

## ГЛАВА 6. ШОРСТКІСТЬ І ХВИЛЯСТІСТЬ ПОВЕРХОНЬ

### 6.1 Шорсткість та її параметри

На поверхнях деталей, оброблених різанням (точінням, шліфуванням тощо) залишаються сліди різальних кромek інструмента у вигляді нерівностей.

Ці нерівності можна побачити при сильному збільшенні ділянки поверхні, наприклад, за допомогою профілографа-профілометра 201 при вертикальному збільшенні до 2000.

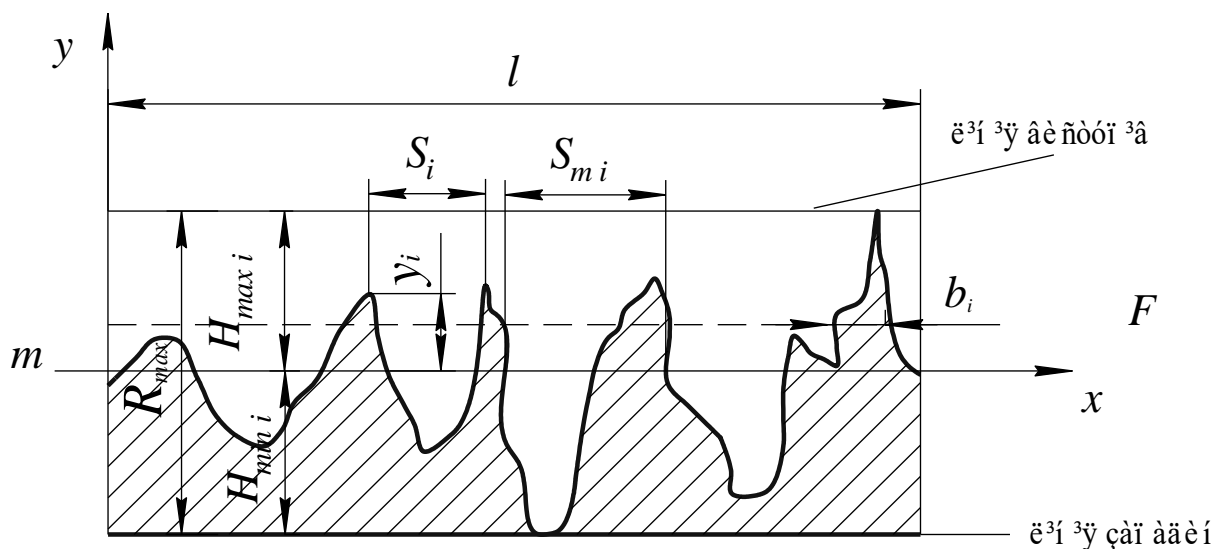
Терміни та визначення шорсткості поверхні встановлює ДСТУ 2413-94, параметри та характеристики - ГОСТ 2189-82.

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

**Базова довжина  $l$**  - це 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 профілю).

Кількісна оцінка шорсткості поверхні виконується від середньої лінії профілю  $m$  - базової лінії, що має форму номінального профілю і проведеної так, що в межах базової довжини середнє квадратичне відхилення профілю до цієї лінії буде мінімальним (див. рис. 6.1).



**Рисунок 6.1**

*Параметри шорсткості поверхні*

Встановлені параметри шорсткості можна підрозділити на наступні 3 групи:

- висотні ( $R_z, R_a, R_{max}$ ), пов'язані з висотними властивостями

нерівностей;

- крокові ( $S_m, S$ ), пов'язані з властивостями нерівностей у напрямку довжини профілю;

- опорні ( $t_p$ ), пов'язані з формою нерівностей профілю.

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

$$R_z = \frac{\sum_{i=1}^5 |H_{max\ i}| + \sum_{i=1}^5 |H_{min\ i}|}{5}, \quad (6.1)$$

де  $H_{max\ i}, (H_{min\ i})$  - висота (глибина)  $i$ -го найбільшого виступу (западни) профілю, обумовлена відстанню від середньої лінії профілю до вищої (нижчої) точки виступу (западни).

**Середньоарифметичне відхилення профілю  $R_a$**  - це середнє арифметичне з абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини:

$$R_a = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (6.2)$$

де  $n$  - число дискретних відхилень профілю на базовій довжині;

$y_i$  - відхилення профілю - відстань між точкою профілю і базовою (середньою) лінією.

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

$$R_{max} = H_{max} + H_{min}. \quad (6.3)$$

**Середній крок нерівностей профілю  $S_m$**  - це середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини:

$$S_m = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{mi}, \quad (6.4)$$

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:

$$S = \frac{l}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \quad (6.5)$$

де  $S_i$  -  $i$ -ий крок місцевих виступів профілю - відрізок середньої лінії  $m$  між проєкціями на неї найвищих точок сусідніх місцевих виступів профілю;  
 $n$  - число кроків місцевих виступів.

**Відносна опорна довжина профілю  $t_p$**  - відношення опорної довжини профілю до базової довжини, що виражається в % від значення  $R_{max}$ :

$$t_p = \frac{h_p}{l}, \quad (6.6)$$

де  $h_p$  - опорна довжина профілю, що представляє собою суму довжин відрізків  $b_i$ , які відтинаються на заданому рівні  $p$  у матеріалі профілю лінією, що еквідистантна середній лінії  $m$  у межах базової довжини  $l$ :

$$h_p = \sum_{i=1}^n b_i, \quad (6.7)$$

де  $p$  - рівень перетину профілю, тобто відстань між лінією виступів і лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів (чи середній лінії) профілю.

Шорсткість поверхні нормують і оцінюють одним чи декількома з перерахованих параметрів, а при виборі базової довжини  $l$  керуються наступною таблицею (табл. 6.1).

**Таблиця 6.1**

*Співвідношення значень параметрів  $R_z, R_a, R_{max}$  та базової довжини  $l$*

$R_a$ , МКМ		$R_z$ і $R_{max}$ , МКМ		$l$ , ММ
понад	до	понад	до	
-	0,025	-	0,10	0,08
0,025	0,4	0,10	1,6	0,25
0,4	3,2	1,6	12,5	0,8

3,2	12,5	12,5	50	2,5
12,5	100	50	400	8

Параметри шорсткості (один чи декілька) вибирають у залежності від експлуатаційних властивостей поверхні деталі, наприклад:

- при забезпеченні нерухомості з'єднаних деталей (з'єднання з натягом) параметр -  $R_a$  ( $R_z$ );

- при забезпеченні герметичності з'єднання деталей -  $R_a$  ( $R_z$ ),  $t_p$ .

Вимірювання параметрів шорсткості встановлює ДСТУ 2409-94.

## 6.2 Позначення шорсткості поверхні на кресленнях

Шорсткість поверхонь позначається на кресленні для всіх поверхонь виробу, крім тієї, шорсткість якої не зумовлена вимогами конструкції.

У залежності від обраного виду обробки встановлено 3 знаки позначення шорсткості поверхні:

✓ - переважний знак, коли вид механічної обробки не встановлений;

✓ - знак утворення поверхні засобами видалення шару матеріалу, наприклад, точінням, фрезеруванням, шліфуванням тощо;

✓ - знак поверхні, отриманої без видалення шару матеріалу (литтям, куванням, прокатом, штампуванням тощо), а також поверхні, до обробки яких вимоги не встановлені.

Значення параметра шорсткості вказують над знаком позначення шорсткості трьома способами:

- вказують найбільші допустимі значення параметра після відповідного символу, наприклад:

$$R_{max} 6,3; S_m 0,63; R_z 80.$$

Параметр  $R_a$  вказують без символу, наприклад, 3, 2.

При вказуванні двох чи більше параметрів шорсткості поверхні в позначенні шорсткості значення параметрів записують зверху донизу в наступному порядку:

- параметр висоти нерівності  $R_a$  ( $R_z$ );

- параметр кроку  $S_m$ ;

- відносну опорну довжину профілю  $t_p$ .

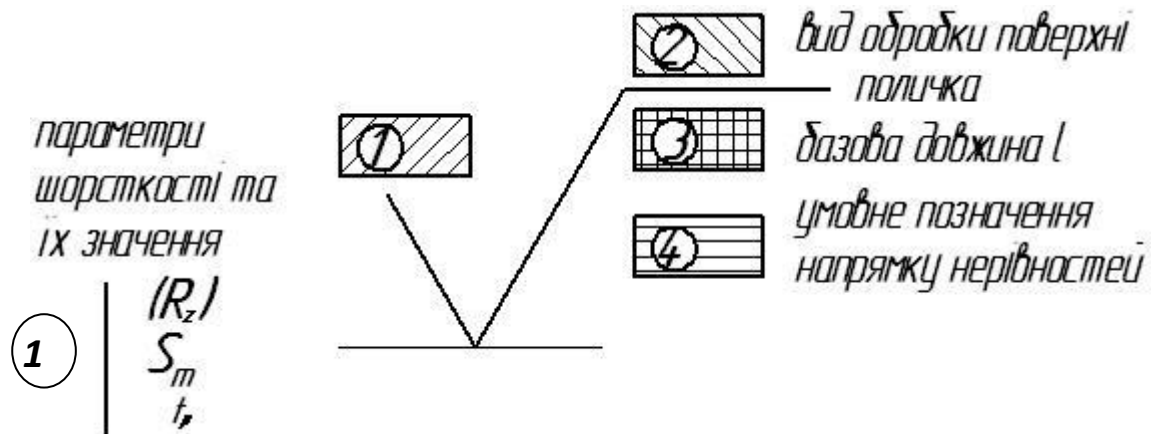
На поличці знаку шорсткості вказують вид обробки поверхні тільки в тих випадках, коли він є єдиним, що застосовується для одержання необхідної якості поверхні.

Під поличкою вказують базову довжину  $l$  тільки тоді, коли висотні параметри  $R_a$  і  $R_z$  визначаються в межах базової довжини, що відрізняється від рекомендованої, зазначеної в таблиці вище.

Умовні позначки напрямку нерівностей наступні:

- |                   |                   |                     |                   |
|-------------------|-------------------|---------------------|-------------------|
| - паралельне      | $\sqrt{\text{E}}$ | - колоподібне       | $\sqrt{\text{C}}$ |
| - перпендикулярне | $\sqrt{\text{I}}$ | - радіальне         | $\sqrt{\text{R}}$ |
| - довільне        | $\sqrt{\text{M}}$ | - що перехрещуються | $\sqrt{\text{X}}$ |

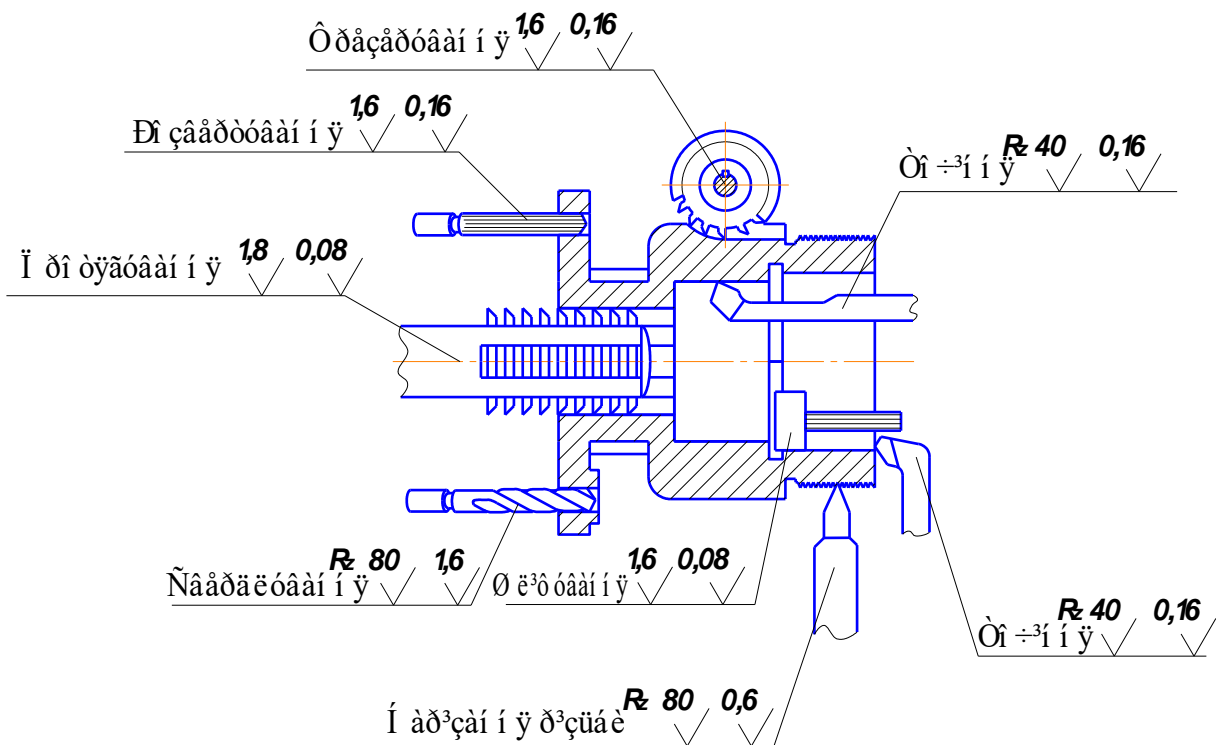
Ці позначки приводять на кресленні тільки в разі потреби за схемою (див. рис. 6.2).



**Рисунок 6.2**

Схема позначення шорсткості поверхні

Шорсткість залежить від інструменту, яким оброблена поверхня, а також від технологічного процесу та режимів виконання тих чи інших операцій (рис. 6.3).



### Рисунок 6.3

Числові значення параметрів шорсткості поверхонь, що отримані деякими способами обробки

### 6.3 Хвилястість поверхні

**Хвилястість поверхні** - це періодично повторювані нерівності, в яких відстань між вершинами виступів чи поглибленнями западин більша базової довжини  $l$  (див. рис. 6.4).

Хвилястість займає проміжне значення між відхиленнями форми і шорсткістю поверхні, впливає на надійність роботи виробів і тому нормована.

Рекомендацією по стандартизації РС 3951-73 встановлено 3 параметри хвилястості:

1.  $W_z$  - **висота хвилястості** - середнє арифметичне з 5-ти висот хвилястості ( $W_1, W_2, W_3, W_4, W_5$ ), виміряних на 5-ти однакових ділянках виміру хвилястості ( $l_{w19}, l_{w29}, l_{w39}, l_{w49}, l_{w59}$ )

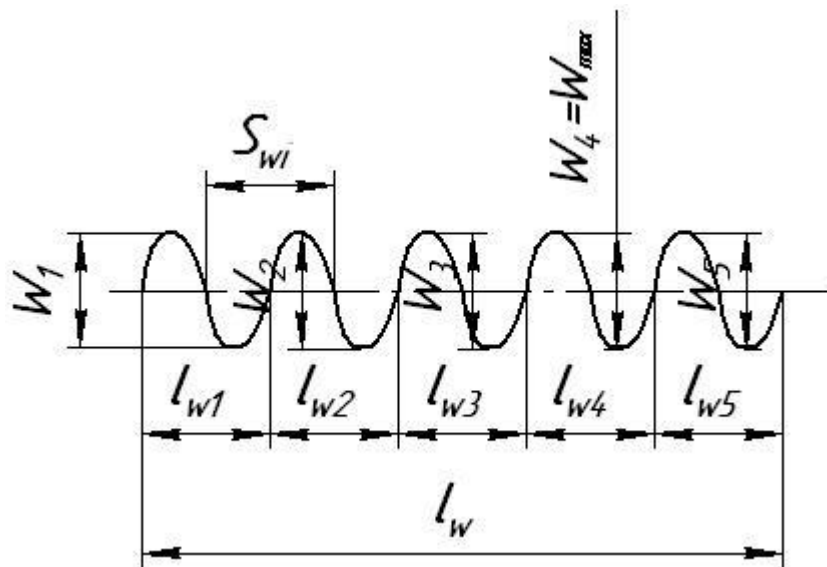
$$W_z = \frac{l}{5} \cdot (W_1 + W_2 + W_3 + W_4 + W_5) \quad (6.8)$$

2.  $W_{max}$  - **найбільша висота хвилястості** - відстань між найвищою і найнижчою точками вимірюваного профілю в межах ділянки виміру  $l_w$ , визначеного на одній повній хвилі.

При цьому межі значення хвилястості слід вибирати з ряду: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 мкм.

3.  $S_w$  - **середній крок хвилястості** - середнє арифметичне значення довжин хвиль  $S_{wi}$ , вимірюваних від середньої лінії:

$$S_w = \frac{l}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_{wi} \quad (6.9)$$



**Рисунок 6.4**

*До визначення хвилястості поверхні*

Хвилястість, для якої відношення середнього кроку  $S_w$  до висоти хвилястості  $W_z$ , знаходиться в межах:

$$40 \leq \frac{S_w}{W_z} \leq 1000 \text{— відносять до хвилястості поверхні; } \frac{S_w}{W_z} \leq 40 \text{—}$$

відносять до шорсткості поверхні;

$$1000 \leq \frac{S_w}{W_z} \text{— відносять до відхилення форми профілю поверхні.}$$

В табл. 6.5 наведені числові значення параметрів хвилястості для деяких способів обробки поверхонь.

**Таблиця 6.5**

*Числові значення параметрів поверхні після деяких видів механічної обробки*

Вид механічної обробки	Висота хвилі, $W_i$	Крок хвилі, $S_{wi}$
Точіння	1-0,7	1,4-9
Швидкісне фрезерування	1,4-6	1,6-5,2
Шліфування	1,1-3,8	1,1-3,8
Притирання	0,75-2	0,8-4

## 6.4 Контрольні запитання

1. Що таке хвилястість, шорсткість? Їх визначення.
2. Розходження між хвилястістю та шорсткістю поверхні.
3. Що таке середня лінія профілю поверхні та як вона проводиться?
4. Які параметри кількісної оцінки шорсткості та як вони визначаються?
5. Позначення шорсткості поверхні на кресленнях. Приклади.

6. Типи та умовні позначення на кресленнях напрямків нерівностей поверхні.
7. Основні методи та засоби вимірювань шорсткості поверхні.
8. Залежність величини шорсткості від способу обробки поверхні.

### **6.5 Теми для самостійного вивчення**

1. Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення згідно з ДСТУ 2413-94.
2. Визначення параметрів шорсткості в процесі конструювання деталей машин різного призначення [8, С. 318 - 360].