

## ВПЛИВ ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХОНЬ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ДЕТАЛЕЙ

*Подано дослідження впливу шорсткості робочих поверхонь деталей машин на їхні експлуатаційні характеристики.*

*The paper presents the study of the effect of roughness of working surfaces of machine parts on their performance.*

### 1. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Існує велика кількість методів для виготовлення та відновлення деталей, що швидко зношуються для сучасних машин, які працюють при великих швидкостях. Попри це існує потреба в розробці нових методів, які забезпечували б значно більший ресурс таких деталей, їхню вищу надійність та довговічність, були простими у використанні та економічними. А в сучасному ресурсообмеженому світі важливим фактором виступає ще і здатність до відновлення і ремонту. Розробляючи такі нові методи поверхневого зміцнення деталей, слід максимально забезпечувати потрібні параметри великої кількості фізико-механічних характеристик робочих поверхонь, оскільки від них залежить ресурс та працездатність деталі вцілому. Особливо важливим параметром поверхонь деталей машин є параметр шорсткості.

### 2. МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідити вплив шорсткості робочих поверхонь деталей машин на експлуатаційні характеристики деталей машин.

### 3. ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Сучасне машинобудівне обладнання характеризується безперервним збільшенням потужностей, навантажень, швидкостей і точності позиціонування виконавчих органів машин. Це потребує значного збільшення надійності роботи, а також довговічності функціонування деталей та вузлів обладнання в процесі експлуатації, що призводило б до підвищення ефективності виробництва. Вирішення цих питань забезпечується технологічними процесами виготовлення деталей машин [1]. Експлуатаційні властивості залежать не лише від фізико-механічних характеристик матеріалу, з якого вони виготовлені, але й від стану поверхневого шару, причому, виготовлення деталей з одного

---

<sup>30</sup> Українська академія друкарства

матеріалу, але за різними режимами призводить до суттєвої зміни властивостей поверхневого шару та довговічності деталей. При проведенні операцій технологічного процесу виготовлення деталі в поверхневому шарі проходять незворотні процеси спадковості та самоорганізації, які внаслідок накладання та сумісних дій, внесених і трансформованих потоків енергії та речовини ведуть до утворення комплексних структур. Саме керування процесами поглинання енергії та речовини при пошаровому проходженні високоінтенсивних впливів дає можливість створювати потрібні для майбутньої експлуатації структури і поверхневі шари деталі.

Поверхня деталей машин являє собою систему [2], яка визначає зв'язок параметрів поверхні на етапах конструювання, технології та експлуатації. Внаслідок технологічної спадковості при виготовленні деталі і релаксаційних процесів при її експлуатації змінюються хімічні і фізико-механічні властивості металу поверхневого шару.

А.Я. Мовшович [3] вказує, що «зношування, втома, пластична деформація, корозія та інші явища, що виникають у результаті роботи деталей машин, викликають їхню зупинку і вимагають проведення ремонтних та регулювальних робіт. Від якості поверхневого шару залежать експлуатаційні властивості: опір втомі, зносостійкість, корозійна- і жаростійкість, опір контактній втомі і т.д. Оптимальна поверхня повинна бути достатньо твердою, мати залишкові напруження стиску, дрібнодисперсну структуру, згладжену форму мікронерівностей з великою площею опорної поверхні». Відповідно, слід вибирати такий склад і конструкцію покриття, щоб забезпечити комплекс вимог відповідно до призначення виробу, умов його роботи, матеріалу та ін.

Для вирішення цього завдання необхідно застосування більш якісних матеріалів, вдосконалення конструкції обладнання і процесів обробки його деталей, в тому числі на завершальних етапах. Разом з тим, при виході з ладу тієї чи іншої деталі через зношування, корозію, недостатню герметичність та контактну жорсткість виникає необхідність швидкої заміни або відновлення деталі. Останнє можливо здійснити із застосуванням фінішних операцій [4].

Основні фактори, що впливають на експлуатаційні властивості деталей машин визначається сукупністю характеристик: шорсткістю поверхні, фізико-механічним станом поверхні (зміцненням (наклепом) металу поверхневого шару), а також залишковими напруженнями [5-9].

Експлуатаційні властивості деталей машин перебувають у прямому зв'язку з геометричними характеристиками поверхні й властивостями поверхневого шару. Зношування деталей суттєво залежить від

висоти й форми нерівностей поверхні й визначається в основному верхньою частиною профілю шорсткості.

На зносостійкість поверхні впливають опірність поверхневого шару руйнуванню й макрогеометричне відхилення, які викликають нерівномірне зношування окремих ділянок. Хвилястість призводить до збільшення питомого тиску, тому що третью поверхні стикаються з виступами хвиль. Вершини макронерівностей можуть викликати розриви масляної плівки, внаслідок чого в місцях розривів створюється сухе тертя.

Міцність деталей також залежить від шорсткості поверхні, тому що наявність рисок, глибоких і гострих подряпин створює джерела концентрації внутрішніх напружень, що призводять до руйнування деталей. Такими джерелами можуть бути й западини між гребінцями мікронерівностей.

Від шорсткості поверхні (особливо від висоти мікронерівностей) залежить міцність пресових з'єднань, оскільки при запресовуванні однієї деталі в іншу фактична величина натягу залежить від шорсткості поверхні й відрізняється від величини натягу при запресовуванні деталей із гладкими поверхнями для тих же діаметрів.

Шорсткість поверхні деталі значно впливає й на її корозійну стійкість, тому що зі зменшенням мікронерівностей поверхні зменшується й площа зіткнення з корозійним середовищем, отже, менше вплив середовища. Зі збільшенням глибини западин мікронерівностей і різкості їхніх обрисів підвищується руйнуюча дія корозії, спрямована в глибину металу.

При роботі деталей у легких і середніх умовах висота нерівностей в період початкового зношення поверхонь тертя зменшується на 65–75%, що призводить до збільшення фактичної поверхні їх контакту, і зниженню фактичного тиску.

За час початкового зношення, що проходить у період припрацювання, проходить зміна розмірів і форми нерівностей, а також напрямків оброблених рисок. При цьому висота нерівностей зменшується або збільшується до деякого оптимального значення, різного для різних умов тертя. Якщо оптимальну для даних умов тертя висоту нерівностей вдається створити в процесі механічної обробки, то під час зношення вона не змінюється, а час припрацювання і зношення є мінімальними.

Збільшення висоти нерівностей порівняно з оптимальним значенням підвищує зношення за рахунок зростання механічного зачеплення, сколювання і зрізання нерівностей поверхонь. Зменшення висоти нерівностей відносно оптимального значення призводить до різкого зростання зношення через виникнення молекулярного зачеплення і заїдан-

ня гладких поверхонь, що щільно прилягають одна до одної, чому сприяє видавлювання мастильного матеріалу дзеркально чистими поверхнями.

Вплив напрямків нерівностей на зносостійкість є різною в різних для різних умов тертя і при різних розмірах нерівностей. При рідинному терті і малій висоті нерівностей напрямком ризок значення не має, але при збільшенні шорсткості більш вигідним є паралельний напрямком ризок і швидкості руху в парах тертя.

При граничному терті поверхонь з малими нерівностями і паралельним напрямком нерівностей та швидкості руху схоплення та зношення є більшим, ніж при перпендикулярному напрямкові. Для поверхонь з більшою шорсткістю, коли схоплення не проходить, паралельний напрямком ризок дає найменше зношення.

Точність спряжень, яка встановлена кресленням і визначається зазором у з'єднанні, суттєво залежить від шорсткості поверхонь деталей пари тертя. При малих розмірах деталей і шорсткості з  $R_z = 3 \dots 10$  мкм подвійна висота нерівностей  $2R_z$  співрозмірна з полем допуску на виготовлення деталі. Це означає, що в період початкового зношення поверхонь додатковий зазор у з'єднанні може досягнути значення допуску на виготовлення деталі і точність з'єднання буде повністю порушена.

Для попередження цього необхідно в усіх випадках відповідальних з'єднань, від яких вимагається тривале збереження встановленої конструктором точності, вести обробку деталей при досягненні мінімальної шорсткості поверхонь тертя. При цьому рекомендовано встановлювати необхідну висоту шорсткості залежно від точності проектного спряження за формулами:

- при діаметрі спряження вище 50 мм  $R_z = (0,10 \dots 0,15) \cdot \delta$ ;
- при діаметрі спряження від 18 до 50 мм  $R_z = (0,15 \dots 0,20) \cdot \delta$ ;
- при діаметрі спряження менше 18 мм  $R_z = (0,20 \dots 0,25) \cdot \delta$ .

У цих формулах поле допуску  $\delta$  деталі і висота нерівностей  $R_z$  виражена у мікрометрах.

Міцність пресових з'єднань безпосередньо залежить від шорсткості спряжених поверхонь. Зі збільшенням нерівностей спряжених поверхонь міцність пресових з'єднань знижується. Наприклад, міцність пресового з'єднання маточини вагонного колеса з віссю при висоті нерівностей 36,5 мкм виявилася на 40% нижче міцності такого ж з'єднання з висотою нерівностей 18 мкм, незважаючи на менший на 15% натяг у другому з'єднанні.

Міцність виробів при ударному навантаженні залежить від шорсткості поверхонь. При зміні  $R_z$  від 300 до 0,4 мкм ударна в'язкість зразків зі сталі Ст5 підвищується на 17%.

Благотворний вплив зниження шорсткості поверхонь ще краще проявляється при дослідженні зразків металу повторними ударами навантаженнями. Число ударів до руйнування зразка при переході від  $R_z = 300$  мкм до  $R_z = 0,4$  мкм для сталі Ст3 зростає від 82 до 112 ударів, тобто в 1,36, а для сталі Ст5 – з 17 до 28 ударів, тобто в 1,7 рази.

Шорсткість поверхонь значно впливає на холодноломкість сталі. Дослідження надрізаних зразків зі сталі Ст5 показало, що при  $100^\circ\text{C}$  і  $R_z = 300$  мкм робота руйнування складала 3,92 Дж, а при  $R_z = 0,4$  мкм – 17,7 Дж, тобто збільшилася в 4,5 рази.

Втомна міцність деталей також залежить від шорсткості поверхонь. Наявність на поверхні деталі, що працює в умовах циклічних навантажень, окремих дефектів і нерівностей сприяє концентрації напружень, які можуть перевищити границю міцності металу. У цьому випадку поверхневі дефекти і оброблювальні ризики відіграють роль джерел виникнення субмікроскопічних порушень суцільності металу поверхневого шару та його розривлення, що є першопричиною утворення втомних тріщин.

#### 4. ВИСНОВКИ

На основі проведених досліджень можна зробити висновок про значний вплив шорсткості на значну кількість експлуатаційних показників деталей машин. Висота нерівностей, напрямок штрихів обробки, форма і крок нерівностей, розміри опорної поверхні та інші геометричні характеристики мікрорельєфу поверхні впливають і на інші важливі експлуатаційні властивості деталей машин.

*1. Яцерицын П. И. Технологическое наследование эксплуатационных параметров деталей машин / П. И. Яцерицын. – Справочник. Инженерный журнал. – М.: Машиностроение – №9, 2004. – С.20–22. 2. Мухин В.С. Инженерия поверхности деталей машин / В.С. Мухин, А.М. Смыслов. – Вестник УГАМУ. – Уфа: УГАТУ, 2009. Т12 №4(33). – С.106–112. 3. Мовшович А. Я. Некоторые вопросы развития высоких технологий в машиностроении / А.Я. Мовшович // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. № 1/1 (13), – 2005. С.43–46. 4. Олійник В. Г. Підвищення якості й експлуатаційних властивостей деталей поліграфічного обладнання. Автореферат дисертації на здобуття канд. техн. наук. Спеціальність 05.05.01 – Машини і процеси поліграфічного виробництва. Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, – К.: – 2008, –21с. 5. Маталин А. А. Технология машиностроения. / А. А. Маталин, – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1985. – 496 с. 6. Сулов А. Г. Технологическое обеспечение и повышение эксплуатационных свойств деталей и их соединений / А. Г. Сулов, В. П. Федоров, О. А. Горленко (под ред. А. Г. Сулова) Библиотека технолога. М.: Машиностроение. – 2006, – 448 с. 7. Кирилів Я. Б. Технологічне покращання експлуатаційних властивостей циліндричних поверхонь деталей машин*