

<p>Силенко П.М., Копань В.С. Прецизионные торсионные пружины. В статье сообщается о результатах исследования торсионов, изготовленных из слоистых волокон карбида кремния. Нестабильность нулевого положения торсионного подвеса из карбида кремния, в 10-15 раз меньшая, чем у приборов с кварцевыми подвесами и в 50-100 раз меньшая, в сравнении с подвесами из сплава ВР-27. описана оригинальная установка для исследования торсионных пружин.</p>	<p>Sylenko P.M., Kopan' V.S. Precision torsion springs. Results of investigation of layered SiC fibers torsion springs are presented. Non stability of zero position of SiC torsion springs is 10-15 times less in comparison with quartz torsion springs and 50-100 times less in comparison with ВР-27 one. The device for torsion springs parameters testing is described too.</p>
---	---

*Надійшла до редакції
22 червня 2006 року*

УДК 621.839

ПІДВИЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ РУХОМИХ ВУЗЛІВ

¹⁾Антонюк В.С., ²⁾Вовк В.Д., ²⁾Возненко В.В., ¹⁾Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут", м. Київ, Україна, ²⁾ВАТ "НВК "Київський завод автоматики ім. Г.І. Петровського, м. Київ, Україна

Розглянуто метод підвищення працездатності рухомих деталей вузлів формуванням на їх робочих поверхнях рельєфу з дискретно-орієнтованої топографії. Запропоновано вибір таких конструкційних параметрів робочих поверхонь, як щільність та глибини лунок, їх розміри та форма визначати з умов експлуатації, що забезпечує сприятливий баланс антифрикційності поверхні та її несучої здатності

Вступ

Розробка та освоєння нових видів продукції, покращення технічних і економічних показників, підвищення якості продукції – це засади, на яких базуються зростання продуктивності праці, економія матеріалів та енергії, зниження експлуатаційних витрат. Машини і прилади, які конструктивно однакові та виготовлені з однакових матеріалів, часто мають різну надійність. Причиною цього здебільшого є різні технології виготовлення їх деталей і передусім на фінішних операціях процесів, при яких формуються кінцеві властивості і стан робочих поверхонь, що визначають їх експлуатаційні показники.

Формування на робочих поверхнях деталей рухомих вузлів машин та приладів особливої топографії у вигляді закономірно розташованих лунок, які в процесі експлуатації заповнені антифрикційним матеріалом (мастилом, мастильною композицією, твердим мастильним матеріалом, полімерною пластмасою, тощо) і орієнтованих у напрямку руху елемента деформації пари тертя дозволить поліпшити такі експлуатаційні характеристики, як швидкодія, стабільність і точність параметрів, та підвищити надійність усуненням відмов через захоплення та заїдання. Відомо, що розташування лунок еліпсоїдного виду [1] та їх орієнтація і раціональна щільність їх нанесення забезпечують в режимі гідродинамічного те-

ртя умови утворення додаткового гідродинамічного мінікліна в місцях розташування лунок зміною тиску мастила по довжині лунки, інтегрально збільшуючи загальну несучу здатність змащувального шару [2]. При правильному підборі геометричних параметрів топографії робочих поверхонь в залежності від матеріалів деталей у фрикційному контакті можна забезпечити сприятливий баланс антифрикційності поверхні та її несучої здатності в діапазоні експлуатаційних навантажень, що є основою надійної роботи рухомого вузла приладу.

Збільшення об'єму лунок, збільшує мастилоємність робочої поверхні деталі, але при цьому може порушитись їх міцність. Тому постає задача розробки методу розрахунку мастилоємності поверхні та визначення її раціональних параметрів. В цій роботі пропонується методика прогнозування мастилоємності поверхонь тертя з дискретно орієнтованою топографією (ДОТ) з урахуванням шорсткості та робочого навантаження деталі.

Визначення параметрів дискретно-орієнтованої топографії поверхні

Забезпечити поверхневу міцність та зносостійкість робочих поверхонь деталей, а також їх працездатність можливо формуванням зміцнених зон дискретного типу з визначеними параметрами. Вибір конструктивних параметрів робочих поверхонь деталей рухомих вузлів приладів залежить від типу модифікованої поверхні та умов експлуатації. Використати переваги поверхонь тертя з дискретно-орієнтованою топографією можна, якщо правильно обрати такі параметри поверхневого шару, як щільність та глибини лунок, їх розміри та форму.

Геометричними параметрами, які характеризують робочі поверхні з дискретно-орієнтованою топографією є:

h – глибина лунки;

a, c – напівширина еліпсоїдної лунки вздовж малої та великої осі, відповідно;

A, B – відстань між центрами лунок (крок) вздовж малої та великої осі, відповідно;

$\angle \beta$ – кут нахилу профілю лунки від поверхні вздовж великої осі.

При моделюванні ДОТ поверхні враховується взаємозалежність розмірів і розташування лунок. Щільність лунок Ψ визначається, як доля площі поверхні зайнятої лунками до всієї площі поверхні S_0 :

$$\Psi = \frac{N \cdot S_{\text{л}}}{S_0} \cdot 100\%, \text{ або після перетворень } \Psi = \frac{\pi a}{2 \cdot A} \cdot 100\%,$$

де N – кількість лунок; $S_{\text{л}}$ – площа лунки.

Моделювання мастилоємності дискретної поверхні

Для визначення мастилоємності робочої поверхні з ДОТ необхідно врахувати геометричні параметри профілю по профілограмі поверхні, однією з характеристик якої є опорна крива профіля. Питома мастилоємність шорсткої поверхні W_0 визначається формулою [3]:

$$W_0 = k \cdot Ra \cdot \left(1 - \int_0^1 y^2 dx \right), \quad (1)$$

де W_0 – об'єм мастила в мм^3 на площі в 1 см^2 ; Ra – середньоарифметичне відхилення профілю від середньої лінії; $y = t_p(\epsilon)$ – опорна крива профілю; $t_p, \%$ –

відносна опорна довжина профілю; ε , % – відносне зближення; k – безрозмірний параметр, який залежить від геометричних і фізичних властивостей поверхні, експлуатаційних навантажень: $k = 100\pi\varepsilon_w \frac{R_{\max}}{Ra}$.

В робочому режимі під навантаженням внаслідок зім'яття шорсткості поверхні пари тертя набувають відносного зближення ε_w , яке функціонально залежить від твердості матеріалу H і питомого номінального тиску p_a на поверхні [4]:

$$\varepsilon_w \approx f\left(\frac{p_a}{H}\right).$$

На практиці рекомендується значення ε_w вибирати в межах: $\varepsilon_w = (0,1 \pm 0,02) \varepsilon_{\max}$. Для оціночних розрахунків використаємо визначення функції опорної кривої профілю поверхні $t_p = b\varepsilon^v$ [4] і задамо $y = b\varepsilon^v$. Підставивши значення параметрів опорної кривої b і v , отримаємо питому мастилоємність поверхні залежно від шорсткості, після інтегрування формули 1 отримаємо:

$$W_0 \approx k \cdot Ra \left(1 - \frac{b^2}{2v+1}\right).$$

Отже, питома мастилоємність поверхні залежить від фізико-механічних параметрів матеріалу поверхні та робочого навантаження і залежить від параметра шорсткості Ra та величини зближення поверхонь пари тертя ε_w .

Питома мастилоємність лунок W_l , визначена як:

$$W_l = k_l \Psi \cdot h,$$

де k_l – розмірний коефіцієнт, $k_l = 200/3$.

Мастилоємність поверхні з дискретно-орієнтованою топографією становить:

$$W_{\text{ДОГ}} = W_l \cdot \Psi + W_0 \cdot (1 - \Psi)$$

Взаємний вплив щільності лунок Ψ і їх глибини h на мастилоємність поверхні з дискретно-орієнтованою топографією з шорсткістю поверхні ($Ra = 0,702$ мкм) і питомою мастилоємністю шорсткої поверхні ($W_0 = 0,0513$ мм³/см²) показано на рис.1.

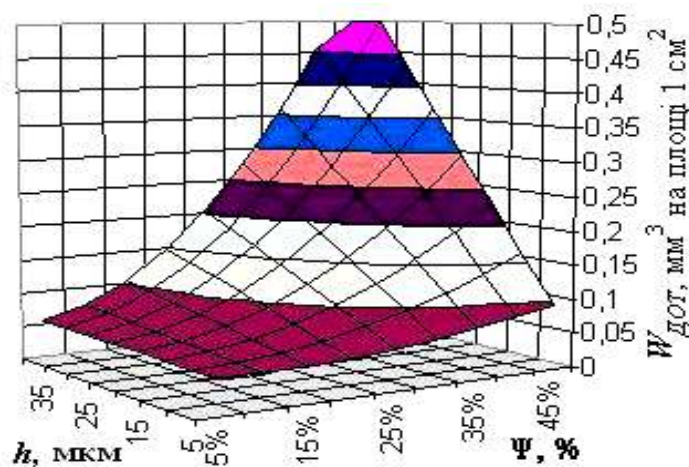


Рисунок 1 – Залежність мастилоємності поверхні $W_{\text{ДОГ}}$ від щільності Ψ і глибини лунок h

При визначенні раціональних параметрів ДОТ поверхні необхідно враховувати, що на мастилоємність лунок в основному залежить від об'єму та кількості лунок і при цьому вплив глибини лунок на збільшення мастилоємності поверхні значно більший, ніж збільшення їх кількості (щільності).

Відносне збільшення питомої мастилоємності поверхні k_w при нанесенні лунок з щільністю Ψ визначається за формулою:

$$k_w = \frac{W_{\lambda} \cdot \Psi + W_0 \cdot (1 - \Psi)}{W_0}.$$

Діаграма відносного збільшення мастилоємності поверхні з дискретно-орієнтованою топографією приведена на рис. 2. Як видно з рисунка при глибині лунок 10 мкм і шорсткості поверхні $Ra \sim 0,8$ мкм збільшення мастилоємності у два рази може відбуватись при щільності лунок 25%, а при глибині 20 мкм – 15%. Нанесення лунок з меншою щільністю при цих глибинах не забезпечує достатнього збільшення мастилоємності.

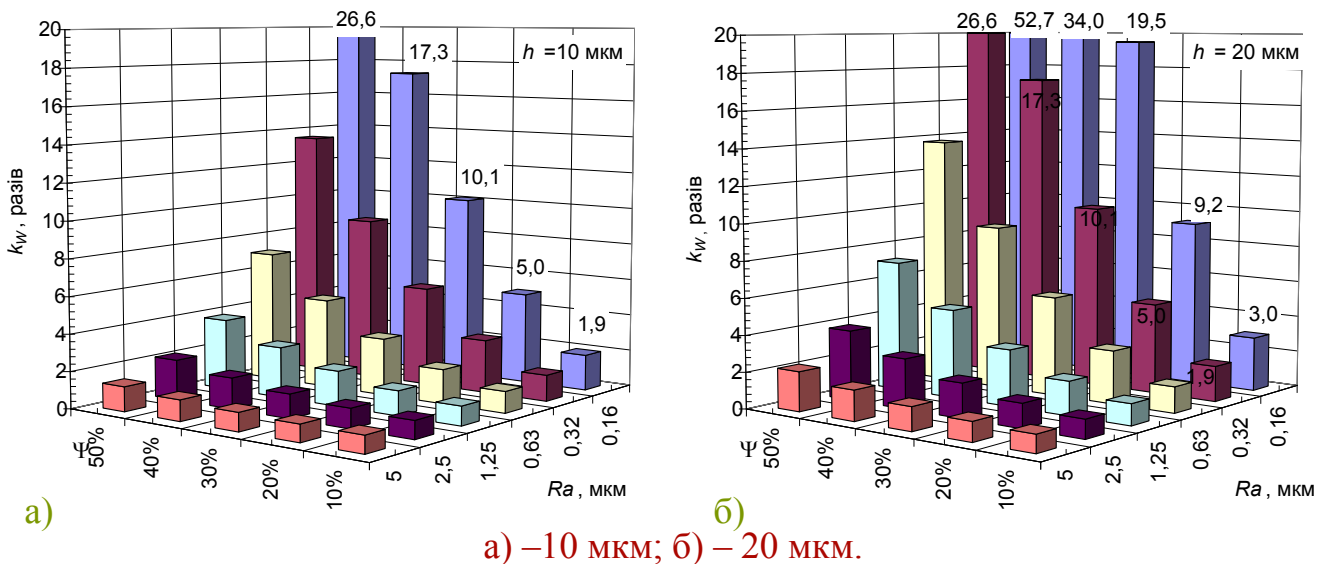


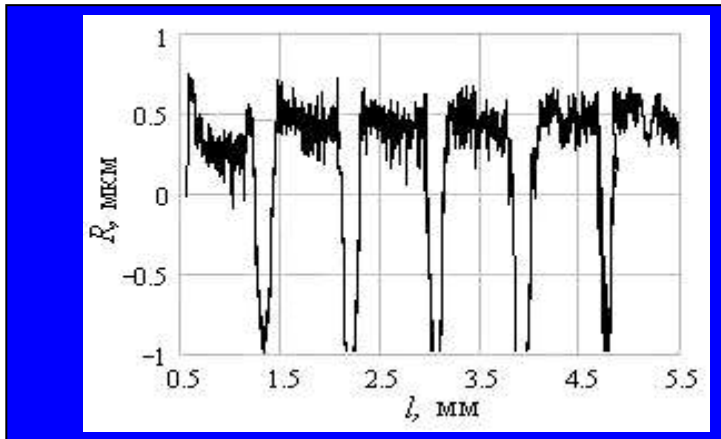
Рисунок 2 – Діаграми залежності мастилоємності k_w поверхні в від її шорсткості Ra і щільності лунок Ψ при їх глибині

Оцінка мастилоємності поверхонь тертя

Для аналізу впливу конструктивних параметрів робочих поверхонь з відповідною топографією проведено експериментальні дослідження згідно методики [5] зразків втулок зі сплаву алюмінію АК6 ГОСТ 4784-97 з діаметрами $D_1 = 40$ мм та $D_2 = 16$ мм. Параметри шорсткості поверхні визначались профілометром мод. 296 заводу "Калібр" до і після формування дискретно-орієнтованої топографії поверхні.

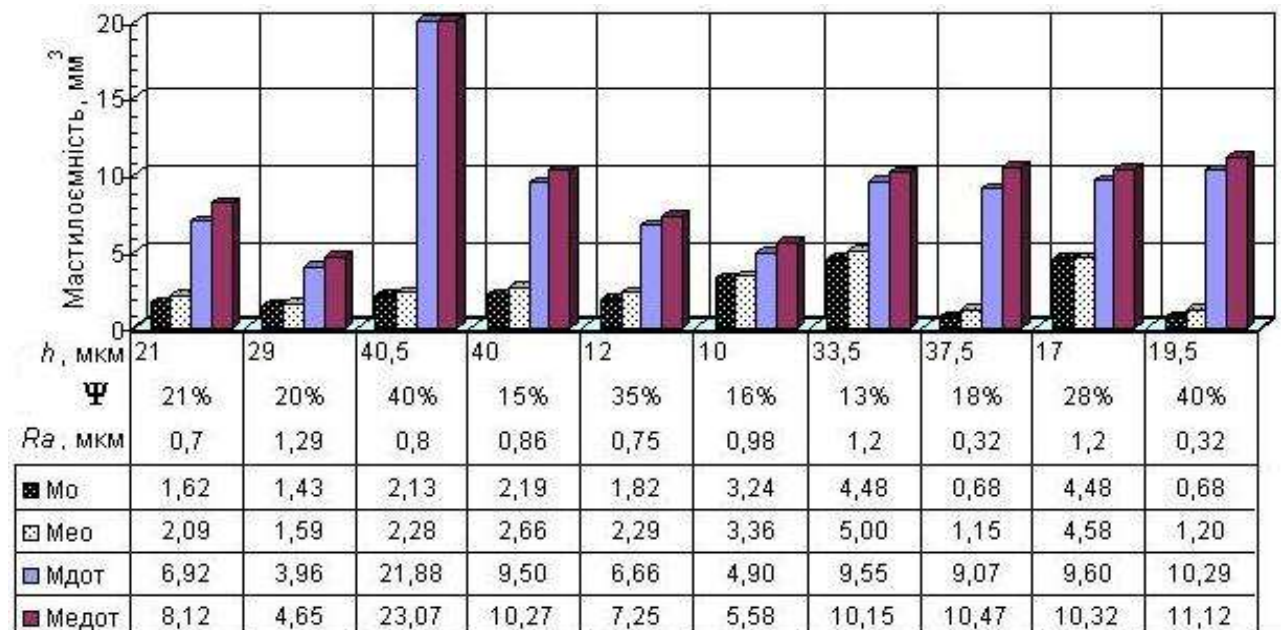
Експериментальні дослідження показали, що після формування на робочій поверхні відповідної топографії параметр шорсткості Ra між лунками не змінюється (рис. 3).

Порівняння мастилоємності поверхні втулок зі сплаву алюмінію АК6 як до формування дискретно-орієнтованої топографії поверхні Meo , так і сформованої поверхні $Медот$, визначеної за параметрами шорсткості показало, що формування на робочих поверхнях відповідної топографії дозволяє збільшити мастилоємність



поверхні втулки від 2 до 15 разів при глибині лунок h від 10 до 40,5 мкм та їх щільності Ψ від 13% до 40% (Рис. 5).

Рисунок 3 – Профілограма поверхні втулки після формування ДОТ поверхні



Mo, Мдот – розрахункова, Meo, Медот – експериментальна

Рисунок 5 – Діаграма мастилоємності поверхні до і після формування поверхні з дискретно-орієнтованою топографією

Порівняння результатів розрахункової мастилоємності до формування поверхні Mo і після - Мдот з експериментально отриманими результатами Meo, Медот, відповідно, дало відносну похибку для поверхні без ДОТ $\delta = 15\%$, а з ДОТ поверхнею відносна похибка становить $\delta = 9\%$. Відносна похибка коефіцієнта мастилоємності $k_w =$ становила $\delta(k_w) = 5\%$.

Висновки

Отже, формування дискретно-орієнтованої топографії поверхні тертя дозволяє підвищити мастилоємність і забезпечити зносостійкість деталей приладів і машин, працюючих в умовах фрикційного контакту. Запропонована методика розрахунку мастилоємності дозволяє визначити параметри дискретно-орієнтованої топографії, які забезпечують раціональну мастилоємність в режимі гідродинамічного тертя та збільшують загальну несучу здатність змащувального шару. Тому подальші дослідження проблеми формування робочих поверхонь пар тертя дозволять підвищити надійність та довговічність рухомих вузлів приладів.

Література

1. Пат. 77321 Україна, МКИ 7F16C33/14. Спосіб виготовлення поверхонь тертя / Антонюк В.С., Вовк В.Д., Возненко В.В., Пономаренко А.І., Старицький Л.П., Цирук В.Г.; Укр. – № а 2005 00396; Заявл. 17.01.2005. Опубл. 15.09.2006. Бюл. №11. – 8 с.
2. Антонюк В.С., Возненко В.В Вплив дискретно-орієнтованої топографії поверхні деталей на їх трибологічні характеристики // Вісник НТУУ „КПІ”. Серія приладобудування. – К.: НТУУ „КПІ”, 2006. – Вип. 32. – С.71-76.
3. Возненко В.В. Підвищення експлуатаційних характеристик робочих поверхонь пари тертя // Вісник НТУУ „КПІ”. Приладобудування – 2003. – К.: НТУУ „КПІ”, 2003. – Вип. 26. – С.73-81.
4. Трение, изнашивание и смазка. Справочник: В 2-х кн. Кн.1 / Под ред. И.В. Крагельского и В.В. Алисына.– М.: Машиностроение, 1978. – 400 с.
5. Изучение маслосмочности поверхностей с регулярным микрорельефом / Наливайко В.М., Шепеленко И.В., Русских В., Онша Ю., Якименко С. // Проблемы трибологии. –2001.– №2.– С.34-39.

Антонюк В.С., Вовк В.Д., Возненко В.В. Повышение работоспособности рабочих поверхностей деталей движущихся узлов.

Рассмотрен метод повышения работоспособности движущихся деталей узлов путем формирования на их рабочих поверхностях рельефа с дискретно-ориентированной топографией. Предложено выбор конструктивных параметров рабочих поверхностей, таких как сплошность та глубина лунок, их размеры та форму определять с учетом условий эксплуатации, что обеспечит благоприятный баланс антифрикционности поверхности и ее несущую способность.

Antoniuk V.S., Vovk V.D., Voznenko V.V. Increasing of efficiency of working surfaces for moving details of units.

Method to increase efficiency for moving details of units by means of formation of discontinuous relief on the working surfaces is observed. It is suggested to choose parameters of the working surfaces such as continuousness, depth, size and shape of dimples taking into account operation conditions. This will ensure right balance of antifricition characteristics of surface and its load-carrying ability.

*Надійшла до редакції
22 січня 2007 року*

УДК 621.9.02.004.6(048)

ВИБІР ПАРАМЕТРІВ ДИСКРЕТНО-МОДИФІКОВАНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОВЕРХОНЬ

*Сорока О.Б., Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України,
м. Київ, Україна*

Розглянуто підходи до встановлення конструкційних параметрів зносостійкого дискретного поверхневого шару, таких як: розмір, щільність та конфігурації вільної кромки покриття. Показано, що вибір цих параметрів залежить від типу модифікованої поверхні і умов експлуатації деталей та інструментів. В основу визначення конструкційних параметрів зміцненої поверхні покладено мінімізацію напруженого стану та умови деформування в системі «основа-покриття»

Вступ

Серед механічних характеристик деталей, машин та приладів велика кількість залежить від властивостей поверхневих шарів. З метою зміцнення поверхні застосовують різні методи, серед яких все більше розповсюдження набувають такі, що дозволяють формувати поверхневі зони дискретного типу. Формування зміцнених зон реалізується за допомогою висококонцентрованих