

ЗВ'ЯЗОК ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ З ЕКСПЛУАТАЦІЙНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ДЕТАЛЕЙ

Взаємозв'язок параметрів якості поверхні деталей і забезпечення їхніх експлуатаційних властивостей є одним з основних напрямків досліджень в галузі машино - та приладобудування, який і в теперішній час викликає інтерес вчених різних напрямків: механіків, фізиків, хіміків, метрологів та технологів. В статті подано загальні відомості про поверхню деталей та її властивості, фактори що впливають на якість поверхні; проаналізовано зв'язок поверхневого шару з експлуатаційними властивостями деталі.

Ключові слова: *поверхневий шар, якість поверхні, фізико-хімічні та механічні властивості, хвилястість, шорсткість поверхні, нерівності поверхні, експлуатаційні властивості деталі.*

Взаємозв'язок параметрів якості поверхні деталей і забезпечення їхніх експлуатаційних властивостей є одним з основних напрямків досліджень в галузі машино - та приладобудування.

Наука про якість поверхневого шару за свою майже 100-літню історію розвивалась від невизначеного врахування нерівностей поверхонь до комплексної оцінки їх стану з врахуванням як всіх видів нерівностей (макровідхилення, хвилястість, шорсткість, субшорсткість), так і фізико-хімічних властивостей (структура, фазовий склад, хімічний склад, поверхнєве зміцнення, залишкові напруження, екзоелектронна емісія). Вона в теперішній час викликає інтерес вчених різних напрямків: механіків, фізиків, хіміків, метрологів та технологів. Розглянемо це питання більш детально.

Якість поверхні визначається геометрією поверхні і її фізико-хімічними та механічними властивостями, що обумовлені процесом її утворення при обробці деталі. Якість поверхні впливає на опір втомі, зносостійкість, корозійну і ерозійну стійкість, а також на міцність посадок з натягом і точність рухомих і нерухомих спряжень.

До геометричних параметрів відносять: макро- та мікрогеометрію поверхні, хвилястість.

Макрогеометрія поверхні характеризується похибками форми (овальність, конусність, бочкоподібність), які відносяться до параметрів точності обробки [1].

Мікрогеометрія поверхні (шорсткість) обумовлена наявністю мікронерівностей, які є результатом взаємодії оброблюваної поверхні з різальним інструментом на фінішних операціях.

Шорсткість прийнято визначати за профілем, який утворюється в перерізі цієї поверхні площиною, перпендикулярною до номінальної (зображеної на кресленні) поверхні. При цьому профіль розглядається на довжині базової лінії, яка використовується для виділення нерівностей і кількісного визначення їх параметрів.

Міждержавним стандартом ГОСТ 2789-73 визначено номенклатуру з 6-ти параметрів оцінки шорсткості поверхні, з яких для характеристики шорсткості вибирається один або декілька. При цьому перевага надається першому. Ці параметри наступні:

1. Висотні:

- Ra — середнє арифметичне відхилення профілю (середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини);
- Rz — висота нерівностей профілю по 10 точках (сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів і глибин п'яти найбільших впадин профілю в межах базової довжини);
- $Rmax$ — найбільша висота профілю (відстань між лінією виступів профілю і лінією впадин профілю в межах базової довжини), рис. 1.

2. Крокові:

- S — середній крок місцевих виступів профілю (середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю по вершинах в межах базової довжини);
- Sm — середній крок нерівностей профілю по середній лінії (середнє арифметичне значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини).

3. Висотно-кроковий:

- tp — відносна опорна довжина профілю (відношення опорної довжини профілю до базової довжини, де p — значення рівня перерізу профілю).

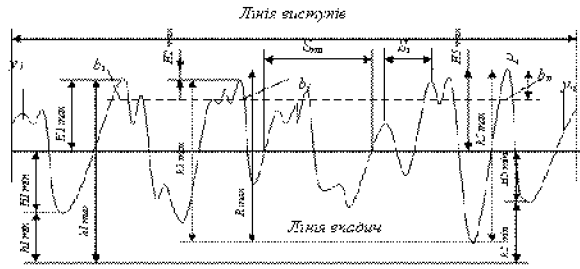


Рис. 1. Схема визначення параметрів шорсткості поверхні.

Хвилястість займає проміжне положення між шорсткістю та похибкою форми поверхні. Критерієм для розмежування шорсткості та хвилястості служить величина відношення кроку до висоти нерівностей. Для шорсткості (рис. 2) це відношення орієнтовно рівне $\ell/H_b < 50$, для хвилястості – $L/H_b = 50 - 1000$, для макрогеометрії – $L/H_b > 1000$ [2].

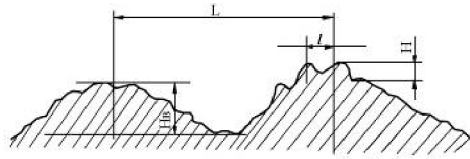


Рис. 2. Шорсткість та хвилястість поверхні

Розглянемо параметри хвилястості.

Хвилястість нормується трьома параметрами Wz - висотою, W_{max} і SW -кроком хвилястості. За базову лінію при їх оцінці прийнята середня лінія mW , яка визначається аналогічно середньої лінії профілю шорсткості m .

Довжина лінії вимірювання LW повинна бути не менше п'яти значень кроку найбільшої хвилі. Висота хвилястості Wz - середнє арифметичне значення п'яти найбільших висот хвиль.

$$Wz = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 W_i \quad (1)$$

де W_i - висота хвилі.

Висоту хвилястості визначають або на довжині лінії вимірювання хвилястості LW , або на п'яти окремих ділянках lWi . Якщо вимірювання висот хвиль виконують на «розірваних» ділянках, сума довжин цих п'яти ділянок повинна бути дорівнює повній довжині лінії вимірювання хвилястості LW [3].

Граничні значення Wz повинні вибиратися з ряду 0,1; 0,2; 0,4; 0,6; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25, 50, 50, 100, 200 мкм.

Найбільша висота хвилястості W_{max} - найвища хвиля з п'яти розглянутих.

Середній крок волнистості SW - середнє арифметичне значення довжин відрізків середньої лінії, що відсікаються однотипними (парними або непарними) точками перетину профілю волнистості з середньою лінією в межах повної довжини лінії вимірювання хвилястості LW

$$Sw = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Sw_i \quad (2)$$

В країнах західної Європи з метою більш детального аналізу мікрогеометрії поверхні та для відображення зв'язків мікрорельєфу поверхні з експлуатаційними властивостями використовується трьохмірна система визначення параметрів мікрогеометрії (3D система). В цій методиці параметри мікрогеометрії визначаються не за профілограмою, що формується за допомогою профілометра(профілографу), а за допомогою сканування одиничної площі зразка. В 3-D системі розрізняють наступні групи параметрів:

1. Амплітудні параметри:

- S_t - висота нерівностей, μm .
- S_z - висота нерівностей по 10 точкам, μm .
- S_q - середньоквадратичне відхилення (від середньої площини), μm .
- S_p - максимальна висота вершин (від середньої площини), μm .
- S_v - максимальна глибина западин (від середньої площини), μm .
- S_a - середньоарифметичне відхилення (від середньої площини), μm .
- S_{sk} - коефіцієнт зсуву (кривої розподілу ординат профілю щодо середньої площини).

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

- S_{ku} - коефіцієнт щільності (розподілу ординат профілю щодо середньої площини).
- 2. Поверхнево-об'ємні параметри:
 - STp - показник несучої здатності, % на заданій висоті щодо найвищої вершини.
 - $SHTp$ - висота опорної зони (несучої чи зони обсягу), μm . (між заданими рівнями в % від загальної висоти нерівностей).
 - $Smmr$ - показник обсягу матеріалу
 - $Smvr$ - показник обсягу порожнин.
- 3. Просторові параметри:
 - SPc - щільність розподілу місцевих вершин між заданими рівнями $c1$ і $c2$, кількість вершин $/mm^2$.
 - Sds - щільність розподілу вершин, кількість вершин $/mm^2$
 - Sal - коефіцієнт згасання функції автокореляції.
- 4. Гібридні параметри:
 - Sdq - середньоквадратичний нахил нерівностей поверхні.
 - Ssc - середньоарифметична кривизна вершин, $1/\mu m$.
 - Sdr - розвиток поверхні, %
- 5. Функціональні параметри:
 - Sbi - показник несучої здатності, μm
 - Sci - показник утримання змачення коренем нерівностей, μm .
 - Svi - показник утримання змачення залишковими западинами.

Розглянемо методику визначення деяких параметрів мікрогеометрії поверхні в 3-D системі.

Середньоквадратичне відхилення поверхні S_q . Значення середнього квадратичного відхилення зсувів поверхні в межах області вибірки

$$S_q = \sqrt{\frac{1}{MN} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \eta^2(x_i, y_j)} \quad (3)$$

Висоти десяти точок поверхні S_z . Середнє значення абсолютних висот п'яти найвищих позитивних вершин і абсолютних глибин п'яти найглибших негативних вершин у межах області вибірки

$$S_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |\eta_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |\eta_{vi}|}{5}, \quad (4)$$

де η_{pi} і η_{vi} ($i=1, 2, \dots, 5$) – п'ять найвищих позитивних вершин і найнижчих негативних вершин відповідно.

Асиметрія поверхневого розподілу висоти S_{sk} . Критерій асиметрії поверхневих відхилень щодо реперної поверхні

$$S_{sk} = \frac{1}{MNS_q^3} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \eta^3(x_i, y_j) \quad (5)$$

Екセス поверхневого розподілу висот S_{ku} . Критерій піковості чи різкості поверхневого розподілу висот

$$S_{ku} = \frac{1}{MNS_q^4} \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^M \eta^4(x_i, y_j) \quad (6)$$

Щільність вершин поверхні S_{ds} . Число вершин на одиничній вибірковій області

$$S_{ds} = \frac{\text{кількість вершин}}{(M-1)(N-1) \cdot \Delta x \Delta y} \quad (7)$$

Індекс несучої поверхні S_{bi} . Відношення RMS відхилення від висоти поверхні при $c1$ несучій області.

$$S_{bi} = \frac{S_q}{\eta_{c1}} = \frac{1}{h_{c1}}, \quad (8)$$

де η_{c1} h_{c1} представляють висоту і нормалізовану висоту поверхні $c1$ несучої області відповідно. За замовчуванням значення $c1$ - це 5%.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Значна кількість параметрів мікрогеометрії 3-D системи безпосередньо характеризують експлуатаційні властивості поверхневого шару. Так, наприклад, це просторові параметри SP_c , Sds ,

Sal , а також група функціональних параметрів Sbi – показник несучої здатності, Svi та Sci – показники утримання змащення, тощо.

При вирішенні задач технологічного забезпечення якості поверхні деталей та їх експлуатаційних якостей технолог повинен вміти:

- забезпечувати параметри якості поверхневого шару деталей машин відповідно до їх службового призначення;
- прогнозувати режими механічної обробки, що забезпечують одержання заданих параметрів якості;
- визначати комплекс методів механічної обробки, що забезпечують одержання заданих параметрів якості поверхневого шару з найбільшою продуктивністю.

Вивчення якості поверхневого шару деталей машин та приладів на всіх стадіях життєвого циклу (проекування, виготовлення, контроль, експлуатація, ремонт, відновлення, утилізація) поклато початок вчення про інженерію поверхні.

Встановлено, що поверхневі шари деталей в залежності від методу їх обробки за своїми фізико-хімічними властивостями різко відрізняються від властивостей основного матеріалу. При виготовленні та експлуатації деталі на її поверхні виникають нерівності, змінюється структура, фазовий та хімічний склад. В деталі виникають залишкові напруження, змінюється міцність втомленості. Зовнішній шар деталі зі зміненою структурою, фазовим та хімічним складом в порівнянні з основним металом, з якого виготовлена деталь, називається поверхневим шаром. Зовнішня поверхня шару межує з навколишнім середовищем або з поверхнею спряженої деталі.

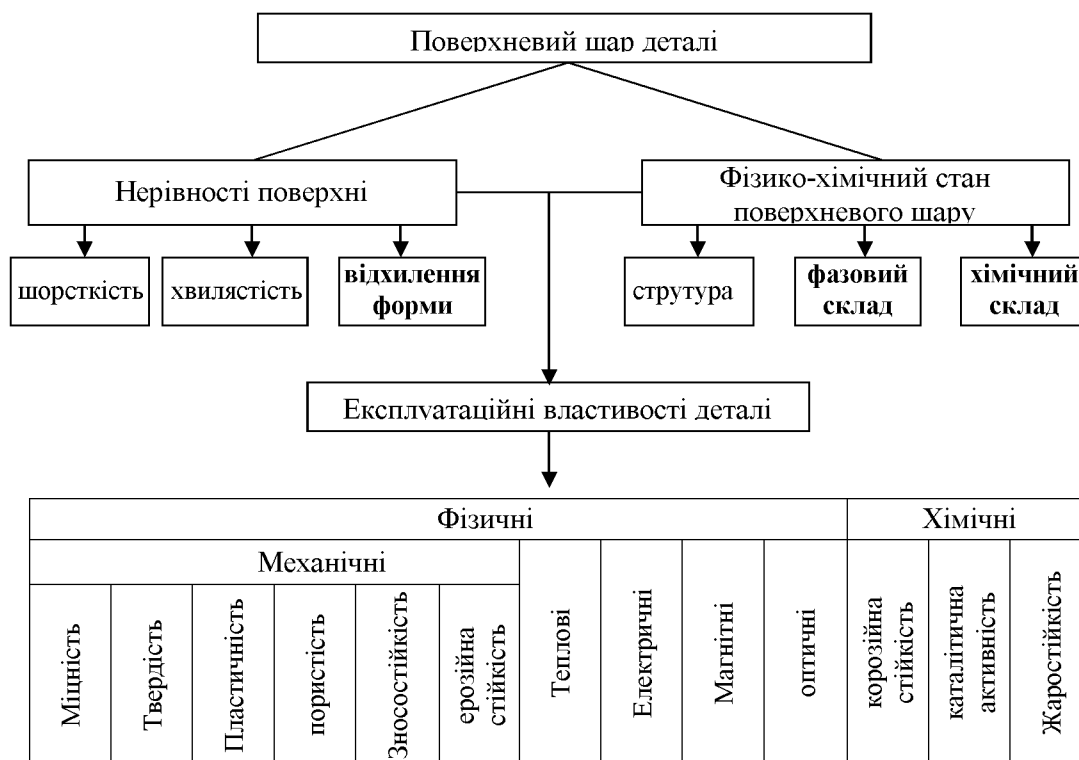


Рис.3. Взаємозв'язки поверхневого шару з експлуатаційними властивостями деталей

В поверхневому шарі виділяють наступні зони:

- зону 1 адсорбованих з навколишнього середовища молекул та атомів органічних і неорганічних речовин (води, розчинників, миючих та мастильно охолоджуючих рідин), її товщина $1...10^2$ Нм;
- зону 2 продуктів хімічної взаємодії металу з оточуючим середовищем (як правило оксидів), товщиною приблизно $10^{-3}...1$ мкм;
- граничну зону 3 товщиною в декілька міжатомних відстаней; метал в цій зоні має інші ніж в основному об'ємі кристалічну та електронну структури;
- зону 4 з зміненою структурою, фазовим та хімічним складом, вона виникає в процесі виготовлення та експлуатації деталі, її товщина як правило приблизно дорівнює $0,01...0,1$ мм.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Нерівності на поверхні деталі, структура, фазовий та хімічний склад поверхневого шару впливають на її фізико-хімічні та експлуатаційні властивості.

Поверхневий шар найбільше впливає на надійність та зносостійкість роботи деталі і виробу в цілому. При експлуатації поверхневий шар деталі піддається найбільшому фізико-хімічному впливу. Руйнування деталі (наприклад розвиток тріщин втоменості, ерозія, зношування, корозія), в більшості випадків починаються з поверхні. Взаємозв'язок поверхневого шару з фізико-хімічними і експлуатаційними властивостями деталі показаний на рис.3.

Ідеально правильну поверхню не можливо отримати за допомогою будь-якого методу обробки. Реальна поверхня деталі недосконала: судження про рівень недосконалості залежить від масштабу розгляду. Можливо розглядати відхилення від геометричної правильності поверхні, макро-, мікро- та субмікроскопічного порядку.

Макрогеометричні відхилення розглядають на порівняно великих ділянках реальної поверхні деталі (вони характеризують її точність), мікрогеометричні відхилення – на малих ділянках реальної поверхні з довжиною сторони квадрату $10^{-2} \dots 10^1$ мм. Сукупність нерівностей поверхні на цій довжині прийнято називати шорсткістю поверхні.

Підсумовуючи вище викладене можна зробити висновок про те, що експлуатаційні характеристики і властивості деталей залежать не тільки структури матеріалу деталі та її хімічного складу, а й від показників фізико-механічного стану поверхні до яких відносяться параметри мікро- та макронерівностей поверхні, а також параметри, що характеризують фізико-механічні властивості поверхневого шару – мікротвердість, поверхневі напруження і інші. В цьому зв'язку важливим завданням під час конструювання деталей та виробів, проектуванні технології механічного оброблення деталей є технологічне забезпечення параметрів якості поверхні та експлуатаційних властивостей деталей.

Інформаційні джерела

1. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
2. А.И. Исаев. Микрогеометрия поверхности при токарной обработке. Москва, 1950г.
3. Я.А. Рудзит. Микрогеометрия и контактное взаимодействие поверхностей. Зинатне, Рига. 210 с. (1975).
4. Рыжов Э.В., Суслов А.Г., Федоров В.П. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин. М., "Машиностроение", 1979г.
5. Н.Б. Демкин. Геометрия и механика контактирования шероховатых тел // Теория трения, износа и проблемы стандартизации. Брянское книжное изд-во, Брянск. С. 274 (1978).

Марчук И.В., к.т.н., **Ештеиви А.М.**, аспирант, **Шишко К.В.**, магистрант
Луцкий национальный технический университет

СВЯЗЬ ПОВЕРХНОСНОГО СЛОЯ С ЭКСПЛУАТАЦИОННЫМИ СВОЙСТВАМИ ДЕТАЛЕЙ

Взаимосвязь параметров качества поверхности деталей и обеспечения их эксплуатационных свойств является одним из основных направлений исследований в области машино - и приборостроения, который и в настоящее время вызывает интерес ученых различных направлений: механиков, физиков, химиков, метрологов и технологов. Приводятся общие сведения о поверхности деталей и ее свойства, факторы влияющие на качество поверхности; проанализирована связь поверхностного слоя с эксплуатационными свойствами детали.

Ключевые слова: *поверхностный слой, качество поверхности, физико-химические и механические свойства, волнистость, шероховатость поверхности, неровности поверхности, эксплуатационные свойства детали.*

I. Marchuk, A. Eshteivi, K. Szyszko

Lutsk National Technical University

US SURFACE LAYER WITH PERFORMANCE PROPERTIES OF DETAILS

Relationship quality parameters of surface detail and ensuring their performance properties is a major focus of research in the field of car - and instrument, which at present is of interest to scientists of different areas: engineers, physicists, chemists, engineers and metrologists. Posted overview of surface detail and its properties, factors affecting the quality of the surface; analyzes the relationship of the surface layer of the operating properties details.

Key words: *surface layer, surface quality, physico-chemical and mechanical properties, waviness, surface roughness, surface roughness, the operational properties of details.*