

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ НАНЕСЕННЯ АНТИФРИКЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ ПІДШИПНИКІВ КОВЗАННЯ

Тарельник В. Б., д.т.н., Дзюба О.В. аспірант
(Сумський національний аграрний університет)

Представлені результати аналізу технологій нанесення антифрикційних покриттів підшипників ковзання. Визначена найбільш перспективна технологія.

Вступ. Розв'язання проблеми, пов'язаної зі збільшенням термінів служби машин, на пряму залежить від підвищення зносостійкості й надійності вузлів тертя. При великій різноманітності умов роботи деталей найбільш навантаженим у них є поверхневий шар. Тому реальний ресурс роботи машини на пряму залежить від несучої здатності поверхонь деталей, яка визначається якістю їх поверхневого шару. Якість поверхневого шару, в свою чергу, залежить від технології його створення, тому аналіз методів нанесення антифрикційних покриттів на поверхні тертя підшипників ковзання (ПК) є актуальним і своєчасним.

Постановка проблеми. Підшипники ковзання – це опори деталей обертання, що працюють в умовах ковзання цапфи по поверхні підшипника. Цапфою називають опорну ділянку вала [1].

Основним елементом ПК є вкладиш підшипника (ВП), який встановлюють у корпусі підшипника або безпосередньо в корпусі машини. ВП виготовляють з метою економії, як деталь, довговічність якої визначається часом міжремонтного пробігу і яку можна замінити після зношування.

У машинобудуванні для виготовлення ВП застосовують чавуни, бронзи та легкоплавкі сплави на основі свинця, олова, цинку або алюмінія, які називаються бабітами. По антифрикційних властивостях бабіт перевершує всі інші антифрикційні сплави, але по механічній міцності він значно поступає бронзі й чавуну, тому бабіт застосовують тільки для покриття робочої поверхні вкладиша тонким шаром.

Надійність ПК значною мірою залежить від якості їх виготовлення, а також проведення монтажних і ремонтних робіт, виконання всіх вимог конструкторської й технологічної документації.

Якість поверхневого шару ПК залежить від матеріалу покриття, методу його нанесення, дотримання технологічного процесу та ін.

Найбільш широко при виготовленні ВП застосовують антифрикційні сплави на олов'яній і свинцевій основі (бабіти). Бабіти складаються із м'яких

металів Sn, Pb, Cd, Sb, Zn і характеризуються наявністю твердих структурних складових в пластичній матриці. В залежності від конструкції ПК бабіт наносять як на криволінійні (рис. 1, а, б), так і на плоскі поверхні (рис.1, в).

Основні вимоги до антифрикційних сплавів визначаються умовами роботи ВП. Вони повинні мати достатню твердість, але не дуже високу, щоб не викликати сильного зношування вала; порівняно легко деформуватися під впливом місцевих напружень; утримувати мастильний матеріал на поверхні; мати малий коефіцієнт тертя між валом і підшипником та інші [2].

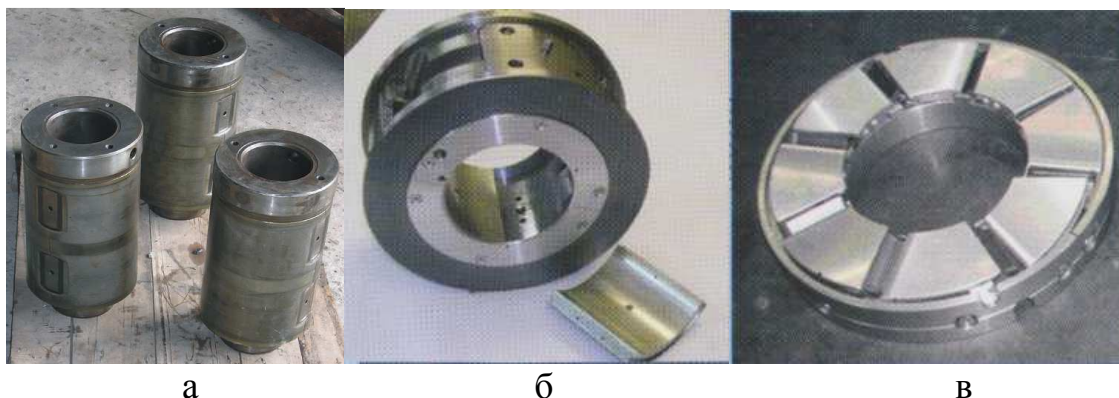


Рисунок 1 – Конструктивні елементи ПК з бабітовим покриттям: а – зовнішня поверхня опорних пальців зубчатих коліс, б – внутрішня поверхня вкладишів опорних ПК, в – плоска поверхня упорного ПК.

Таким чином, створення поверхневих шарів з особливими властивостями для вузлів тертя ковзання, у даному випадку підшипників ковзання, є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. При традиційній технології бабіти заливають на підігріті вкладиші (2500С) при температурі 450-4800С. Часто застосовують відцентрову заливку. Заливають також в кокіль під тиском, товщина заливки 1-3 мм [3].

Слід відмітити, що із зменшенням товщини антифрикційного бабітового шару збільшуються його механічні властивості. Найменша товщина заливки допускається 0,25...0,4 мм.

В останні роки для виготовлення та ремонту ПК отримали застосування декілька нових методів: газотермічне напилення, гальванічне нарощування, штамповка в температурному інтервалі кристалізації [4-6].

Для нанесення антифрикційних покриттів досить перспективним є метод електроерозійного легування (ЕЕЛ), який все ширше використовується в промисловості [7].

Аналіз літературних джерел показав, що сучасна технологія має дуже велику кількість методів формування антифрикційних бабітових шарів ПК, кожен з яких має як переваги, так і недоліки, а також свою технологічну нішу.

Таким чином метою роботи є підвищення якості ПК шляхом аналізу

проблем і перспектив існуючих методів формування його поверхневого антифрикційного шару та вибір більш перспективного.

Викладення основного матеріалу. На основі аналізу технологій нанесення антифрикційних покриттів на ПК, створена блок-схема, яка зображена на рис. 2.

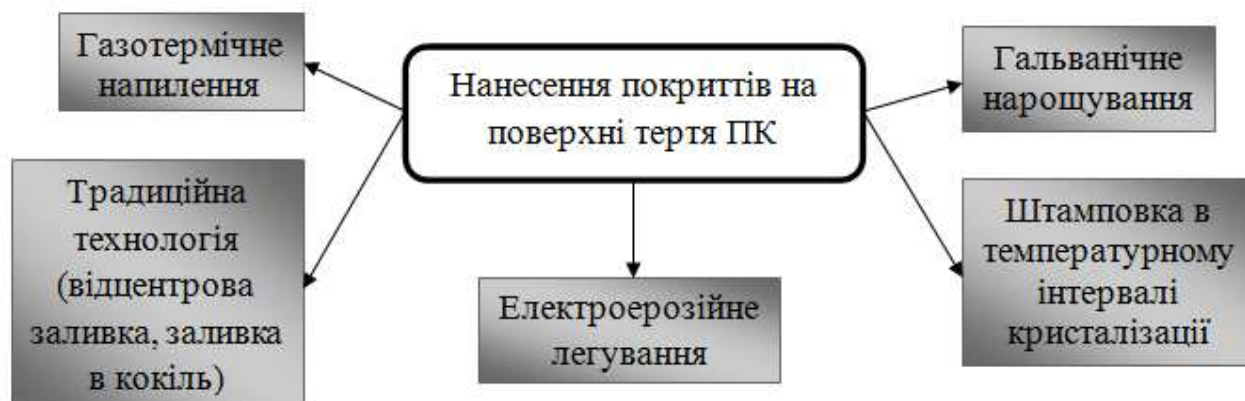


Рисунок 2 – Методи нанесення антифрикційних покриттів на елементи ПК

Нижче представлений аналіз переваг та недоліків більш розповсюджених методів нанесення антифрикційних покриттів на елементи ПК.

Відцентрова заливка. При відцентровій заливці розплавлений бабіт уводиться всередину обертового вкладиша, для чого використовується спеціальний верстат, або пристосування, яке встановлюється на токарному верстаті.

Враховуючи те, що кожен сплав бабіту має свої властивості, заливка повинна проходити зі строгим дотриманням режимів плавки й заливання, що потребує якісного контролю на усіх етапах технологічного процесу.

Для ПК дуже важливим фактором є також міцність зчеплення антифрикційного шару з основою. Не зважаючи на велику кількість методів контролю якості прилягання бабітового шару до основи (кольорова дефектоскопія, перевірка ультразвуком, візуальний огляд, шляхом обстукування легким молотком, зануренням на 1,5-2 години у ванну з гасом, з наступним протиранням насухо й видавлюванням гасу або пухирців повітря пальцями, та ін.) не завжди можна отримати потрібну якість їх зчеплення.

Крім того, традиційні методи заливки потребують великої витрати бабіту, що суттєво збільшує вартість їх виробництва.

Газотермічне напилення [4]. Метод відновлення та захисту деталей за допомогою газотермічного напилення – це процес створення поверхні із спеціальними властивостями шляхом нанесення на основу розплавлених частин металу з високою швидкістю.

До числа методів нанесення покриттів, що активно розвиваються, відноситься метод газополум'яного напилювання. Цим способом можна виготовляти та відновлювати деталі машин, в тому числі і ПК. Метод забезпечує високу продуктивність, дозволяє одержувати покриття в широкому

діапазоні товщини (0,1—3 мм) і спектра властивостей, з урахуванням умов експлуатації деталей.

Якість газополум'яних покриттів не завжди задовольняє підвищеним вимогам до деталей машин. Вони мають такі недоліки як невисоку міцність зчеплення напиленого матеріалу з матеріалом основи, пористість покриття, змінюють структуру напиленого матеріалу, що в результаті суттєво обмежує область їх застосування.

Гальванічне нарощування [5]. Спосіб виготовлення та відновлення зношених ВП шляхом гальванічного формування багатокомпонентних покриттів. Технологія гальванічного нарощування включає: попередню механічну обробку вкладишів, їх знежирення, травлення, осадження тонкого нікелевого покриття на алюмінієву основу внутрішньої поверхні деталі й осадження антифрикційних сплавів Pb-Sn-Sb або Pb-Sn-Cu із борфтористоводневих електролітів. Введення у свинцево-олов'яні сплави третього компонента підвищує їхню мікротвердість, поліпшує припрацьовуваність, зносостійкість і стійкість проти ерозії.

Крім екологічних проблем, до недоліків пов'язаних з гальванічним нарощуванням, можна також віднести зростання внутрішніх напружень, які виникають в поверхневому шарі по мірі збільшення товщини антифрикційного покриття. Розтягуючі внутрішні напруження призводять до зменшення втомлюваної міцності. Ще одним суттєвим недоліком є невисока адгезія напилених покриттів з основою.

Штамповка в температурному інтервалі кристалізації [6]. Це відносно новий спосіб формування антифрикційного шару ПК. Він включає застосування штампування в температурному інтервалі кристалізації бабіту. Спосіб дозволяє максимально ефективно управляти процесом структуроутворення в сплаві бабіту за рахунок кращих умов кристалізації, можливості впливати на структуру в широкому інтервалі температурно-швидкісних умов, що дозволяє формувати оптимальну, з погляду експлуатаційних властивостей, макро- і мікроструктуру по всій поверхні а також по всьому обсягу антифрикційного шару.

Недоліком відомого способу є довготривалий і складний технологічний цикл.

Електроерозійне легування. Вище було сказано, що метод ЕЕЛ є досить перспективним для нанесення антифрикційних покриттів. Завдяки значній гамі металів, які можна використовувати при ЕЕЛ, участі міжелектродного середовища в процесі формування поверхневих шарів, цим методом можна в широких межах змінювати механічні, термічні, електричні, термоемісійні й інші властивості робочих поверхонь деталей [7].

До переваг методу ЕЕЛ слід віднести локальність обробки поверхні, високу міцність зчеплення нанесеного матеріалу з основою, відсутність

нагрівання деталі в процесі обробки, можливість використання для обробки як чистих металів, так і їх сплавів, металокерамічних композицій, тугоплавких сполук і т.п., дифузійне збагачення поверхні катода (деталі) складеними елементами анода (електрода) без зміни розмірів деталі, відсутність необхідності спеціальної підготовки поверхні. Необхідне устаткування малогабаритне, надійне й транспортабельне.

Недоліками методу є: збільшення шорсткості поверхні, виникнення в поверхневому шарі розтягувальних залишкових напружень, зниження втомлювальної міцності.

Усунути недоліки ЕЕЛ можна як технологічними методами (застосуванням багат шарових електроерозійних покриттів, оптимізацією режимів ЕЕЛ, створенням нових електродних матеріалів і т.п.), так і комбінацією ЕЕЛ з іншими методами зміцнення, наприклад, ППД.

Обробка поверхні після ЕЕЛ має певні особливості. У зв'язку з відносно невеликою товщиною шарів (десятки мікрометрів), що формуються при ЕЕЛ, наступне шліфування їх з метою зниження шорсткості поверхні в ряді випадків затруднене або взагалі неприйнятне. Знизити шорсткість поверхні, зняти залишкові розтягувальні напруження дозволяє обкатування кулькою. Після такої обробки електроерозійних покриттів залишкові напруги стають стискаючими, а їх величина мало залежить від зусиль обкатування. Це свідчить про те, що в процесі обкатування покриттів відбувається пластична текучість матеріалу шару [8].

Останнім часом усе більше застосування для зниження шорсткості поверхні й зміцнення знаходить метод безабразивної ультразвукової фінішної обробки металів (БУФО). Пристрій БУФО призначений для фінішної обробки на типовому верстатному устаткуванні конструктивних форм поверхні: циліндричних, торцевих, конічних, кульових і т.п.

Комплекс позитивних специфічних особливостей методу ЕЕЛ, насамперед таких, як можливість нанесення на металеві поверхні будь-яких струмопровідних матеріалів міцно з'єднаних з основою, проведення процесу легування в локальній місці, відсутність поводок і жолоблень легованого виробу стимулюють його все більше застосування для підвищення якості ПК (рис. 3).

Так застосування перехідних шарів з міді, нанесених методом ЕЕЛ на основу зі сталі 20, на 35% підвищує міцність її зчеплення з антифрикційним бабітовим шаром [9].

Нанесення на зовнішню поверхню ВП або його місця посадки в корпусі ПК компенсує похибки виготовлення й складання пари тертя «вкладиш підшипника – шийка вала» і тим самим поліпшує умови прпрацювання [10, 11].



Рисунок 3 – Застосування методу ЕЕЛ для підвищення якості ПК

Якість ПК поліпшує також нанесення спеціальних припрацювальних покриттів на бабітові й бронзові ВП [12-15].

Нанесення на ВП антифрикційних матеріалів формує на поверхнях тертя спеціальні регулярні мікрорельєфи, які значно збільшують несучу здатність ПК [16].

Слід зазначити, що останнім часом, проводилися спроби можливості нанесення методом ЕЕЛ антифрикційних бабітових покриттів на сталеві й бронзові ВП [17], однак виявлені недоліки (невелика товщина шару, низька продуктивність процесу, залежність якості нанесеного шару від навичок оператора та ін.), стримують його застосування для більш широкого використання.

Таким чином, з метою подальшого вдосконалювання електроерозійного методу нанесення антифрикційних бабітових покриттів на ВП необхідно розв'язати ряд завдань:

- вибрати необхідне або модернізувати існуюче устаткування з метою механізації процесу нанесення покриттів на ВП методом ЕЕЛ;
- визначити найбільш раціональні енергетичні режими процесу формування бабітового шару залежно від різного матеріалу основи;
- розробити технологічні рекомендації нанесення бабітових покриттів на елементи ПК різної конструкції й ін.

Висновки

На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Проведений аналіз нанесення антифрикційних покриттів на елементи ПК показав, що всі вони мають як недоліки, так і переваги. Найбільш

перспективним методом може бути ЕЕЛ, яке має практично всі переваги розглянутих методів, а іноді по деяких показниках (можливість нанесення чистих металів та сплавів, міцність зчеплення антифрикційного шару з основою, локальність проведення процесу нанесення покриття, відсутність жолоблення та ін.) значно перевершує їх.

2. Подальше удосконалення технології формування бабітового шару на поверхнях елементів ПК методом ЕЕЛ повинно бути направлено на збільшення його товщини із збереженням відповідності стандарту таких його параметрів якості як суцільність, шорсткість, структура та хімічний склад.

Список літератури:

1. Решетов Д.Н. Детали машин: 4-е изд., перераб. и доп.- М.: Машиностроение, 1989.-496 с.
2. Гуляев А. П. Металловедение. Учебник для вузов/ А. П.Гуляев. - 6-е изд., перераб. и доп. - М.: Металлургия, 1986. - 544 с.
3. Лахтин Ю.М. Материаловедение: Учебник для высших технических учебных заведений / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1990. – 528 с.
4. Пометун С.К. Опыт ООО «ТСЗП» по увеличению ресурса оборудования методами газотермического напыления / С.К. Пометун // Химическая техника.-2009.-№ 4.- С. 8-9.
5. Лебедева А.П. Восстановление деталей машин / А.П. Лебедева, Т.Н. Погорелова. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
6. Н.П. Барыкин, Р.Ф. Фазлыахметов. Изготовление подшипников скольжения с применением штамповки антифрикционного слоя в условиях кристаллизации и последующей пластической деформации // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2006. №9. С. 27-29.
7. Лазаренко Н.И. Электроискровое легирование металлических поверхностей / Н.И. Лазаренко. – М.: Машиностроение, 1976. – 46 с.
8. Тарельник В.Б. Повышение качества подшипников скольжения / В.Б.Тарельник, В.С. Марцинковський, Б. Антошевский. – Сумы : МакДен, 2006. – 160 с.
9. Пат. 64613 Україна, МПК В23Н 1/00, 3/00, 5/00, F16C 33/04. Спосіб обробки вкладишів підшипників ковзання / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б.; заяв. 17.07.2003; опубл. 16.02.2004, Бюл. №2.
10. Пат. 95009 Україна, МПК F16C 9/00, F16C 33/04, В23Н 9/00. Спосіб складання підшипника ковзання / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б., Тарельник Н.В.; заяв. 07.12.2009; опубл. 25.06.2011, Бюл. №12.
11. Пат. 2422690 Российская Федерация, МПК F16C 17/02, F16C 33/04, F16C 43/02. Способ сборки подшипника скольжения / Марцинковський В.С., Тарельник В.Б., Тарельник Н.В.; заявл. 14.12.2009; опубл. 27.06.2011, Бюл. №18

12. Пат. 2404378 Российская Федерация, МПК F16C 33/04, B23H 1/00, B23H 5/00. Способ обработки вкладышей подшипников скольжения / Марциковский В.С., Тарельник В.Б.; заявитель и патентообладатель. - заявл. 24.02.2009; опубл. 20.11.2010, Бюл. №32.

13. Пат. 92814 Российская Федерация, МПК F16C 33/04, B23H 1/00, B23H 5/00. Способ обработки вкладышей подшипников скольжения / Марциковский В.С., Тарельник В.Б.; заявл. 29.01.2009; опубл. 10.12.2010, Бюл. №23.

14. Пат. 78155 Украина, МПК F16C 33/04, B23H 1/00, B23H 9/00. Спосіб обробки вкладишів підшипників ковзання / Марциковский В.С., Тарельник В.Б., Пчелинцев В.О.; заявл. 25.10.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. №2.

15. Пат. 2299790 Российская Федерация, МПК B23H 1/00, F16C 33/04. Способ обработки вкладышей подшипников скольжения / Марциковский В.С., Тарельник В.Б., Пчелинцев В.О.; заявл. 29.11.2005; опубл. 27.05.2007, Бюл. №15.

16. Пат. 2299791 Российская Федерация, МПК B23H 9/00, C23C 26/00, C23C 28/00. Способ обработки вкладышей подшипников скольжения / Марциковский В.С.; заявл. 29.11.2005; опубл. 27.05.2007, Бюл. №15.

17. Тарельник В.Б., Марциковский В.С., Белоус А.В. Исследование прочности сцепляемости баббитового слоя подшипников скольжения с подложкой // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка.- Випуск 94.-2010.- С.102-108.

Аннотация

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЙ НАНЕСЕНИЯ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Тарельник В. Б., Дзюба А.В.

Представлены результаты анализа технологий изготовления антифрикционных покрытий в подшипниках скольжения. Определена наиболее перспективная технология.

Abstract

ANALYSIS TECHNOLOGY APPLYING COATINGS ANTIFRICTION SLIDING BEARINGS

V. Tarelnik, A. Dziuba

The results of analysis technologies of anti-friction coatings bearings. Identifying the most promising technology.