руйнуються.

Металополімерні підшипники являють собою сталеву суцільну або розрізну втулку, покриту тонким шаром пористого антифрикційного сплаву, пори якого заповнені полімером, здатним тривало працювати в трибо спряженні без змащування. Відомий [1] металофторопластовий матеріал (ГОСТ 1050-88) складається з трьох шарів: основи з мало вуглецевої сталі товщиною 0,75...2,3 мм, покритої шаром міді або латуні; порошкового пористого шару сферичних гранул бронзи, припечених до сталевій смуги; шару суспензії фторопласту 4ДВ (75 %) і дисульфиду молибдена (25 %), яка плівкою 0,3 мм покриває гранули бронзи і заповнює пористого шару бронзи. Такий матеріал при малих швидкостях ковзання (0,05 ... 0,1 м/с) витримує навантаження до 350 МПа, зберігає працездатність в інтервалі температур від – 200 до +280 °С. За температури понад +120 °С навантажувальна здатність поступово зменшується і при +280 °С не перевищує 170 МПа. Залежно від режимів роботи коефіцієнт тертя підшипника з металофторопласту без змащування може бути в межах 0,04 ... 0,23. Німецький металополімерний матеріал спрелафлон (SF), у якому шар антифрикційного матеріалу складається з фторопласту ПТФЕ (37 %), свинцю (50 %) і фенол формальдегідної смоли (13 %) рекомендований для роботи за умо-

ви сухого тертя. Підшипники у вигляді нерознімних або рознімних втулок з металофторопластових смуг шириною 75 і 100 мм виготовляють штампуванням з наступним калібруванням.

Вартість полімерних матеріалів та складених композицій на їх основі, як й іншої продукції хімічної промисловості, вітчизняне виробництво якої ґрунтується на використанні імпортного природного газу, невпинно зростає. Так, наприклад, пропонована єдиним в Україні виробником виробів з фторопласту ТОВ «НВП «Пластополімер» ціна виробів з фторопласту сягає від 500 грн/кг. Так само значно подорожчали кольорові метали та антифрикційні сплави на їх основі. Разом з цим все гострішими стають екологічні питання хімічного та металургійного виробництва. Тому з урахуванням економічних та екологічних чинників перспективним напрямками дослідження антифрикційних матеріалів слід вважати розробку і дослідження трибо логічних властивостей і технології виробництва таких матеріалів на основі широко доступної природної деревини.

З історичних довідок відомо, що дерев'яні підшипники з твердого і маслянистого бакаутового дерева, встановлені у вузлах тертя турбін американської гідроелектростанції, побудованої біля міста Кововінго (штат Меріленд). Такі ж підшипники були встановлені в механізмі корабельного гвинта американського підводного човна SS-383, який брав участь у другій світовій війні. На підводному човні проекту 636 «Варшавянка» головний вал обертався в підшипниках з бакаута. Природне змащування, яке здійснюється цим деревом, забезпечує надійну роботу вузлів тертя більше семи років.

Огляд літературних джерел [2...8] показує, що і в сучасному машинобудуванні для виготовлення підшипників ковзання також використовують антифрикційні матеріали на основі деревини. Так, наприклад, підшипниками, виготовленими з пластифікованої деревини комплектуються сільськогосподарські машини відомих виробників NECO, JOHN DEERE та інших зарубіжних фірм [9].

Сучасні антифрикційні матеріали на основі деревини за технологією надання їй високих трибо-технічних і технологічних властивостей поділяють на пластифіковану деревину (лігнамон), модифіковану деревину та пресовані деревно-полімерні композиції.

Пластикіацію природної деревини здійснюють шляхом тривалої обробки в автоклаві попередньо підготовлених і висушених брусків м'яколистяних та хвойних порід дерева аміаком, який діючи на деревину надає їй пластичність і здатність ущільнюватись при пресуванні, перетворюючи її у новий матеріал – лігнамон з якісно поліпшеними властивостями у порівнянні з вихідною деревиною. Проведені рядом авторів дослідження інститутом хімії деревини АН Латвії показали, що коефіцієнт тертя при змащуванні лігнамону солідолом рівнозначний коефіцієнту тертя по бабіту.

Модифікування деревини введенням полімерних наповнювачів ґрунтується на просочуванні брусків дерева полімерними в'язкими з наступною їх полімеризацією. Модифікована деревина поєднує в собі властивості природного (деревина) та синтетичного (наповнювач) полімерів. Проникненню наповнювача в природну деревину сприяє її пористо-судинна будова і цей процес легше здійснити для м'яких листяних та хвойних порід (береза, вільха, осика). Як наповнювачі при модифікуванні деревини використовують терморективні смоли. Міцність модифікованої берези у порівнянні з натуральною при стисканні вздовж волокон збільшується у 2 рази, а поперек волокон – в 6 разів. Наповнення механічно оброблених і висушених до 12 ... 16 % вологості заготовки у вигляді втулок розчином смоли певної в'язкості здійснюється на промислових установках, обладнаних ємностями, системами стиснутого повітря або вакуумування. Полімеризацію наповнювача здійснюють різними термічним, хімічними, радіаційними та іншими процесами [10].

Пресовані деревно-полімерні композиції отримують шляхом просочування дрібних фракцій деревини (подрібненого висушеного шпону, стружки, тирси) в розчинах спирто- і водорозчинних синтетичних смол. Ущільнення суміші здійснюють шляхом компресійного пресування під тиском від 39 до 68 МПа за температури відповідно 145 і 165° С та витримці з розрахунку 1 хв/мм товщини пресованого виробу. Фізико-механічні властивості пресованої композиції залежать від розмірів, форми і вологості частинок деревини, виду і вмісту полімерної в'язкої речовини і добавок та технологічних параметрів пресування. Встановлено, що чим менше розміри фракцій деревини, тим більше потрібно в'язкої речовини, оптимальний вміст якої рекомендований в межах 25 ... 30 % маси композиції.

В результаті аналізу відомостей щодо вихідних матеріалів і технології виготовлення деревно-полімерних композицій виявлено, що проведені дослідження в основному спрямовані на вивчення впливу синтетичного в'язкого наповнювача та інших добавок композиції на трибо-технічні характеристики підшипників ковзання. Відносно матеріальної основи (деревини) відомо лише використання подрібнених та висушених відходів механічної обробки серцевини стовбурних та гілкових частин листяних і хвойних порід дерева у вигляді тріски, стружки та тирси.

Відомо, що мікроструктура деревини волокниста, пориста і утворена з витягнутих веретеноподібних клітин-осередків, стінки яких складаються в основному з целюлози, що є природним лінійним полімером, ниткоподібні ланцюги якого жорстко зв'язані гідроксидними зв'язками [11]. Макроструктура і обумовлені нею фізико-механічні властивості деревини у поперечному, подовжньому і тангенціальному (по хорді) розрізах стовбура значно відрізняються. Очевидно, що і складові фракції подрібнених відходів

сортової деревини за будовою також неоднорідні та мають різні властивості, які є причиною різного ступеню пористості, теплопровідності та виявленої, зокрема, анізотропії зносостійкості деревно-полімерних підшипників ковзання.

Перспективними в напрямі поліпшення трибо технічних властивостей деревно-полімерних композицій для підшипників ковзання вбачаються пошуки інших широко доступних і дешевих природних матеріалів, які за макроструктурою та властивостями позитивно відрізняються від подрібнених відходів механічної деревообробки. До таких матеріалів передусім належить шкаралупа волоського горіха, яка рекомендована наповнювачем у вигляді подрібненої маси фракціями 2,5 ... 5 мм для виробництва легкого артолітбетону на основі цементозольношламового розчину [12]. Дослідження властивостей артолітбетонів з вмістом наповнювача до 73 % за об'ємом у вигляді подрібненої деревинної тріски і фракцій шкаралупи волоського горіха показали, що у порівнянні з деревинною тріскою вміст фракцій шкаралупи в середньому підвищує міцність артолітбетону в 1,75 рази, а водопоглинення зменшується у 2 рази.

Висновки

1. З урахуванням економічних та екологічних чинників перспективним напрямками дослідження антифрикційних матеріалів слід вважати розробку і дослідження трибо логічних властивостей і технології виробництва таких матеріалів на основі широко доступної природної деревини.

2. В результаті аналізу вихідних матеріалів і технології виготовлення деревно-полімерних композицій виявлено, що дослідження в основному спрямовані на вивчення впливу синтетичного в'язучого наповнювача та інших добавок композиції на трибо технічні характеристики підшипників ковзання.

3. Встановлено, що перспективними для покращення триботехнічних властивостей деревно-полімерних композицій для підшипників ковзання є пошук дешевих природних матеріалів, які за макроструктурою та властивостями позитивно відрізняються від подрібнених відходів механічної деревообробки.

Література

1. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3-х т.: Т. 2. – 8-е изд. Под ред. И. Н. Жестковой. – М. : Машиностроение, 2001.
2. Конструкционные материалы: Справочник / Б. Н. Арзамасов, В. А. Брострем, Н. А. Буше и др.; Под. общ. ред. Б. Н. Арзамасова. – М. : Машиностроение, 1990.
3. Вигдорович А. И., Сагалаев Г. В. Применение древопластов в машиностроении. М.: Машиностроение, 1982.
4. Полимеры в узлах трения машин и приборов: Справочник/ Е. В. Зиновьев, А. И. Левин, М. М. Бородулин, А. В. Чичинадзе. М. : Машиностроение, 1988.
5. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин. Киев: Наукова думка, 1979.
6. Трение, изнашивание и смазка: Справочник. М.: Машиностроение, 1979.
7. Зайчук Н. П. Виготовлення дерев'яних елементів підшипників / Н. П. Зайчук, С. П. Шимчук, Л. М. Пашинський // Інноваційні ресурсозбережні матеріали та зміцнювальні технології : Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. 6-8 червня 2012 р., м. Маріуполь / ДВНЗ «ПДТУ». – Маріуполь, 2012.
8. Кулдашев Э. И., Тохиров М. З., Латипов М. Г. Технология изготовления подшипников скольжения на основе древесно-композиционных материалов // Молодой ученый. – 2017. – №12. – С. 62-63.
9. <https://prom.ua> > Потребительские товары
10. Винник Н.И. Модифицированная древесина. М.: Лесная промышленность, 1984.
11. Будник А.Ф., Юскаев В.Б., Будник О.А. Неметалеві матеріали в сучасному суспільстві: Навчальний посібник. – Суми: Вид-во СумДУ, 2008.
12. Акулова М. В. Получение легкого артолитбетона на основе цементозольношламового вяжущего и органического заполнителя из скорлупы грецкого ореха / М. В. Акулова, Б. Р. Исакулов, М. Д. Джумабаев, Т. Ж. Толеуов // Интернет-журнал «Науковедение», Москва. Том 8, No 4 (35) 2016 г. С. 1-13.

Надійшла в редакцію 27.12.2018

Dykha O.V., Velboi V.P., Dytynyuk V.O. **Analysis of tribological properties and promising research of non-metallic sliding bearings.**

Bearings made of metal antifriction materials were the most commonly used for the manufacture of pillars of slipping of technological and transport vehicles. The practice of using bearings made of metal alloys shows that they have a high wear resistance only in the case of limiting or liquid lubrication. Lubrication of food, textile, paper, pharmaceutical and chemical industries is complicated due to the negative impact of lubricants on the quality of finished products. The efficiency of the friction units of such mechanisms is ensured by the use of non-metal slide bearings, which are capable of operating under conditions of dry friction, the presence of aggressive media. Taking into account economic and environmental factors, the prospective study of antifriction materials should be considered as the development and study of tribological logic properties of such materials on the basis of natural wood. As a result of analysis of materials and technology of wood-polymer compositions, it has been shown that studies are aimed only at studying the influence of synthetic filler and other additives on the tribo technical characteristics of the bearings of sliding. Promising to improve the tribo technical properties of wood-polymeric compositions for sliding bearings is the search for cheap natural materials that, by their properties, are positively different from shredded waste wood processing.

Key words: bearings for sliding, lubrication, tribological properties, wood-polymer compositions.

References

1. Anurev V. I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitel'ya. v 3-h t. T. 2. 8-e izd. Pod red. I. N. Zhestkovej. M.: Mashinostroenie, 2001.
2. Konstrukcionnye materialy: Spravochnik. B. N. Arzamasov, V. A. Brostrem, N. A. Bushe i dr.; Pod. obsh. red. B. N. Arzamasova. M.: Mashinostroenie, 1990.
3. Vigdorovich A. I., Sagalaev G. V. Primenenie drevoplastov v mashinostroenii. M. Mashinostroenie, 1982.
4. Polimery v uzlah treniya mashin i priborov: Spravochnik. E. V. Zinovev, A. I. Levin, M. M. Borodulin, A. V. Chichinadze. M. Mashinostroenie, 1988.
5. Slovar-spravochnik po treniyu, iznosu i smazke detalej mashin. Kiev Naukova dumka, 1979.
6. Trenie, iznashivanie i smazka: Spravochnik. M. Mashinostroenie, 1979.
7. Zajchuk N. P. Vigotvleniya derev'yanih elementiv pidshipnikov. N. P. Zajchuk, S. P. Shimchuk, L. M. Pashinskij. Innovacijni resursnozberezhni materialy ta zmichnyvalni tehnologiyi. Materiali mizhnar. nauk.-prakt.konf. 6-8 chervnya 2012 r., m. Mariupol. DVNZ «PDTU». Mariupol, 2012.
8. Kuldashiev E. I., Tohirov M. Z., Latipov M. G. Tehnologiya izgotovleniya podshipnikov skol-zheniya na osnove drevesno-kompozicionnyh materialov. Molodoj uchenyj. 2017. №12. S. 62-63.
9. <https://prom.ua> > Potrebiteľskie tovary
10. Vinnik N.I. Modificirovannaya drevesina. M. Lesnaya promyshlennost, 1984.
11. Budnik A.F., Yuskayev V.B., Budnik O.A. Nemetalevi materialy v suchasnomu suspilstvi: Navchalnij posibnik. Sumi: Vid-vo SumDU, 2008.
12. Akulova M. V. Poluchenie legkogo arbolitobetona na osnove cementozolnoshlamovogo vyzhushhego i organicheskogo zapolnitelya iz skorlupy greckogo oreha. M. V. Akulova, B. R. Isakulov, M. D. Dzhumabaev, T. Zh. Toleuov. Internet-zhurnal «Naukovedenie», Moskva. Tom 8, No 4 (35) 2016 g. S. 1-13.