

- конструирования – М.: Высшая школа, 1989. – 380 с.
2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике / Выгодский М.Я. – М.: Наука, 1975. - 872 с.
 3. О.І. Скібінський. Визначення величини робочого об'єму героторних гідромашин з епіциклоїдальною цівковою передачею внутрішнього зачеплення_/ О.І. Скібінський, В.І. Гуцул, А.А. Гнатюк, А.В. Заярна – Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник – Кіровоград, 2012.– Вип. 42., ч. 1. – 254 с.

Aleksandr Skibinskiy, Andrey Gnatuk, Vyacheslav Zelenko

Kirovograd National Technical University

Research of influence of structural parameters of gerotor transmission on wearproofness of job profiles of wheels

The purpose of this paper is to determine the optimal structural parameters of gerotor transmission, allowing to reduce the harmful effects of friction, which is a major cause of wear of wheel profiles.

In this article is described a study of the relationship between the design parameters of the gerotor transmission and intensity of wear of the working profiles of wheels. Analysis of the work of gerotor transmission allowed us to establish portions of profiles that are most subject to wear. Because the parameter of wear is a specific sliding, the wear rate will depend on the length of the plot sliding friction. The study presents precise formulas to get the optimal value of the radius of the stator tooth, in which portions of friction profiles are equal.

The obtained value of the radius of the stator tooth can not completely exclude the specific friction factor, but it allows you to evenly distribute it to the moving portions of the profile, thereby minimizing the harmful effects of friction and improve durability

wear, gerotor transmission, specific sliding, radius of tooth

Одержано 14.06.13

УДК 621.9.06

С.В. Струтинський, канд. техн. наук, докторант

Національний технічний університет України «КПІ», м.Київ

Застосування металполімерних композитів в конструкціях сферичних шарнірів просторової системи приводів

Запропоновано конструкцію сферичного шарніра просторової системи приводів, у якій сферичне сідло виконано з металополімерного композиту. Розроблена технологія і виготовлено дослідний зразок шарніра, поверхня сідла якого досліджена з використанням електронних мікрофотографій. Встановлена структура композиту та кількісні характеристики наявних в ньому металевих включень. Визначено розміри залізних сфер, які складають металеву основу композиту. Досліджено показники якості мікропрофіля для одержаної сферичної поверхні.

шарнір, сфера, сідло, композит, включення, розміри, мікропрофіль

С.В. Струтинский

Национальный технический университет Украины «КПИ», г. Киев

Применение металлополимерных композитов в конструкциях сферических шарниров пространственной системы приводов

© С.В. Струтинський, 2013

Предложена конструкция сферического шарнира пространственной системы приводов, в которой сферическое седло выполнено из металлополимерного композита. Разработана технология и изготовлен опытный образец шарнира, поверхность седла которого исследована с использованием электронных микрофотографий. Установлена структура композита и количественные характеристики имеющихся в нём металлических включений. Определены размеры железных сфер, которые составляют металлическую основу композита. Исследованы показатели качества микропрофиля для полученной сферической поверхности.

шарнир, сфера, седло, композит, включения, размеры, микропрофиль

Вступ

Просторові системи приводів ефективно використовуються в технологічних машинах різного призначення. Якісні показники просторової системи приводів визначаються характеристиками елементної бази, зокрема сферичних шарнірів. Тому дослідження в напрямку розробки прогресивних конструкцій сферичних шарнірів є актуальними.

Специфічною особливістю точних сферичних пар тертя є суттєво різна точність виготовлення охоплюваної та охоплюючої сферичних поверхонь. Для охоплюваних (зовнішніх) сферичних поверхонь сфер реалізуються допуски 1.5 мкм при діаметрі сферичної поверхні 30..50 мм. Є можливість застосування доводочної операції з використанням сфер із кераміки, яка має точність виготовлення 1..2 мкм. Відповідно є можливість контролю виготовлених сфер з точністю в межах вказаних допусків.

Зовсім інша ситуація виникає при обробці охоплюючих (внутрішніх) сферичних поверхонь. Технологічні обмеження обумовлюють допуски на виготовлення в межах 15..30 мкм. Сферичні поверхні є незамкненими, тому утруднено їх вимір і контроль якості. Наявність значних похибок виготовлення внутрішніх сферичних поверхонь обумовлює необхідність встановлення зазору в парі тертя в межах 60..80 мкм. Це приводить до значних похибок просторової системи приводів.

Проблема в загальному вигляді полягає у виготовленні точних охоплюючих (внутрішніх) сферичних поверхонь.

Проблема пов'язана із важливими науковими і практичними завданнями розробки прогресивних просторових систем приводів [1].

В останніх дослідженнях і публікаціях наведено ряд конструкцій сферичних шарнірів [2,3]. Ряд робіт присвячено розробці технології виготовлення та контролю сферичних поверхонь [4,5]. Виготовлення сферичних шарнірів із металополімерних композитів у літературних джерелах не виявлено.

Застосування металополімерних композитів у конструкціях сферичних шарнірів відноситься до невирішеної раніше частини загальної проблеми.

Запропоновано нові конструкторсько-технологічні методи реалізації прецизійних сферичних шарнірів просторової системи приводів. Методи базуються на застосуванні металополімерних композитів в прецизійній сферичній парі тертя.

Метою досліджень є розробка конструкції та технології виготовлення сферичних шарнірів із застосуванням металополімерних композитів та їх дослідна апробація із встановленням параметрів одержаних сферичних поверхонь. Задачами досліджень поставлено розробку технології формування охоплюючих (внутрішніх) сферичних поверхонь шарніра, виготовлення та дослідження одержаних поверхонь із визначенням їх якісних показників, зокрема розмірів та вмісту сферичних металевих частинок.

Виклад основного матеріалу дослідження

Розроблені сферичні шарніри мають сфери 1, з'єднані із штангами 2 системи приводів (рис.1).

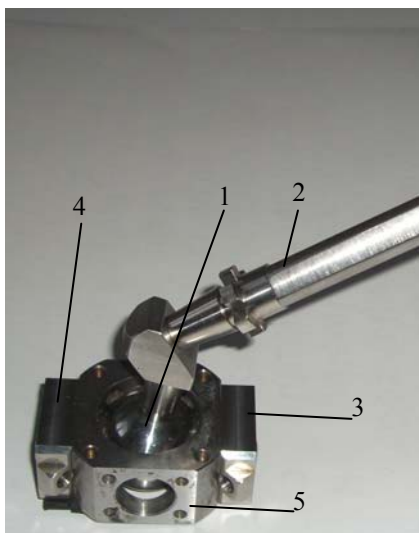


Рисунок 1 - Розроблений сферичний шарнір просторової системи приводів



Рисунок 2 - Нанесення пастоподібного металполімера на поверхню вставки

Із сферою взаємодіють вставки 3 і 4, встановлені в корпусі 5 шарніра. Поверхні вставок, які взаємодіють із сферою, сформовані з металполімерного композиту.

Композит являє собою полімерну основу на базі епоксидних смол та наповнювача у вигляді сферичних частинок заліза [6]. Розроблена спеціальна технологія формування внутрішніх сферичних поверхонь сферичного шарніра. Підготовлена суміш пастоподібного металполімера 1 наноситься на робочу поверхню вставки 2 (рис.2). Формування робочої поверхні вставок відбувається безпосередньо у вставках, поміщених в корпус, які базуються по плоских поверхнях корпуса шарніра та центруються за допомогою точних посадочних отворів (рис. 3).



Рисунок 3 - Установка вставки з нанесеним металполімером у корпусі шарніра



Рисунок 4 - Вставка із сформованою сферичною поверхнею

Вставка 3 із нанесеною пастою встановлюється в корпусі 1 шарніра. Нанесена рідка пастоподібна маса притискається кулею 2, яка переміщується в отворі корпуса. Аналогічного наноситься металполімер на протилежну вставку, яка встановлюється в корпусі.

Після застигання металполімера утворюється тверда робоча сферична поверхня s вставки (рис.4).

При формуванні поверхні використовується точна куля з відхиленнями від сферичності в межах 1,0 мкм. Це забезпечує відхилення форми поверхні вставки від

сферичності в межах 2...4 мкм. Сформована поверхня вставки досліджена з використанням електронних мікрофотографій (рис.5).

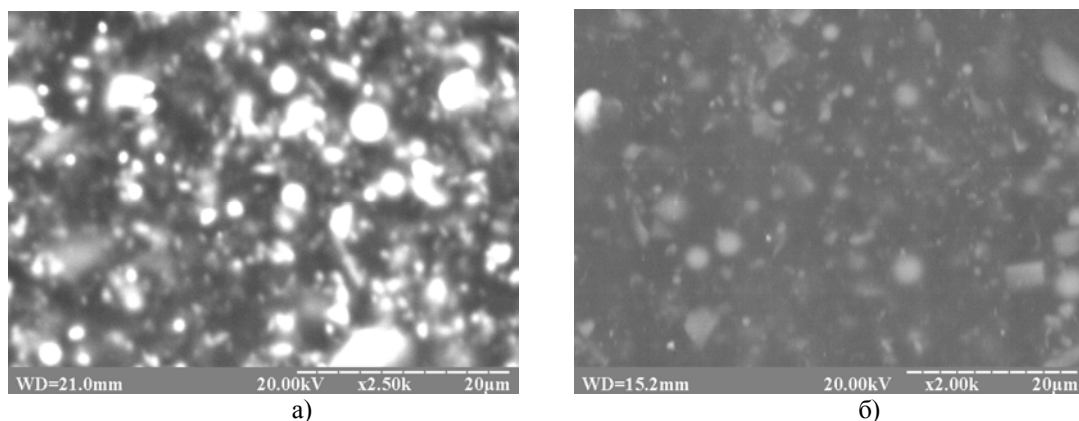


Рисунок 4 - Електронні мікрофотографії сформованої сферичної поверхні: а) – визначення металевих включень; б) – вигляд поверхні у відбитих променях

На фото поверхні простежуються металеві включення розміром 0.2...4мкм.

Виконано аналіз розмірів металевих включень, які знаходяться в перетині металполімера. Для цього використані електронні фото сколів металполімерного композиту (рис.6).

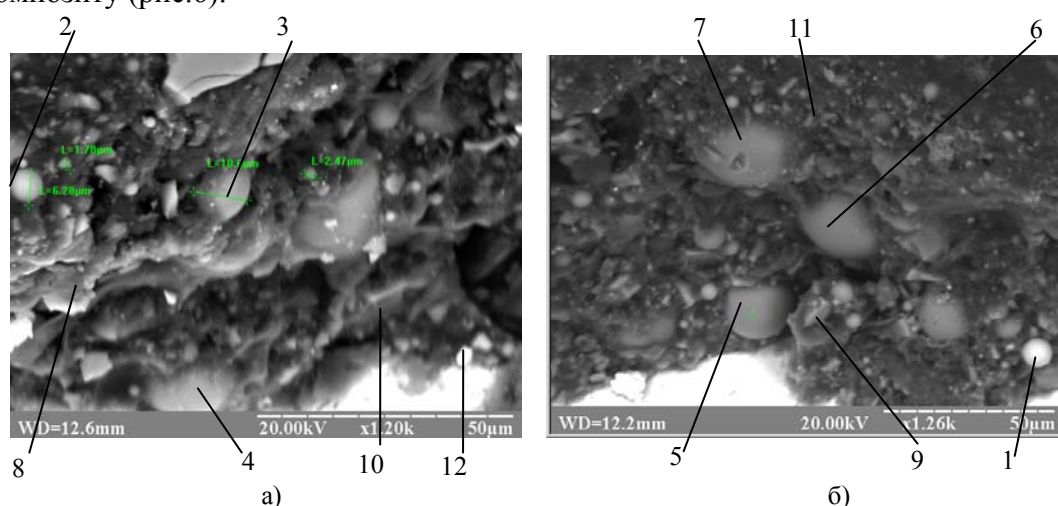


Рисунок 6 - Електронні фото сколів сферичної поверхні, сформованої із металполімерного композиту: рисунки а і б відповідають різним сколам поверхні

На сколах простежуються сферичні частинки різного розміру. Частинки 1 і 2 відповідають сферам із металу. Сферичні частинки 3-7 відповідають сферам покритим шаром полімеру. В композиті наявні включення 8-10 неправильної форми, а також дрібні частинки забруднень 11, 12.

Досліджено хімічний склад композиту по різним ділянкам.

Хімічний склад змінюється в залежності від точки вимірів. Виміри здійснені в області розташування сферичної частинки 1 (див. рис. 6 б) показують великий вміст заліза (рис.7).

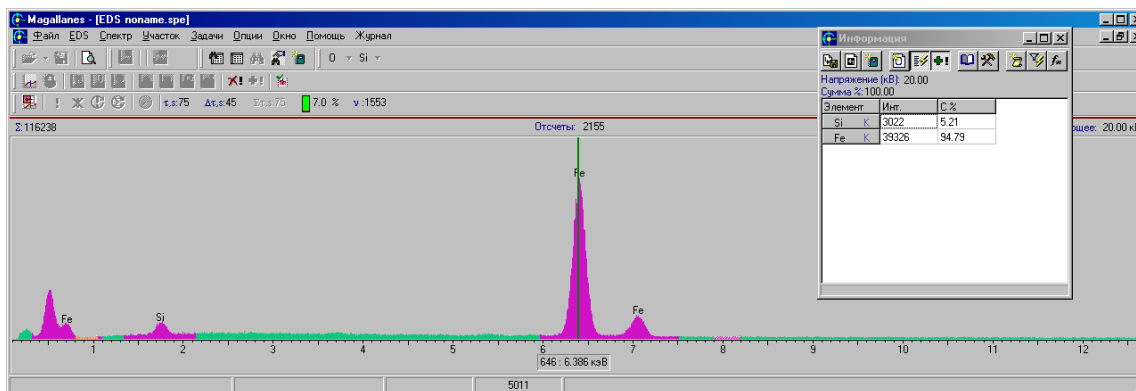


Рисунок 7 - Визначення хімічного складу композиту в області металевої сфери

В середньому хімічний склад характеризується наявністю 10..20% вуглецю, 5..35% кисню, 2..15% кремнію та включенням сфер із заліза.

В результаті проведених досліджень встановлено, що найбільш важливою складовою композиту є сферичні частинки заліза.

Для виділених фото сколів підрахована кількість сферичних частинок заліза n_i , радіальні розміри яких попадають у відповідний розряд [7]. Розбиття значень розмірів сфер на k розрядів виконане з постійним кроком по діаметру. Вибраний крок зміни діаметра сфери $\Delta d = 2,5$ мкм.

За даними підрахунку кількості сфер n_i , діаметральні розміри яких попадають у відповідний розряд, побудована гістограма частоти наявності на фото кількості сфер певного розміру (рис. 8).

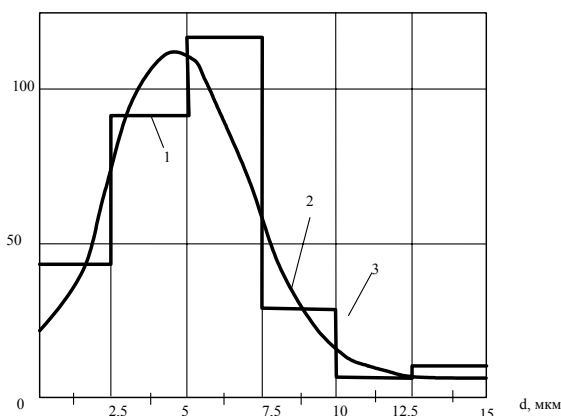


Рисунок 8 - Одержана експериментально гістограма частоти наявності кількості сфер відповідного розміру в перетині (крива 1) та апроксимація гістограми нормальним законом (крива 2)

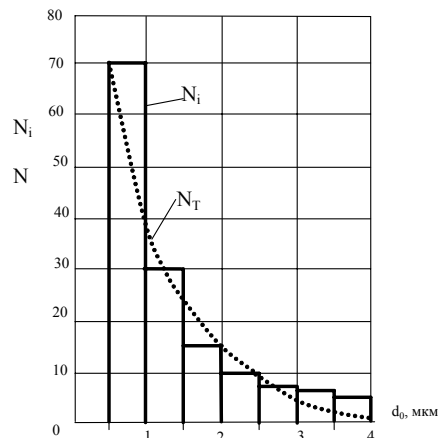


Рисунок 9 - Гістограма частоти наявності металевих включень відповідних розмірів, які простежуються на електронній мікрофотографії поверхні

Відносна частість N_i наявності сфер відповідних розмірів в i -му розряді знаходиться за формулою:

$$N_i = n_i / \sum_{j=1}^k n_j . \quad (1)$$

Оцінка математичного сподівання середнього діаметра сфер:

$$m = \sum_{i=1}^k N_i \cdot r_i, \quad (2)$$

де r_i – середній в i -му розряді радіус сфери.

В результаті обробки гістограми встановлено, що середнє значення діаметра сфери складає $m = 4,8$ мкм.

Оцінка дисперсії сфер здійснюється за наступною залежністю:

$$\sigma^2 = \sum_{i=1}^k N_i (r_i - m)^2. \quad (3)$$

За результатами статистичної обробки знайдене значення оцінки дисперсії та середньоквадратичного відхилення.

$$\sigma = 1,2 \dots 1,6 \text{ мм.}$$

Для згладжування гістограми розподілу частоти наявності сфер відповідного розміру використано нормальний закон.

Ординати кривої функції щільності розподілу згідно з нормальним законом обчислювались за формулою:

$$\frac{dN}{dr} = \varphi(r) = \frac{N_{ok}}{W_k \sqrt{2\pi\sigma}} e^{-\frac{(r-m)^2}{2\sigma^2}}, \quad (4)$$

де N_{ok} – загальне число сфер в контрольному об'ємі; W_k – величина контрольного об'єму.

Останні параметри дають оцінку середнього числа сфер в контрольному об'ємі ($W_k = 25 \times 10^3 \text{ мкм}^3$) у вигляді:

$$N_o = \frac{N_{ok}}{W_k}.$$

За результатами експериментальних вимірювань середнє число сфер в одиниці об'єму складає:

$$N_o = 7..8 \times 10^3 \text{ 1/мм}^3, \quad (5)$$

тобто в одному кубічному міліметрі композиту знаходиться в середньому 7..8 тисяч сфер діаметром приблизно 5 мкм.

При середньому числі сфер в одиничному об'ємі $N_o = 7..8 \times 10^3$ маємо об'ємну концентрацію металу $C_0 = 6..8\%$. Скол композиту не зовсім точно відображає його внутрішню структуру. Але наведені формули (1)-(5) дають достатньо точну характеристику наявності сферичних включень в об'ємі композиту.

Робоча поверхня композита по своїй структурі дещо відрізняється від його структури в об'ємі. Для дослідження наявності металевих включень безпосередньо в при поверхневому шарі використані електронні фото сферичної поверхні (див. рис. 5). Здійснено виміри кількості та розмірів металевих включень, які простежуються у приповерхневому шарі.

Підраховано кількість сферичних включень, які попадають у відповідний розмірний діапазон. По результатам підрахунків побудована гістограма кількості включень по розмірам у приповерхневому шарі (рис. 9).

Закон розподілу частоти наявності металевих включень відповідно розміру у приповерхневому шарі наближено описано залежністю:

$$N_r = ae^{-b(d_0-d_m)}, \quad (6)$$

де a , b , d_m – константи, числові значення яких знаходиться в межах $a=75..100$, $b=1,8..2,2$ 1/мкм, $d_m=0.4..0.5$ мкм.

Для встановлення виду і характеру мікропрофіля визначено мікротопограми мікропрофіля для прямокутної ділянки розміром 67,4 мкм (рис. 10)

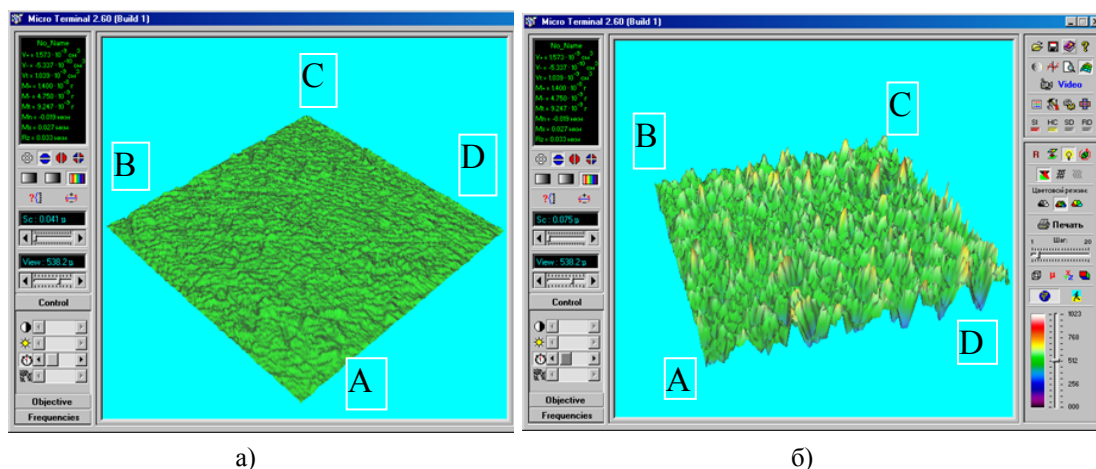


Рисунок 10 - Топограми ділянки мікропрофіля робочої поверхні шарніра подані в різних масштабах ординат: а – зменшений масштаб ординат; б – збільшений масштаб ординат

На топограмах простежується регулярна система мікрорівнин та мікрорічков. В результаті підрахунків встановлено, що число виступів і впадин для розглянутої ділянки знаходиться в межах 150..180. Це дає середню площу комплексу виступ-впадина близько 25..30 мкм². Відповідно середній період хвиль складає 5..5,5 мкм. При цьому періоди хвилястості в різних напрямках є близькими.

В перетинах спостерігаються зміни висоти мікропрофіля близькі до гармонічного закону з розмахом близько 0,04 мкм та періодом зміни висоти мікропрофіля $T=0,8-6,4$ мкм (рис. 11).

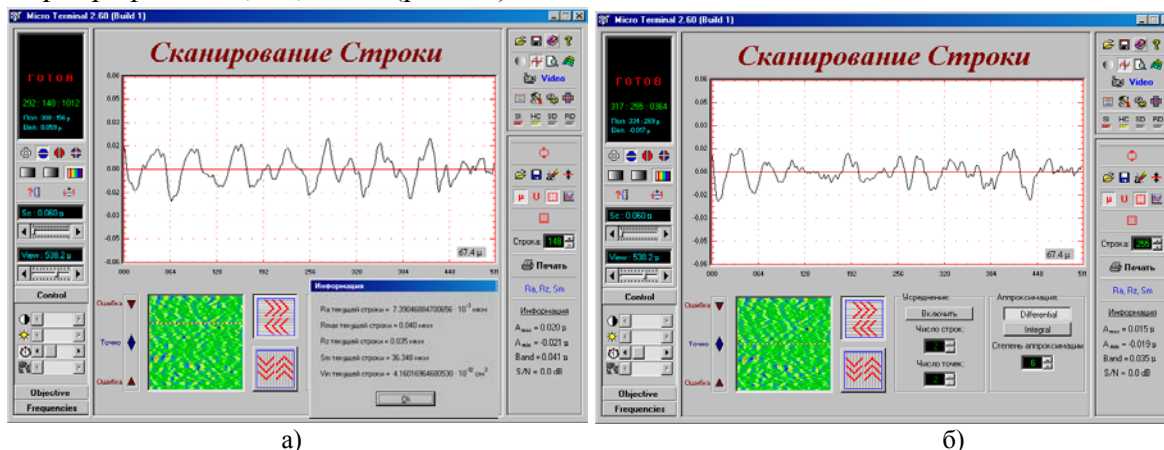


Рисунок 11 - Результати вимірів мікропрофіля в двох сусідніх перетинах: а – перетин в центрі області; б – перетин на краю області

На першій вимірній ділянці (див. рис. 11 а) простежуються гармонічні складові с періодами $T=1,2; 4,2; 6,4$ мкм та відповідно амплітудами $a=0,002; 0,005; 0,01; 0,02$ мкм. Період хвилястості складає $36,354$ мкм.

Для сусіднього перетину (див. рис. 11 б) профілограма включає більшу кількість короткоперіодичних складових. На профілограмі простежуються гармоніки с періодами $T=0,5-6,5$ мкм. Розмах кривої мікропрофіля в даному перетині складає $0,035$ мкм, що дещо менше ніж в першому перетині ($0,041$ мкм). На кривій мікропрофіля простежуються ділянки з періодом $T=0,6; 1,3; 1,9; 3,2; 4,2; 6,4$ мкм при відповідних амплітудах гармонік $a=0,001; 0,002; 0,005; 0,008; 0,01; 0,02$ мкм.

Мікропрофіль має випадкові зміни. Для встановлення їх впливу на результати вимірів проведена апаратурна обробка масиву вимірів. Встановлено, що при вимірах спостерігається суттєве відхилення параметрів від середніх значень. Зокрема зміни середньоарифметичного відхилення сягають 20% , а відхилення середньої довжини хвиль 25% .

Висновки:

1. Встановлена можливість виготовлення внутрішніх (охоплюючих) сферичних поверхонь шарніра із металполімерного композиту. Апробація запропонованої технології шляхом виготовлення дослідного зразка підтвердила ефективність запропонованого рішення.

2. Металполімерний композит має основу у вигляді епоксидної смоли в якій знаходяться частинки заліза правильної сферичної форми діаметром $0,5..15$ мкм. Найбільш ймовірні значення діаметра частинок 5 мкм. Закон розподілу числа частинок по розмірам близький до нормального. Загальна концентрація заліза в композиті складає $6..8\%$ по об'єму.

3. Мікропрофіль робочої поверхні шарніра має розмах мікровиступів в межах $0,03-0,06$ мкм. Періоди основних гармонік складають $4..6,5$ мкм. Короткоперіодичні гармоніки мають періоди $0,5-3$ мкм.

4. Як напрямок подальших досліджень рекомендується визначити вплив мікрогеометрії поверхні на трибологічні властивості розробленого сферичного шарніра.

Список літератури

1. Сяньвень Кун, Клемент Госселин .Структурный синтез параллельных механизмов. – М.: Физматлит, 2012. – 275 с.
2. Афонин В.Л., Подзоров П.В., Слепцов В.В. Обработка оборудования на основе механизмов параллельной структуры / Под общ. ред В.Л. Афолина. – М.:Изд-во МГТУ Станкин, Янус. 2006. – 452с.
3. Jachno O.,Strutinsky S. Spherical hydrostatics supporting knots of spatial mechanisms/ Proceedings International scientific conference Unitech 09, 20-21 November 2009, Gabrovo, Bulgaria, Volume II, p.p.-495 -499.
4. Jachno O.,Strutinsky S. Technological provision of controlling the spherical aerostatic supporting knots of spatial mechanism in the quality mechatronic systems/ *Hydraulika i Pneumatyka* № 6/2009, p.p. 19 – 23. *Stowarzy-szenia Inzynierow i Technikow Mechanikow Polskich*, Wroclaw. ISSN1505 – 3954
5. Струтинський С.В. Просторові Системи приводів: Монографія / ав. Струтинський С.В., Гуржій А.А. – К.: Педагогічна думка, 2013. – 492 с.
6. Ищенко А. А. Технологические основы восстановления промышленного оборудования современными полимерными материалами: Учебное пособие. – Мариуполь: ПГТУ, 2007. – 250 с. ISBN 966 – 604 – 103 – 0
7. Струтинський В.Б., Колот О.В. Математичне моделювання стохастичних процесів у системах приводів: Монографія. – Краматорськ: ЗАТ “Тираж-51”, 2005. – 530 с.

Sergey Strutins'kij

TheNationalTechnicalUniversityofUkraine "KyivPolytechnicInstitute", Kyiv, Ukraine

Use metal composites in spatial structures spherical joint drive system

The aim of the paper is the development of design and manufacturing technology manufacturing techniques spherical joints using metalpolymer composites and experimental testing of the installation parameters obtained spherical surfaces.

The construction of the spherical joint space drive systems in which spherical seat is made of metal-composite. The technology and joint production model, the surface of the saddle which investigated using electron micrographs. Installed composite structure and quantitative characteristics of existing metallic inclusions in it.

As a result of work performed confirmed the possibility of spherical joints with metalpolymer composite. Found that produced spherical surface with high quality.

hinge area saddle, composite, inclusion, size, microprofile

Одержано 13.09.13

УДК 631.331

М.С.Шведик, канд. техн. наук

Луцький національний технічний університет

Синтез конструктивно-технологічних схем – основа для розробки багатофункціональних комбайнів

У статті наведено результати аналізу існуючих конструктивно-технологічних схем як зернозбиральних комбайнів, так і одно-, двоопераційних машин з різних галузей і на основі виявлених найбільш характерних їх функціональних особливостей, що в тій чи іншій мірі можуть бути синтезовані в одну структурно-технологічну схему, розроблено багатофункціональний збиральний комбайн.

комбайн, зерно, пропускна здатність, удар, втрати, мотовило, пневмовловлювач, двохрусний зріз, підбирач, рулон, багатофункціональність

М.С. Шведик, канд. техн. наук

Луцький національний технічний університет

Синтез конструктивно-технологических схем – основа для разработки многофункциональных комбайнов

В статье приведены результаты анализа существующих конструктивно-технологических схем как зерноуборочных комбайнов, так и одно-, двухоперационных машин из разных отраслей и на основании выявленных наиболее характерных их функциональных особенностей, которые в той или иной мере могут быть синтезированы в одну структурно-технологическую схему, разработан многофункциональный уборочный комбайн.

комбайн, зерно, пропускная способность, удар, потери, мотовило, пневмоулавливатель, двухрусный срез, подборщик, многофункциональность

Постановка проблеми. Швидке зростання врожайності зернових культур до 60 і більше центнерів зерна з гектара та вимога проведення збирання врожаю за 5...7 днів призводять до збільшення навантаження на один фізичний комбайн. Однак, аналіз техніко-економічних показників як вітчизняних, так і зарубіжних комбайнів, які широко використовуються в господарствах України, показує, що вони мають низьку пропускну здатність – до 5...10 кг/с. Як наслідок, період збирання зернових культур затягується до 20...30 днів, що призводить до значних втрат зерна. При цьому багато