

Шорсткість і хвилястість поверхонь















Шорсткість та її параметри згідно з ДСТУ 2413-94

Часто помітно при обробці деталей, на їх поверхні оброблених наприклад різанням, точінням або шліфуванням, залишаються сліди різальних кромки 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.

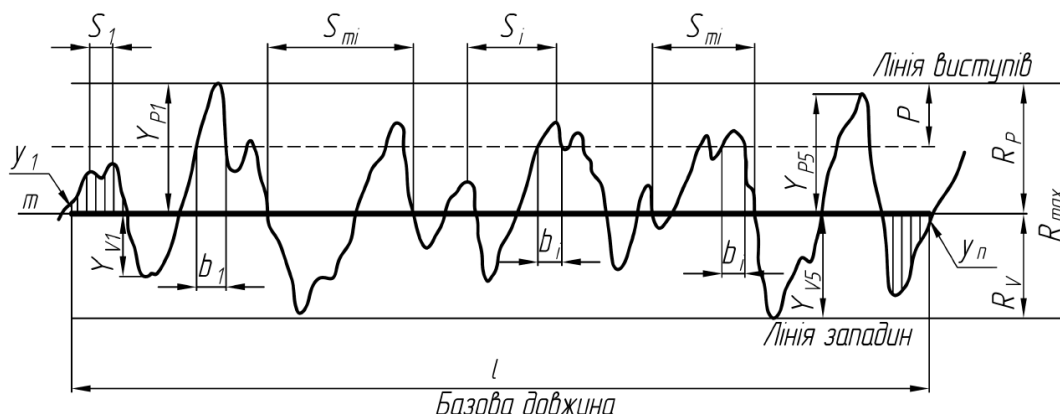
Від величини шорсткості залежить знос деталей машин, витрата енергії на подолання сил тертя (до 25 % у токарському верстаті), міцність посадок з натягом, опір корозії і навіть міцність деталей. При запресовуванні шорсткості на поверхнях, що з'єднуються, мнучи, зменшують величину натягу, що приводить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

Типи напрямків нерівностей поверхні (за ГОСТ 2789-73 та ГОСТ 2.309-73)

Тип напрямку нерівностей	Схематичне зображення	Пояснення	Позначення
Паралельне		Паралельно лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Перпендикулярне		Перпендикулярно до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Перехресне		Перехреснується у двох напрямках, з нахилом до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Довільне		Різні за напрямком по відношенню до лінії, що зображує на кресленні поверхню, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Колоподібне		Приблизно колоподібно по відношенню до центра поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Радіальне		Приблизно радіальне по відношенню до центру поверхні, до шорсткості якої встановлюються вимоги.	
Точкове		На поверхні є місцеві опуклості.	

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 проекціями 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 η_p – опорна довжина профілю, що представляє собою суму довжин відрізків v_i , які відтинаються на заданному рівні у матеріалі профілю

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




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:

-  для поверхні, спосіб обробки якої конструктором не встановлений;
-  поверхня повинна бути утворена видаленням шару матеріалу;
-  поверхня повинна бути утворена без видалення шару матеріалу;

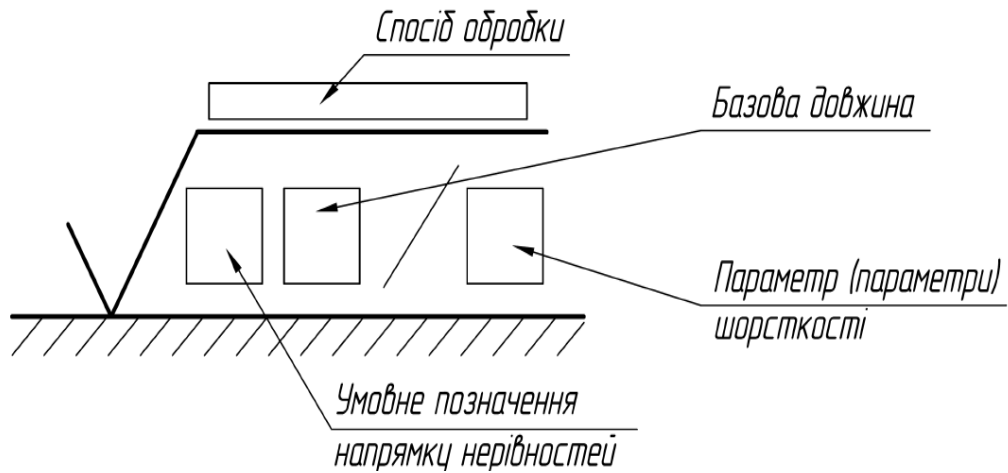




Схема позначення шорсткості

 Позначення шорсткості однакої 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 машинах 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.

Якщо на елемент деталі призначено всі три допуски, то для визначення значення параметра Ra береться найменше значення параметра Rz , яке розраховується за формулами:

$$Rz \approx 0,33 \cdot IT;$$

$$Rz \approx (0,4 \div 0,5) \cdot TF;$$

$$Rz \approx (0,4 \div 0,5) \cdot TP.$$

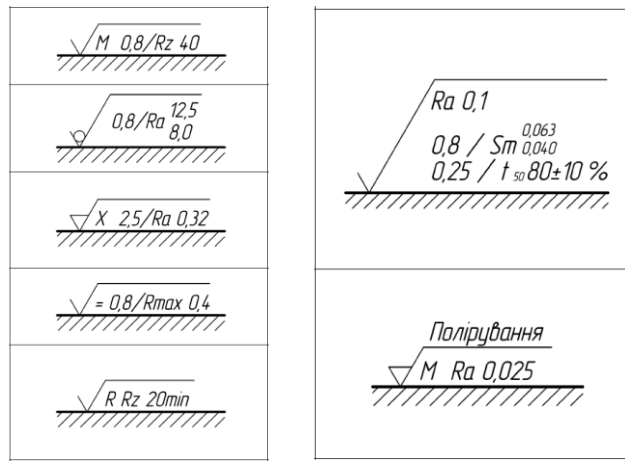
Перехід від параметра Rz до параметра Ra здійснюється за співвідношеннями:

$$Ra \approx 0,25 \cdot Rz, \text{ якщо } Rz \geq 8 \text{ мкм};$$

$$Ra \approx 0,2 \cdot Rz, \text{ якщо } Rz < 8 \text{ мкм}.$$

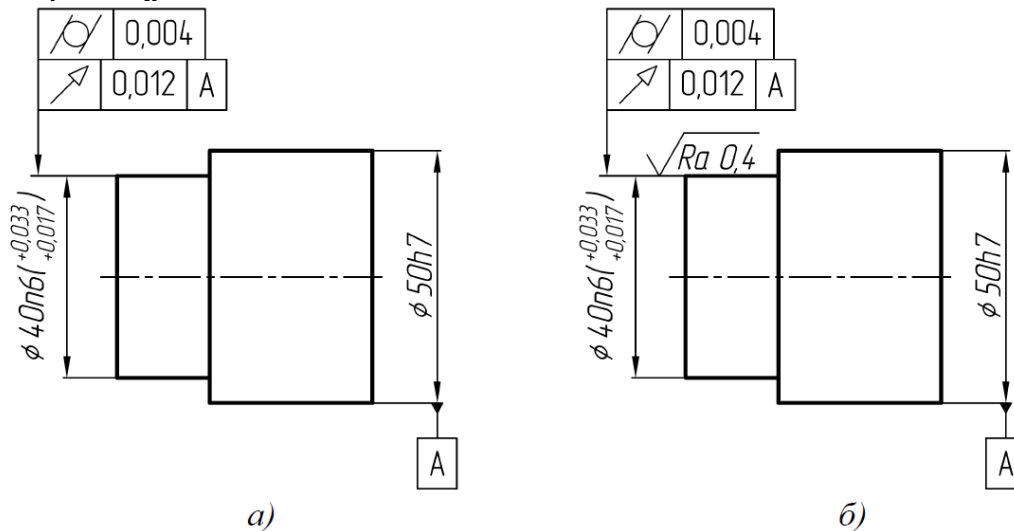
Отримане значення параметра Ra округляють до найближчого числа з ряду стандартних значень (табл. В.1).

Приклади позначення шорсткості



Приклад:

Для поверхні, $\varnothing 40n6 \left(\begin{smallmatrix} +0,033 \\ +0,017 \end{smallmatrix} \right)$ заданої деталі, призначити шорсткість за параметром R_a



Розрахунок:

На кресленні деталі для поверхні $\varnothing 40n6 \left(\begin{smallmatrix} +0,033 \\ +0,017 \end{smallmatrix} \right)$ задано: допуск розміру $IT_D = 0,016$ мм; допуск циліндричності $TFZ = 0,004$ мм; допуск радіального биття $TCR = 0,012$ мм.

Найменшим є допуск циліндричності $TFZ = 0,004$ мм, тому шорсткість визначається відносно цього допуску.

- Параметр Rz визначається за формулою

$$Rz = 0,5 \cdot TF = 0,5 \cdot 4 = 2 \text{ мкм};$$

- Параметр Ra визначається за формулою

$$Ra = 0,2 \cdot Rz = 0,2 \cdot 2 = 0,4 \text{ мкм}.$$

За табл. В.1 найближче значення параметра $Ra = 0,4$ мкм

Числові значення допусків (за ГОСТ 25346-89 та ДСТУ 2500-94)

Інтервал розмірів, мм	Квалітет																				
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	МКМ											ММ									
-	3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	0,1	0,14	0,25	0,4	0,6	1	1,4
3	6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	0,12	0,18	0,3	0,48	0,75	1,2	1,8
6	10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	0,15	0,22	0,36	0,58	0,9	1,5	2,2
10	18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	0,18	0,27	0,43	0,7	1,1	1,8	2,7
18	30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	0,21	0,33	0,52	0,84	1,3	2,1	3,3
30	50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	0,25	0,39	0,62	1	1,6	2,5	3,9
50	80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	0,3	0,46	0,74	1,2	1,9	3	4,6
80	120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	0,35	0,54	0,87	1,4	2,2	3,5	5,4
120	180	1,2	2	2,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	0,4	0,63	1	1,6	2,5	4	6,3
180	250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	0,46	0,72	1,15	1,85	2,9	4,6	7,2
250	315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	210	320	0,52	0,81	1,3	2,1	3,2	5,2	8,1
315	400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	0,57	0,89	1,4	2,3	3,6	5,7	8,9
400	500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	0,63	0,97	1,55	2,5	4	6,3	9,7
500	630	4,5	6	9	11	16	22	30	44	70	110	175	280	440	0,7	1,1	1,75	2,8	4,4	7	11
630	800	5	7	10	13	18	25	35	50	80	125	200	320	500	0,8	1,25	2	3,2	5	8	12,5
800	1000	5,5	8	11	15	21	29	40	56	90	140	230	360	560	0,9	1,4	2,3	3,6	5,6	9	14
1000	1250	6,5	9	13	18	24	34	46	66	105	165	260	420	660	1,05	1,65	2,6	4,2	6,6	10,5	16,5
1250	1600	8	11	15	21	29	40	54	78	125	195	310	500	780	1,25	1,95	3,1	5	7,8	12,5	19,5
1600	2000	9	13	18	25	35	48	65	92	150	230	370	600	920	1,5	2,3	3,7	6	9,2	15	23
2000	2500	11	15	22	30	41	57	77	110	175	280	440	700	1100	1,75	2,8	4,4	7	11	17,5	28
2500	3150	13	18	26	36	50	69	93	135	210	330	540	860	1350	2,1	3,3	5,4	8,6	13,5	21	33

Примітка: Для розмірів менше 1 мм квалітети від 14-го до 18-го не застосовуються.

Таблиця В.1

Середнє арифметичне відхилення профілю Ra (за ГОСТ 2789-73), мкм.

<u>100</u>	80	63	<u>50</u>	40	32	<u>25</u>	20	16	<u>12,5</u>
10	8	<u>6,3</u>	5	4	<u>3,2</u>	2,5	2	<u>1,6</u>	1,25
1	<u>0,8</u>	0,63	0,5	<u>0,4</u>	0,32	0,25	<u>0,2</u>	0,16	0,125
<u>0,1</u>	0,08	0,063	<u>0,05</u>	0,04	0,032	<u>0,025</u>	0,02	0,016	<u>0,012</u>
0,01	0,008	-	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. Переважні значення параметрів підкреслені.

Параметри хвилястості поверхні

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

Умовно хвилястість може бути визначена по відношенню кроку S_w до висоти нерівностей W_z :

$$1000 \geq \frac{S_w}{W_z} \geq 40$$

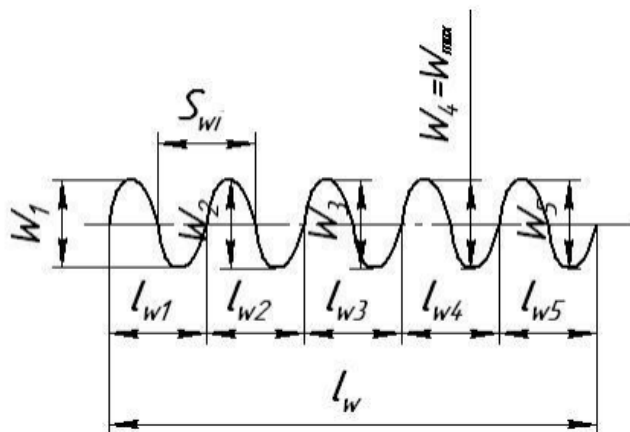
Висота хвилястості W_z – середнє арифметичне з 5-ти висот хвилястості (W_1, W_2, W_3, W_4, W_5), виміряних на 5-ти однакових ділянках виміру хвилястості ($l_{w1}, l_{w2}, l_{w3}, l_{w4}, l_{w5}$).

$$W_z = \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 W_{z_i}$$

Середній крок хвилястості S_w – середнє арифметичне значення довжин відрізків середньої лінії між одноіменними сторонами хвиль.

$$S_w = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{w_i} .$$

Найбільша висота хвилястості W_{\max} - 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 вибрати з ряду: 0,1; 0,2; 0,4; 0,8; 1,6; 3,2; 6,3; 12,5; 25; 50; 100; 200 мкм.



Визначення параметрів хвилястості:

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;

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

Числові значення параметрів хвилястості для деяких способів обробки поверхні вибираємо з таблиці:

Вид механічної обробки	Висота хвилі, W_i	Крок хвилі, S_{w_i}
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