

Тема 2.6. Точність геометричних параметрів.

1. Основні параметри, що характеризують деталь як геометричне тіло або їх сукупність.
2. Точність обробки.
3. Відхилення форми, його визначення і види. Відхилення розташування, його визначення і види.
4. Допуски форми і розташування поверхонь. Правила позначення на кресленні допусків форми і розташування поверхонь. Вплив відхилень геометричних параметрів на експлуатаційні показники машин.
5. Шорсткість поверхонь. Параметри, що характеризують шорсткість поверхонь.

1. Основні параметри, що характеризують деталь як геометричне тіло або їх сукупність.

Одним з найважливіших показників якості машинобудівної продукції є точність всіх її складових частин і виробів у цілому.

Розвиток науково-технічного прогресу ставить підвищені вимоги до показників якості машин, а особливо до їх надійності та довговічності, які в свою чергу залежать від точності оброблення деталей при їх виготовленні або відновленні під час ремонту.

Основні параметри, що характеризують деталь як геометричне тіло або їх сукупність є розмір, форма, взаємне розташування поверхонь (осей), хвилястість і шорсткість поверхонь.

2. Точність обробки.

Точність обробки – ступінь відповідності (наближення) дійсних значень геометричних параметрів (розмірів, форми та ін.) їх номінальним значенням (значенням, заданим кресленням).

Похибки оброблення (Δx) – ступінь невідповідності значень дійсних параметрів (x_i) їх номінальним значенням (x), або це різниця між дійсним (x_i) і номінальним (x) значенням параметру (розміру, форми та ін.), тобто: $\Delta x = x_i - x$.

Грубі похибки виникають при допущених грубих помилках. Вони найчастіше виникають через неуважність оператора (робітника): помилки при відліку поділок на лімбі верстату чи вимірювального засобу, при налагодженні верстату тощо. Виявляють наявність грубих похибок через їх явну невідповідність процесові оброблення або вимірювання.

Неминучі похибки поділяються на систематичні та випадкові.

Систематичні похибки – похибки оброблення або вимірювання, які залишаються сталими за величиною і знаком, або змінюються за певною закономірністю.

Джерелом систематичних похибок може бути неправильне налагодження верстата, спрацювання різального чи вимірювального інструменту, похибки верстата та ін. Наприклад, при обробленні циліндричних поверхонь спрацювання різця або зміщення задньої бабки верстата в горизонтальній площині призводить до утворення поверхні конусоподібної форми. Зміщення задньої бабки у вертикальній площині призводить до утворення поверхні ввігнутої форми тощо.

Значення та знак систематичної похибки можна виявити і врахувати, якщо її неможливо усунути (наприклад, спрацювання різця).

Випадкові похибки – похибки, які не є сталими за величиною і знаком. Вони виникають внаслідок впливу значного числа не пов'язаних між собою факторів. Тому передбачити наперед величину і знак таких похибок неможливо, а отже, і неможливо виключити їх з процесу оброблення або вимірювання.

Основним джерелом випадкових похибок є пружні деформації системи ВПІД (верстат-приспособлення-інструмент-деталь), неоднорідність структури та механічних властивостей матеріалів, величина припуску на оброблення тощо.

Запобігти похибкам оброблення неможливо, тому при виготовленні чи відновленні деталей відхилення геометричних параметрів від заданих обмежують призначенням допустимих меж цих відхилень (допусків), чим забезпечують необхідну точність оброблення.

3. Відхилення форми, його визначення і види.

Основні терміни і визначення, що стосуються допусків форми і розташування поверхонь наведені в ДСТУ 2498-94.

У деталях машин розрізняють два види поверхонь: номінальні і дійсні (реальні), поверхні.

Номінальна поверхня – ідеальна поверхня, розміри та форма якої відповідають заданим номінальним розмірам і номінальній формі.

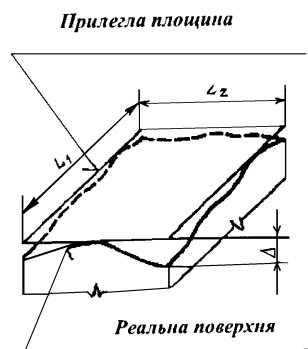
Реальна поверхня – поверхня, яка обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища. Реальні поверхні за розмірами і формою відрізняються від номінальних внаслідок похибок оброблення.

Відхилення форми EF – відхилення форми реальної поверхні або реального профілю від форми номінальної поверхні або номінального профілю. Шорсткість поверхні не включається до відхилень форми, а хвилястість включається.

Профіль – лінія перетину поверхні з площиною або заданою поверхнею.

Номінальний профіль – лінія перетину площини з номінальною поверхнею (профіль номінальної поверхні).

Реальний профіль – лінія перетину площини з реальною поверхнею (профіль реальної поверхні).



Прилегла поверхня (чи профіль) – поверхня (чи профіль), яка має форму номінальної поверхні (чи профілю), що дотикається до реальної поверхні (чи профілю) і розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні в межах ділянки, що нормується, мало мінімальне значення.

Рис 1 Прилегла площина

Ділянка, що нормується – ділянка поверхні або профілю, до якої відноситься допуск і на якій визначаються відхилення форми або розташування поверхонь.

Прилегла пряма – пряма, що дотикається до реального профілю і розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення Δ від неї найбільш віддаленої точки реального профілю в межах ділянки, що нормується, мало мінімальне значення.

Прилегла площина – площина, що дотикається до реальної поверхні і розташована поза матеріалом деталі так, щоб відхилення Δ від неї найбільш віддаленої точки реальної поверхні в межах ділянки, що нормується, мало мінімальне значення (рис. 1).

Прилеглий циліндр – циліндр мінімального діаметра, описаний навколо зовнішньої реальної поверхні, або циліндр максимального діаметру, вписаний у внутрішню реальну поверхню (рис. 2).

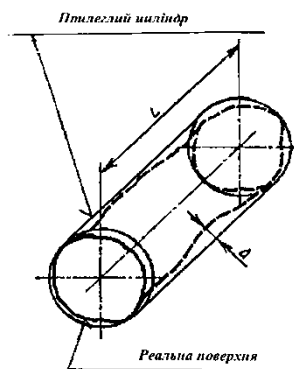


Рис 2 Прилеглий циліндр

Прилегле коло – коло мінімального діаметра, описане навколо реального профілю (для зовнішніх поверхонь обертання) (рис. 3), або коло максимального діаметру, вписане в реальний профіль (для внутрішніх поверхонь обертання) (рис. 4).

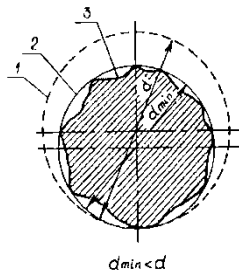


Рис. 3 Прилегле коло для зовнішніх поверхонь обертання

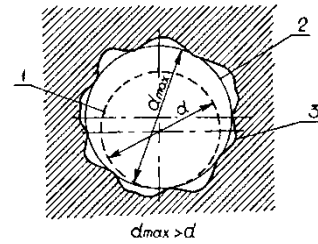


Рис.4 Прилегле коло для внутрішніх поверхонь обертання

Відхилення і допуски форми плоских поверхонь.

Комплексним показником відхилення форми плоских поверхонь є відхилення від площинності *EFE*. Кількісно він дорівнює найбільшій відстані Δ від точок реальної поверхні до прилеглої площини в межах ділянки, що нормується.

Окремими видами відхилень від площинності є ввігнутість і опуклість (рис. 5 а, б).

Комплексним показником відхилення профілю перерізу плоских поверхонь є відхилення від прямолінійності *EFL*.

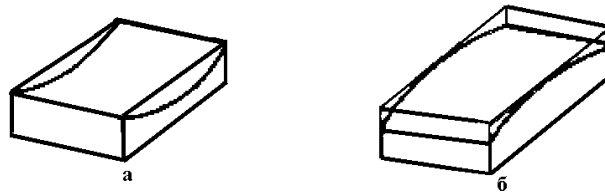


Рис. 5. Комплексні показники відхилення: ввігнутість і опуклість

Кількісно він дорівнює найбільшій відстані Δ від точок реального профілю до прилеглої прямої в межах ділянки, що нормується. Одиничними (окремими) видами відхилень від прямолінійності плоских поверхонь є опуклість і ввігнутість (рис. 6 а, б).

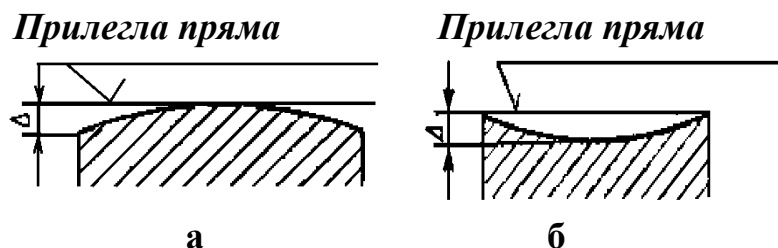


Рис. 6.Одиничні види відхилень

Відхилення форми деталей кількісно оцінюється допуском форми (*T*).

Допуск форми – найбільше допустиме значення відхилення форми.

Для обмеження відхилень форми встановлені допуски форми.

Допуск площинності *TFE* – найбільше допустиме значення відхилення від площинності (рис. 7).

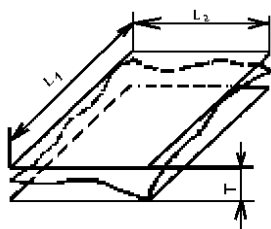


Рис. 7. Допуск площинності

Допуск прямолінійності TFL – найбільше допустиме значення відхилення від прямолінійності.

Допуски форми (допуски площинності і допуски прямолінійності) плоских поверхонь нормуються (встановлені) ГОСТ 24643-81 залежно від номінальної довжини L ділянки, що нормується, плоскої поверхні і

ступеня її точності.

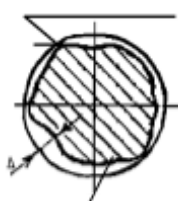
Стандартом передбачено 16 ступенів точності: 1,2,3...16 у порядку зменшення точності. Наприклад, робочі поверхні кінцевих мір довжини, лекальних лінійок за відхиленнями форми повинні відповідати 1–2 ступеню точності, робочі поверхні повірочних лінійок, плит і мікрометрів 3–4 ступеню точності.

Відхилення і допуски форми циліндричних поверхонь.

Відхилення форми циліндричних поверхонь розглядають у поперечному і в поздовжньому перерізах.

Комплексним показником відхилення форми циліндричної поверхні в поперечному перерізі є відхилення від круглості *EFK*.

Прилегле коло



Реальна поверхня

Рис. 8. Відхилення від круглості

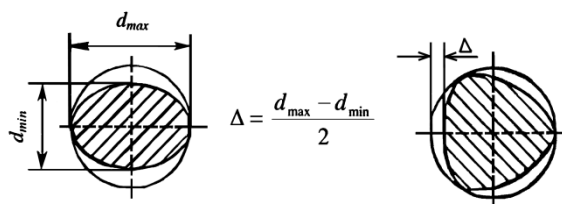


Рис. 9. Овальність і огранювання

Кількісно він дорівнює найбільшій відстані Δ від точок реального профілю (поверхні) до прилеглого кола (рис. 8)

Окремими видами відхилення форми циліндричної поверхні у поперечному перерізі є овальність і огранювання (рис. 9 а, б).

Овальність – відхилення від круглості, за якого реальний профіль є овалоподібною фігурою, найбільший і найменший діаметри якої мають взаємоперпендикулярні напрями.

Огранювання – відхилення від круглості, за якого реальний профіль є многогранною фігурою.

Комплексним показником відхилення форми циліндричної поверхні у поздовжньому перерізі є відхилення від циліндричності *EFZ*, який кількісно дорівнює найбільшій відстані Δ від точок реальної поверхні до прилеглого циліндра в межах ділянки, що нормується (рис. 10).

Одиничними (окремими) видами відхилень форми циліндричної поверхні у поздовжньому перерізі є бочкоподібність, сідлоподібність,

конусоподібність і відхилення від прямолінійності осі, в тому числі і відхилення від круглості (рис. 11 а, б, в, г)

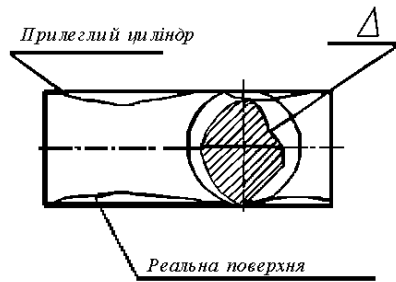


Рис 10 Відхилення від циліндричності

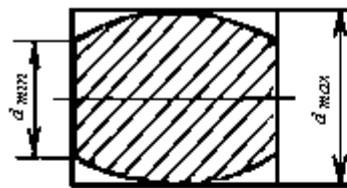
Бочкоподібність – відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні не є прямолінійними і діаметри збільшуються від країв до середини перерізу.

Сідлоподібність – відхилення профілю, поздовжнього перерізу, твірні якого не є прямолінійними і діаметри зменшуються від країв до середини перерізу

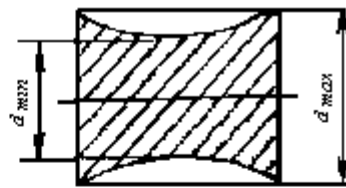
Конусоподібність – відхилення профілю поздовжнього перерізу, за якого твірні є прямолінійними, але не паралельними між собою.

Відхилення форми циліндричних поверхонь нормуються допусками форми (допусками круглості, допусками циліндричності і допусками профілю поздовжнього перерізу).

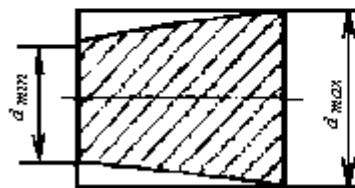
Для нормування відхилення форми циліндричної поверхні в осьовому напрямку можуть застосовуватись допуск прямолінійності твірної, допуск прямолінійності осі і допуск паралельності твірних.



$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$



$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$



$$\Delta = \frac{d_{\max} - d_{\min}}{2}$$

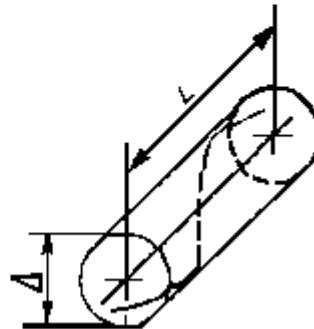


Рис. 11. Одиничні відхилення від циліндричності: а – бочкоподібність; б – сідлоподібність; в – конусоподібність; г – відхилення від прямолінійності осі

4. Допуски форми і розташування поверхонь.

Відхилення форми циліндричних поверхонь нормуються допусками форми (допусками круглості, допусками циліндричності і допусками профілю поздовжнього перерізу).

Допуск круглості TFK – найбільше допустиме значення відхилення від круглості (рис. 12).

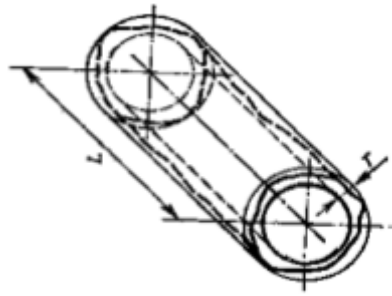


Рис. 12. Допуск круглості

Рис. 13. Допуск циліндричності

Допуск циліндричності TFZ – найбільше допустиме значення відхилення від циліндричності (рис. 13).

Числові значення допусків форми (допуски круглості, допуски циліндричності і допуски профілю поздовжнього перерізу) циліндричних поверхонь нормуються ГОСТ 24643–81 залежно від номінального значення діаметра циліндричної поверхні і ступеня її точності (передбачено 16 ступенів точності: 1, 2, 3...16 у порядку зменшення точності).

Наприклад, кульки і ролики для підшипників кочення, доріжки кочення і посадкові поверхні підшипників кочення особливо високої точності і з'єднувані з ними посадкові поверхні валів і корпусів за відхиленнями форми поверхонь повинні відповідати 1–2 ступеню точності.

Циліндри, гільзи, поршні і поршневі кільця автомобільних і тракторних двигунів, отвори під втулки в шатунах за відхиленнями форми поверхонь повинні відповідати 7–8 ступеню точності.

Окремими видами відхилення профілю поздовжнього перерізу циліндричних поверхонь є бочкоподібність, конусоподібність і сідлоподібність, які кількісно оцінюються так само, як і відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Допуск профілю поздовжнього перерізу TEP – найбільше допустиме значення відхилення профілю поздовжнього перерізу.

Інколи при призначенні допусків круглості чи циліндричності циліндричних поверхонь, як і для плоских поверхонь, їх пов'язують з допусками діаметрів цих поверхонь.

Для призначення ступенів точності форми циліндричних поверхонь їх приймають залежно від квалітету допуску діаметра.

Правила позначення на кресленні допусків форми і розташування поверхонь.

Умовні позначення допусків форми і розташування поверхонь на кресленнях встановлені ГОСТ 24643–81.

На кресленнях допуски форми і розташування поверхонь позначаються відповідно ГОСТ 2.308–79.

Допуски форми і розташування поверхонь вказують умовним позначенням чи текстом у технічних вимогах. Використання умовних позначень є переважним.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ ДОПУСКІВ, ФОРМИ І РОЗТАШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ

Група допусків	Вид допуску	Знак
Допуски форми	Допуск площинності	
	Допуск круглості	
	Допуск циліндричності	
	Допуск профілю поздовжнього перерізу	
	Допуск прямолінійності	
Допуски розташування	Допуск паралельності	
	Допуск перпендикулярності	
	Допуск співвісності	
	Допуск симетричності	
	Позиційний допуск	
Сумарні допуски форми і розташування	Допуск радіального биття	
	Допуск торцевого биття	
	Допуск повного радіального і торцевого биття	

Вплив відхилень геометричних параметрів на експлуатаційні показники машин.

У рухомих з'єднаннях, які змащуються (типу підшипників ковзання) відхилення від площинності плоских поверхонь і відхилення від циліндричності циліндричних поверхонь під дією зовнішніх навантажень змінюється характер зазору, змінюється товщина масляного шару або він може навіть розриватися. Нерівності, які виступають на тертьових поверхнях, входять у безпосередній контакт між собою. Фактична площа контакту

тертьових поверхонь значно зменшується, а тиск в точках контакту збільшується. Це призводить до збільшення тертя, внаслідок чого підвищується температура, збільшується інтенсивність спрацювання робочих поверхонь, а відповідно, і прискорюється вихід з ладу з'єднання.

У нерухомих посадках відхилення форми поверхонь порушують герметичність з'єднань, а також знижують надійність з'єднань з натягом.

У посадках підшипників кочення відхилення форми посадкових поверхонь валів і корпусів призводить до деформації кілець підшипників, порушення посадкового зазору між кільцями і тілами кочення, що призводить до швидкого їх спрацювання або навіть до заклинювання підшипників.

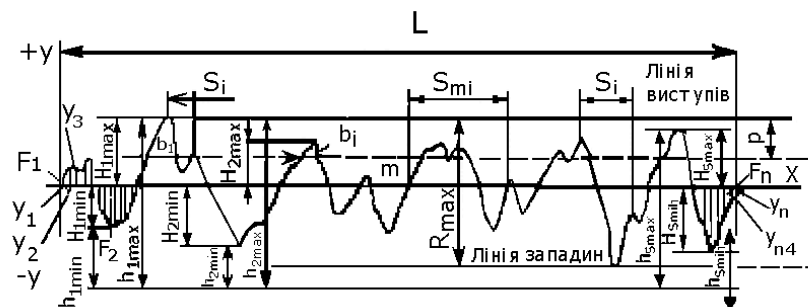
Відхилення від паралельності осей валів викликають скошення зубчастих коліс, зірочок привідних ланцюгів, шківів та інших деталей передавальних механізмів, що призводить до передчасного виходу з ладу цих передач.

Наприклад, відремонтована з повною заміною валів, зубчастих коліс, підшипників кочення коробка передач трактора має ресурс не більше 45 відсотків ресурсу нової, якщо у відновлених корпусах коробок передач не дотримані технічні вимоги до розташування поверхонь і осей.

Поверхні деталей після оброблення на металорізальних верстатах не є ідеально гладенькими, оскільки ріжучі кромки різальних інструментів і зерна шліфувальних кругів залишають на поверхні сліди у вигляді нерівностей, розміри, форма і частота повторення яких залежить від різального інструменту, методів і режимів оброблення, матеріалу деталі, жорсткості обладнання тощо.

5. Шорсткість поверхні.

Шорсткість поверхні – сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, вирізнена, наприклад, за допомогою базової довжини.



Середня лінія (найменших квадратів) профілю t – базова лінія, яка має форму номінального профілю та ділить реальний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відхилень профілю від цієї лінії мінімальна.

Положення середньої лінії також можна визначити за профілограмою. Допускається, щоб в межах базової довжини площі виступів і впадин, розташовані з обох боків від цієї лінії до контуру профілю, були рівними між собою.

Базова довжина ℓ – довжина базової лінії, яка використовується для вирівнювання нерівностей, що характеризують шорсткість поверхні.

Числові значення базової довжини вибираються із ряду чисел,

Відносна опорна довжина профілю t_p , %: 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

Рівень перерізу профілю P , % від R_{max} : 5; 10; 15; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70; 80; 90.

Базова довжина ℓ , мм: (0,01); 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8,0; (25).

Чим більші розміри нерівностей, тим більшою повинна бути базова довжина.

Відхилення профілю U – відстань між точкою реального профілю та базовою лінією.

Існує декілька систем визначення числових значень параметрів шорсткості поверхонь, однак найпоширенішою з них є система середньої лінії (система М), яка відповідає рекомендаціям ISO і врахована ДСТУ 2413–94 та ГОСТ 2789–73.

Система середньої лінії – система відліку, що використана для оцінювання параметрів шорсткості поверхні, в якій, як базова лінія, використовується середня лінія.

Параметри, що характеризують шорсткість поверхонь.

Кількісно шорсткість поверхонь оцінюється наступними основними параметрами:

Середнє арифметичне відхилення профілю R_a – середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини.

Висота нерівностей профілю по десяти точках R_z – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини.

Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} – відстань між лінією виступів і лінією западин профілю в межах базової довжини.

Середній крок нерівностей профілю S_m – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини.

Середній крок місцевих виступів профілю S – середнє значення кроку місцевих виступів профілю в межах базової довжини.

Опорна довжина профілю η_p – сума довжин відрізків, що відсікаються на заданому рівні профілю деталі лінією, еквідистантною (рівновіддаленою) до середньої лінії в межах базової довжини.

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

Рівень перерізу профілю P – відстань між лінією виступів і лінією m_p , яка перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю.

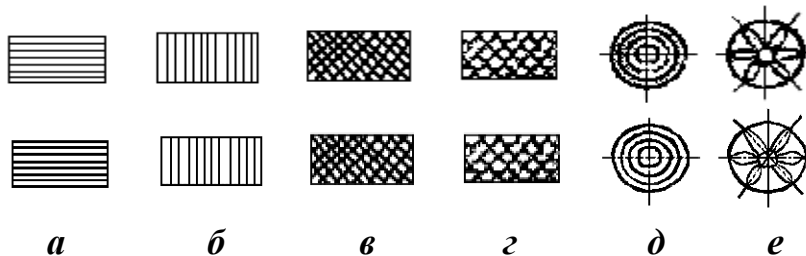


Рис. 15. а – паралельний; б – перпендикулярний; в – Х-перехресний; г – М-довільний; д – С-колоподібний; е – R-радіальний

Напрямок нерівностей поверхні – умовний рисунок, що утворений нормальними проекціями екстремальних точок нерівностей поверхні на середню поверхню.

Для основних типів напрямків нерівностей ГОСТ 2789–73 встановлені назви, умовні позначення на кресленнях і схематичне їх зображення (рис. 15).

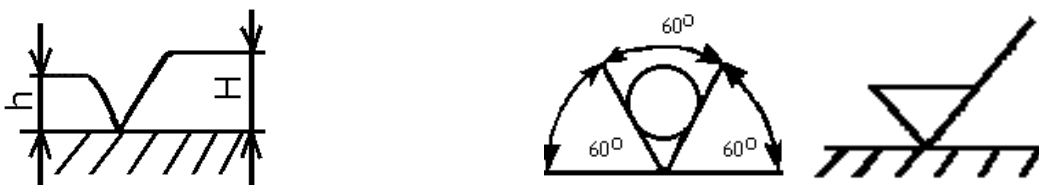
Вибір параметрів для нормування шорсткості є досить складним і повинен проводитись з урахуванням призначення та експлуатаційних властивостей поверхонь. Основним в усіх випадках є нормування висотних параметрів шорсткості (R_a , R_z , R_{max}).

Вибір базової довжини. В ГОСТ 2789–73 не передбачена чітка залежність базових довжин від певних числових значень параметрів шорсткості, але наведені співвідношення між значеннями параметрів R_a , R_z , R_{max} і базовою довжиною, при дотриманні яких значення базових довжин не вказують у вимогах до шорсткості (при позначенні шорсткості на кресленнях).

Вибір числових значень параметрів шорсткості. При нормуванні параметрів R_a і R_z слід застосовувати в першу чергу переважні їх значення.

Позначення шорсткості поверхонь на кресленнях.

Умовні позначення шорсткості поверхонь встановлені ГОСТ 2.309–73. На кресленнях шорсткість поверхонь позначається одним з трьох знаків (рис. 16).



1

2

3

Рис. 16. Знаки шорсткості

- 1 – основний знак позначення шорсткості, якщо метод оброблення кресленням не встановлюється. Зазначаються лише граничні значення параметрів шорсткості;
- 2 – якщо поверхня повинна бути утворена видаленням поверхневого шару матеріалу. Крім параметрів шорсткості може зазначатися вид оброблення (наприклад, точіння, шліфування, полірування тощо);
- 3 – якщо поверхня повинна бути утворена без видалення поверхневого шару матеріалу, наприклад, литво, поковки, штамповки, прокат тощо або поверхня за даним кресленням не обробляється.