

## Шорсткість і хвилястість поверхонь

### 5.1 Шорсткість та її параметри згідно з ДСТУи2413-94

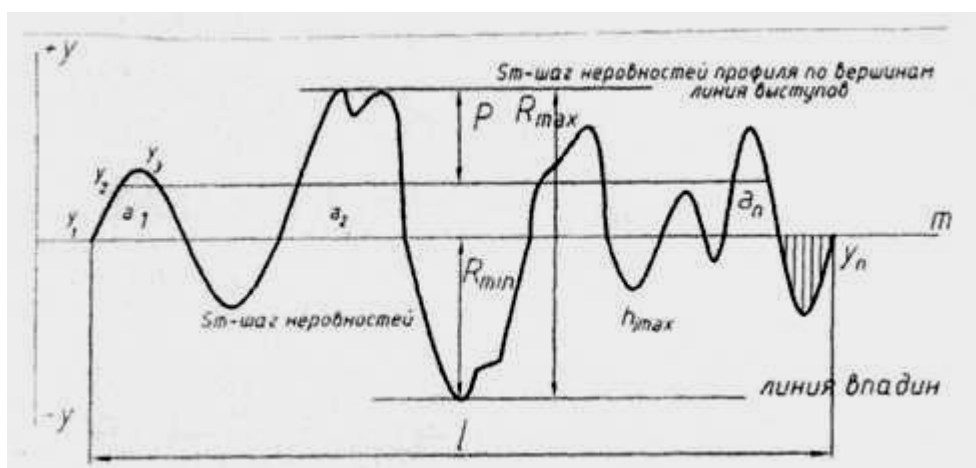
Часто помітно при обробці деталей, на їх поверхні оброблених наприклад різанням, точінням або шліфуванням, залишаються сліди різальних кромek інструмента у вигляді нерівностей. Ці нерівності можна побачити при сильному збільшенні ділянки поверхні, наприклад за допомогою такого інструменту, який називається профілограф-профілометр 201 при вертикальному збільшенні до 2000. Терміни визначення шорсткості встановлює ДСТУ 2413-94, а параметри та характеристики – ГОСТ 2189-82.

Любий різальний інструмент - різець, фреза, абразивне коло або абразивна паста - залишає на обробленій поверхні мікроскопічні нерівності - шорсткості. Незважаючи на них, здавалося б, малу величину, вони дуже впливають на експлуатаційні якості машин. По висоті шорсткості судять про чистоту поверхні: чим вона менше, тим поверхня більш чиста. Шорсткості, що залишилися після обробки, заважають щільному зіткненню деталей у з'єднанні. Зіткнення відбувається по вершинах виступів, і дивлячись по тому, як багато точок дотику мають деталі, можна судити про величину так названої контактної поверхні, що завжди менше номінальної. Навіть після тонкого шліфування вона в два-три рази менше номінальної, а при звичайній чистовій обробці різцем дійсна площа торкання складає менш 20 % номінальної.

Від величини шорсткості залежить знос деталей машин, витрата енергії на подолання сил тертя (до 25 % у токарському верстаті), міцність посадок з натягом, опір корозії і навіть міцність деталей. При запресовуванні шорсткості на поверхнях, що з'єднуються, мнучи, зменшують величину натягу, що приводить до зниження міцності з'єднань з натягом. Деталі, оброблені різцем, під дією змінних навантажень руйнуються в два рази швидше, ніж поліровані.

**Шорсткістю поверхні** – називається сукупність нерівностей з відносно малими кроками, що показано на базовій довжині  $l$ .

**Базова довжина** – довжина базової лінії, яка використовується для виділення нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні.



**Крок нерівностей** – це відрізок середньої лінії профілю, що обмежує нерівність профілю, тобто виступ профілю і сполучену з ним западину.

Кількісна оцінка шорсткості поверхні виконується від **середньої лінії профілю** (СЛП) – це базова лінія, що має форму номінального профілю і проведена так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю до цієї лінії буде мінімальним.

Параметри шорсткості можна поділити на 3 групи:

- висотні ( $R_z, R_a, R_{max}$ ) які пов'язані з висотними нерівностями нерівностей;
- крокові ( $S_m, S$ ) пов'язані з нерівностями у напрямку довжини профілю;
- опорні ( $t_p$ ) пов'язані з формою нерівностей профілю.

### **Параметри, що пов'язані з висотними властивостями нерівностей**

Висота нерівностей за 10 точками  $R_z$  - це сума середніх абсолютних значень висот 5 найбільших виступів профілю і глибин та 5ти найбільших западин профілю в межах базової довжини:

$$R_z = \frac{\sum_{i=0}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}$$

де  $y_{pi}$  ( $y_{vi}$ ) – висота (глибина) і го найбільшого виступу (западини) профілю, обумовлена відстанню від середньої лінії профілю до вищої (нижчої) точки виступу (западини).

Середньоарифметичне відхилення профілю  $R_a$  – це середньоарифметичне з абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

Найбільша висота нерівностей профілю  $R_{max}$  – це відстань між лінією виступів профілю і лінією западин в межах базової довжини, або сума висоти найбільшої западини профілю  $R_v$  – (відстань від нижчої точки профілю до середньої лінії в межах базової довжини) та найбільшого виступу  $R_p$  – (відстань від верхньої точки профілю до середньої лінії в межах базової довжини)

$$R_{max} = R_p + R_v$$

### **Параметри, що пов'язані з властивостями нерівностей у напрямку довжини профілю**

**Середній крок нерівностей профілю  $S_m$**  – це середнє значення кроку нерівностей профілю, в межах базової довжини.

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{mi},$$

де  $S_{mi}$  –  $i$  ий крок нерівностей – відрізок середньої лінії профілю, що містить нерівність профілю;  $n$  – число кроків нерівностей профілю.

Середній крок місцевих виступів профілю  $S$  – це середнє значення кроків місцевих виступів профілю, що знаходяться в межах базової довжини:

$$S = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i,$$

де  $S_i$  –  $i$  ий крок місцевих виступів профілю – відрізок середньої лінії  $m$  між проєкціями на неї найвищих точок сусідніх місцевих виступів профілю.

### **Параметр, що пов'язаний з формою нерівностей профілю**

Відносна опорна довжина профілю  $t_p$  – відношення опорної довжини профілю до базової

$$t_p = \frac{\eta_p}{l},$$

де  $\eta_p$  – опорна довжина профілю, що представляє собою суму довжин відрізків  $v_i$ , які відтинаються на заданному рівні у матеріалі профілю

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n B_i$$




Шорсткість поверхні нормують і оцінюють одним чи декількома з перерахованих параметрів, по співвідношенню значень параметрів  $R_z$ ,  $R_a$ , і  $R_{max}$  та базової довжини  $l$  які знаходять з таблиці.

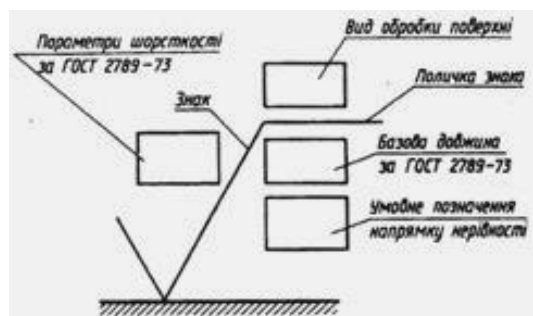
Параметри шорсткості вибирають в залежності від експлуатаційних властивостей поверхні деталі:

- при забезпеченні нерухомості з'єднаних деталей ( $R_z$ ,  $R_a$ );
- при забезпеченні герметичності з'єднання деталей.


Вимірювання всіх параметрів шорсткості встановлює ДСТУ 2409-94


Залежно від методу обробки шорсткість позначається одним з трьох знаків (рис. 2):

-  вид обробки не встановлюється;
-  поверхня повинна бути утворена видаленням шару матеріалу;
-  поверхня повинна бути утворена без видалення шару матеріалу;



**Рис. 2** Схема позначення шорсткості

 Позначення шорсткості однакової для частини поверхонь виробу, може бути розташоване в правому верхньому куті креслення разом з умовною позначкою

 Це означає, що всі поверхні, на зображенні яких не нанесені позначення шорсткості або знак повинні мати шорсткість, зазначену перед умовним позначенням.

Шорсткість поверхні відіграє велику роль у рухливих з'єднаннях деталей, впливає на тертя і знос тертьових поверхонь підшипників, напрямних, повзунів тощо. При недостатньо гладких тертьових поверхнях зіткнення між ними відбувається в окремих точках при підвищеному тиску, змащування видавлюється, що особливо важливо для підшипників швидкохідних і точних машин і приладів, у яких не можна допускати великих зазорів.

Шорсткість поверхні залежить від якості обробленої поверхні і впливає на міцність і руйнування деталі, особливо при змінних навантаженнях. Чим «чистіше» поверхня, тим менше можливість виникнення поверхневих тріщин від втоми металу.

Зменшення шорсткості поверхні поліпшує антикорозійну стійкість, особливо важливо, якщо не можуть бути використані захисні покриття.

## Параметри хвилястості поверхні

Хвилястість поверхні - сукупність періодично повторюваних нерівностей, у яких відстані між суміжними височинами або западинами перевищують базову довжину  $\lambda$ .

Хвилястість оцінюють двома параметрами: висотою хвилястості  $W$  і кроком хвилястості  $S$ .

Висота хвилястості  $W$  - це середнє арифметичне з п'яти її значень, визначених на довжині ділянки вимірювання  $B$  (рис. 5.94, а)

$$W = \frac{W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5}{5}$$

Числові значення  $W$  (мкм) слід вибирати з наступного ряду: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200.

Середній крок хвилястості  $S$  - середнє значення відстаней  $S_i$  між однойменними сторонами сусідніх хвиль, виміряних по середній лінії профілю  $t$  (рис. 5.94, б)

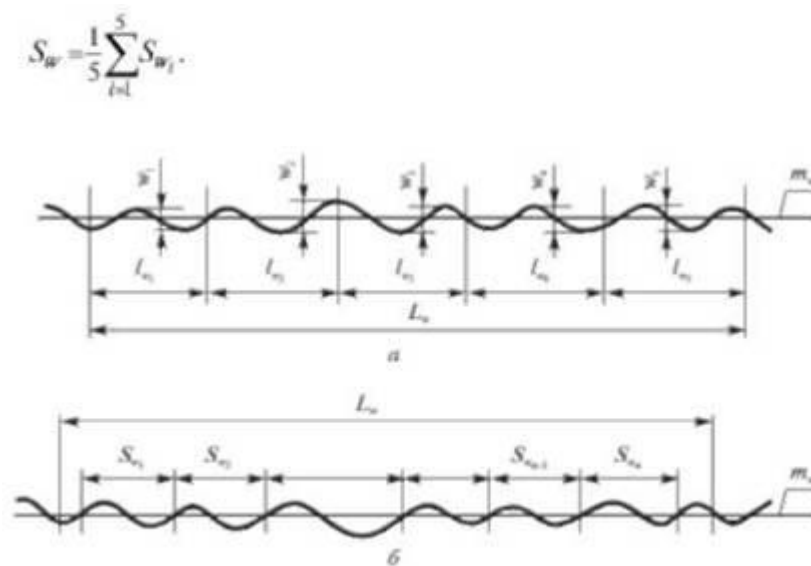


Рис. 5.94. Визначення висоти (а) і кроку (б) хвилястості

Положення середньої лінії  $t$ , визначається так само, як і середньої лінії профілю шорсткості.

Нерівномірність складових сил різання, наявність невідновжених мас, похибок верстата призводять до коливань технологічної системи верстата, що є причиною появи хвилястості поверхні.

## Вплив шорсткості, хвилястості, відхилень форми і розташування поверхонь деталей на взаємозамінність і якість машин

Якість виробу в значній мірі визначається експлуатаційними властивостями деталей і з'єднань. Експлуатаційні властивості характеризуються станом поверхневого шару деталей, що визначаються технологією їх виготовлення, і обумовлюються сукупністю геометричних параметрів і фізико-механічних властивостей поверхневого шару.

Геометричні показники визначаються шорсткістю реальної поверхні.

До фізико-механічних властивостей поверхні відносяться наклеп (підвищення твердості поверхні в результаті, наприклад, механічної обробки), характер та величина залишкових напружень (розтягування або стиснення).

Вимоги до шорсткості поверхні конкретної деталі встановлюють на підставі знання зв'язку параметрів шорсткості з функціональним призначенням даної поверхні.

Необґрунтовані призначення параметрів стану робочих поверхонь деталей, як правило, призводять до необґрунтованого завищення вимог, а отже, і подорожчання машин, що випускаються без належного підвищення їх якості.

Вибір системи параметрів поверхневого шару деталей машин зумовлюється можливістю їх технологічного та метрологічного забезпечення. Наприклад, несуча здатність шорсткості залежить від  $R_a$  ( $R_z$ ), висоти згладжування  $R_r$  і від середнього арифметичного відхилення профілю  $\sigma$ , [23].

На рис. 5.95 в якості умовного прикладу наведено побудову лінії наростання опорної довжини профілю в абсолютних координатах ( $R_a$  - вісь  $D_0$  і - вісь  $A$ ).

Аналіз різних профілів показує, що несуча здатність шорсткості при незмінній висоті  $R_a$  ( $R_z$ ) і величиною  $D_0$ , тим більше, чим менше висота згладжування  $R_r$  (відстань від лінії вис

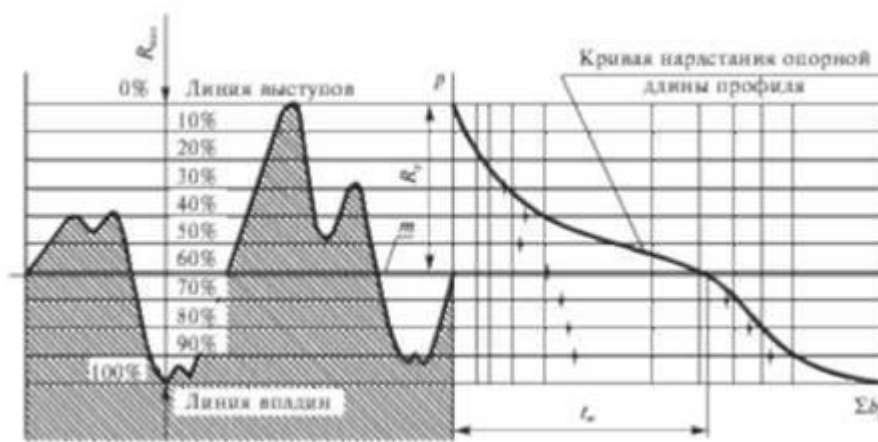


Рис. 5.95. Побудова лінії наростання опорної довжини профілю

тупов до середньої лінії). При однакових  $R_r$  і ( $D_0$ ), несуча здатність шорсткості тим вище, чим більше

З зменшенням висоти шорсткості параметри  $D_0$  і  $R_r$  зменшуються, а її несуча здатність збільшується.

Рівняння для визначення відносних опорних довжин профілю шорсткості до середньої лінії має вигляд

$$t_p = t_m \left[ \frac{p R_{max}}{100 R_z} \right] \left( \frac{t_m R_z - 1}{50 R_a} \right)$$

Відносна опорна довжина профілю нижче середньої лінії визначається по рівнянню

$$t_p = 100 - t_m \left[ \frac{R_{max} (100 - p)}{100 (R_{max} - R_p)} \right] \left( \frac{50 R_z - t_p R_p}{50 R_a} \right)$$