

Секція: СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ

УДК 621.787.4

Роман Бица, к.т.н.; Володимир Семеген; Олег Крук

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

ВЛАСТИВОСТІ РЕГУЛЯРНИХ МІКРОРЕЛЬЄФІВ ЯК ЗАСОБУ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Анотація. Розглянуто переваги і недоліки формування поверхневих структур у вигляді регулярних мікрорельєфів для забезпечення експлуатаційних властивостей робочих поверхонь деталей машин. Встановлено напрями вдосконалення регулярних мікрорельєфів для усунення визначених недоліків.

Ключові слова: регулярний мікрорельєф, поверхня, експлуатаційні властивості, тип мікрорельєфу

Roman Bytsa, Ph.D.; Volodymyr Semehen; Oleh Kruk

PROPERTIES OF REGULAR MICRORELIEF AS A MEANS OF ENSURING THE OPERATIONAL PROPERTIES OF THE SURFACES OF MACHINE PARTS

Abstract. The advantages and disadvantages of the formation of surface structures in the form of regular microreliefs to ensure the operational properties of the working surfaces of machine parts are considered. The areas of improvement of regular microreliefs to eliminate identified shortcomings have been established.

Keywords: regular microrelief, surface, operational properties, type of microrelief

Термін експлуатації виробу зазвичай залежить від ресурсу найбільш навантажених пар тертя. Розрахунковий ресурс деталі забезпечується наданням її функціональній поверхні необхідних експлуатаційних властивостей. На даний час відома велика кількість методів забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей робочих поверхонь деталей машин. До них відносяться хімічна, термічна, гальванічна, хіміко-термічна обробка, обробка поверхневим пластичним деформуванням, формування необхідної мікроструктури поверхні та інші методи. Значна частина цих методів є, в достатній мірі, дослідженими та фактично вичерпали можливості для вдосконалення. Разом з цим вони забезпечують необхідні параметри якості чи необхідні фізико-механічні властивості поверхні у заданому діапазоні значень. Досить дієвим є метод формування поверхневої мікроструктури поверхні, який дозволяє забезпечити покращені експлуатаційні властивості та є економічно більш привабливим.

Регулярний мікрорельєф – це штучно створені періодично повторювані елементи поверхні певної форми та геометричних параметрів, які створені на плоскій чи обертовій поверхні. Зазвичай регулярні мікрорельєфи створюють у вигляді канавок різної форми. Форма, розміри та взаємне розміщення канавок регулярних мікрорельєфів можуть бути різними та визначаються функціональним призначенням поверхні на якій вони створюються. Геометричні параметри регулярних мікрорельєфів регламентуються нормативним документом [1].

Область застосування регулярних мікрорельєфів доволі широка:

- деталі автомобілів (гільзи циліндрів двигунів внутрішнього згорання; конусні диски варіаторних трансмісій; робочі поверхні деталей трансмісій; інші деталі пар тертя);

- ріжучий інструмент (робочі поверхні ріжучих інструментів та швидкозмінні пластини ріжучих інструментів);
- медичні протези та обладнання (суглобів, зубних імплантів, медичних інструментів та обладнання);
- деталі машин, що працюють в агресивних середовищах (пластини кислотних акумуляторних батарей);
- поверхні, що потребують гідрофобних властивостей.

Більшість наукових праць в цій галузі знань спрямовані на пошук залежності між геометричними характеристиками канавок мікрорельєфу та експлуатаційними властивостями поверхні на якій вони сформовані [2, 3, 4, 5].

Загальною характеристикою регулярних мікрорельєфів I, I, III типів, що створюються на плоских та обертових поверхнях можна назвати однакову глибину заглиблення канавок мікрорельєфу у поверхню матеріалу на якій вони створені. Наслідком такої геометрії канавок мікрорельєфу є те, що в процесі експлуатації поверхні і, як наслідок, її зношування, глибина канавок змінюється (зменшується) рівномірно на всій площині, що призводить до зміни експлуатаційних властивостей, зокрема зменшення здатності поверхні утримувати масляну плівку.

Відомі типи мікрорельєфів створюються на плоских чи обертових поверхнях. При цьому глибина канавок мікрорельєфу є незмінною, а профіль мікрорельєфу визначається формою осі канавки у площині паралельній до тієї на якій створюється мікрорельєф. Ця вісь може бути у вигляді синусоїди, трикутника та інших геометричних фігур. Враховуючи вищевикладене доцільно називати такі типи мікрорельєфів площинними.

Така будова мікрорельєфів дозволяє створювати поверхневі мікроструктури з різною відносною площею. Відносна площа мікрорельєфу – це відношення площі канавок мікрорельєфу до площі поверхні на якій вони створені. Створюючи мікрорельєфи з різною відносною площею можна фактично забезпечувати необхідні для певних умов експлуатації експлуатаційні властивості поверхні.

Створення регулярних чи частково регулярних мікрорельєфів як методу забезпечення експлуатаційних властивостей поверхонь деталей машин має ряд переваг і недоліків.

Переваги площинних типів регулярних мікрорельєфів

1. Однорідність властивостей поверхні із сформованими регулярними мікрорельєфами.

2. Можливість утримувати масляну плівку більшого об'єму.

3. Збільшений опір захопленню при важких умовах експлуатації.

4. Зменшене значення коефіцієнта тертя ковзання спряжених поверхонь.

Недоліки площинних типів регулярних мікрорельєфів

1. Складність форми канавки мікрорельєфу призводить до складності технологічного процесу його формування.

2. Неможливість сформувати мікрорельєфи із відносною площею канавок мікрорельєфу близькою до 100%.

3. Складність забезпечення регулярності мікрорельєфу. При створенні мікрорельєфу на значних площах спостерігається порушення регулярності канавок мікрорельєфу.

4. Неоднорідна мікротвердість поверхні у канавках мікрорельєфу та поза ними.

5. Неоднорідна шорсткість поверхні у канавках мікрорельєфу та поза ними.

Створення на робочих поверхнях деталей машин регулярних мікрорельєфів може покращити експлуатаційні властивості поверхні протягом заданого періоду експлуатації. Однак для керування процесом забезпечення експлуатаційних

властивостей у широкому діапазоні значень необхідно здійснювати пошук нових видів регулярних мікрорельєфів. Такими новими формами мікрорельєфів можуть бути поверхневі структури утворені у вигляді циклоїди, трохоїди, та інших трансцендентних кривих, що описуються параметричними рівняннями [6]. Такі мікрорельєфи володіють рядом переваг, найсуттєвішою з яких є те, що технологія їх створення є набагато продуктивнішою, однак вимагає попереднього складного розрахунку та налаштування.

Разом з цим, перспективним є напрямок пошуку технічних рішень, які б забезпечували однакові (стабільні) експлуатаційні властивості поверхні протягом усього періоду експлуатації виробу, або властивості, які б дозволяли адаптуватись під умови експлуатації. Цього можна досягнути створивши нові типи мікрорельєфів із розширеними технологічними властивостями. До таких властивостей відносять підвищену гідрофобність та капілярність при настанні певних умов, збільшення за визначеними законами збільшення опорної площі та інші.

Перелік посилань

1. ISO 21920-2. GPS - Surface texture: Profile method - Part 2 - Terms, definitions and surface texture parameters.
2. Hurey, I., Hurey, T., Gurey, V. (2020). Wear Resistance of Hardened Nanocrystalline Structures in the Course of Friction of Steel-Grey Cast Iron Pair in Oil-Abrasive Medium. In: Ivanov, V., et al. Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_57
3. Wu W, Chen G, Fan B, Liu J (2016) Effect of Groove Surface Texture on Tribological Characteristics and Energy Consumption under High Temperature Friction. PLoS ONE 11(4): e0152100. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152100>
4. Zhang, Y., Zeng, L., Wu, Z., Ding, X. and Chen, K. (2019), Synergy of surface textures on a hydraulic cylinder piston. Micro Nano Lett., 14: 424-429. <https://doi.org/10.1049/mnl.2018.5535>
5. Nagit G., Slatineanu L., Dodun O., Ripanu M., Mihalache A. (2019). Surface layer microhardness and roughness after applying a vibroburnishing process. Journal of Materials Research and Technology. 8. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2019.07.044>
6. Dzyura, V., Maruschak, P., Semehen, V., Kruk O., Gurey V. Analysis of Causes that Lead to Failure of Conical Discs of Variable Automatic Transmissions. J Fail. Anal. and Preven. (2024). <https://doi.org/10.1007/s11668-024-01912-y>
7. Swirad, S. Influence of Ball Burnishing on Lubricated Fretting of the Titanium Alloy Ti6Al4V. Lubricants 2023, 11, 341. <https://doi.org/10.3390/lubricants11080341>
8. Wu W, Chen G, Fan B, Liu J (2016) Effect of Groove Surface Texture on Tribological Characteristics and Energy Consumption under High Temperature Friction. PLoS ONE 11(4): e0152100. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0152100>
9. Slavov, S.; Van, L.S.B.; Dimitrov, D.; Nikolov, B. An Approach for 3D Modeling of the Regular Relief Surface Topography Formed by a Ball Burnishing Process Using 2D Images and Measured Profilograms. Sensors 2023, 23, 5801. <https://doi.org/10.3390/s23135801>