

Тема 3. Точність обробки. [1 с. 63-89; 2 с. 86-119]

- 3.1 Джерела виникнення похибок.
- 3.2 Статистичні параметри розсіювання.
- 3.3 Методика розрахунку імовірного відсотку браку.
- 3.4 Точність форми і розташування поверхонь.
- 3.5 Позначення точності форми і розташування поверхонь на креслениках.
- 3.6 Шорсткість поверхонь, позначення на креслениках.

3.1 Джерела виникнення похибок.

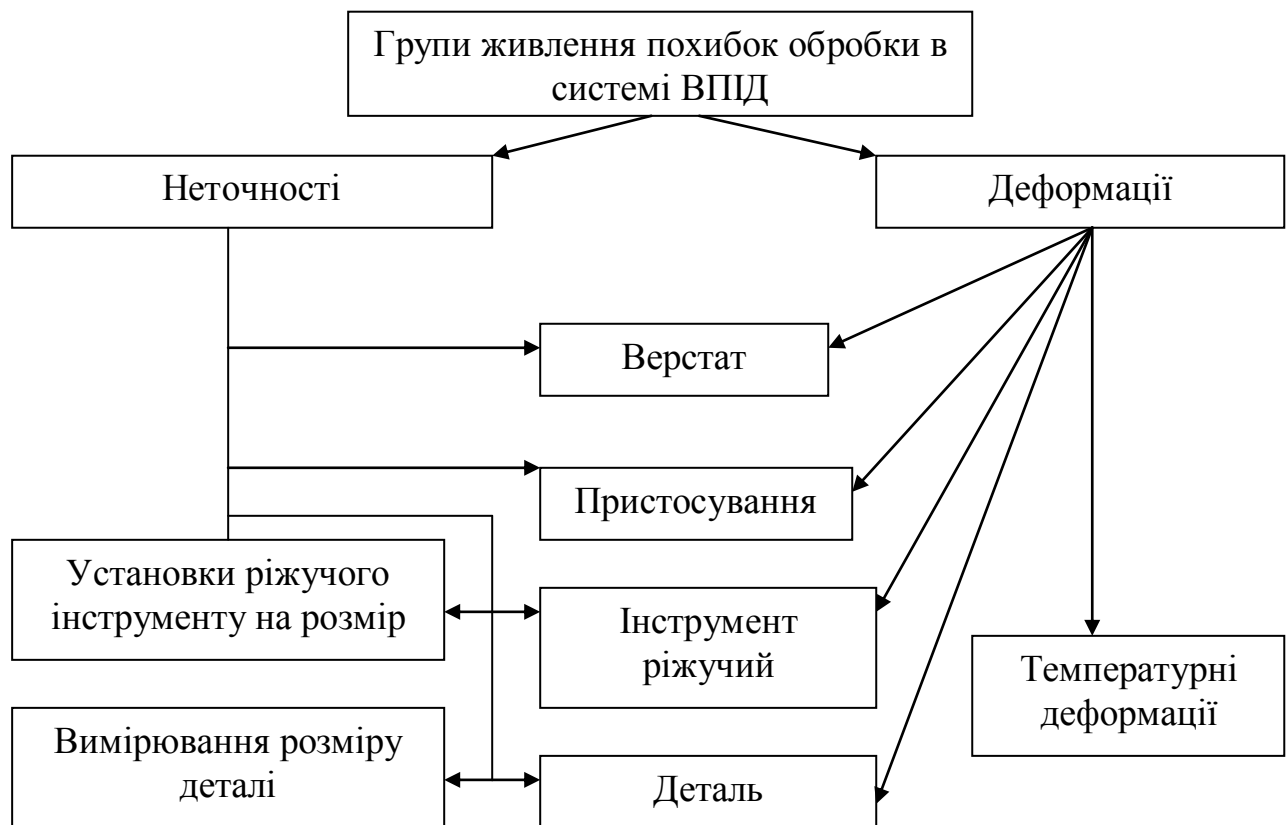


Рисунок 3.1 –Фактори, які впливають на точність обробки

Проектуючи машину, конструктор призначає визначені форму і розміри кожної деталі, що обмежуються комплексом геометричних поверхонь й які забезпечують необхідні експлуатаційні характеристики. Однак на практиці деталі, оброблені на верстатах, будуть мати відхили від заданих розмірів і форми. У зв'язку з цим розрізняють *задану*, або *номінальну поверхню*, визначену кресленням, і *дійсну*, або *реальну*, отриману в результаті обробки й обмірювану з припустимою точністю.

Точність обробки - це ступінь відповідності дійсних геометричних розмірів параметрам, заданим кресленням, а ступінь невідповідності або відхилів дійсних параметрів від заданих - це похибка обробки. Можна сказати, що погрішність – величина, зворотна точності.

Прийнято відхили геометричних параметрів класифікувати укрупнено:

- 1) відхили розміру;
- 2) відхили форми;
- 3) відхили розташування;
- 4) шорсткість.

3.2 Статистичні параметри розсіювання.

Неточності верстата. Погрішність обробки може бути викликана биттям шпинделя, непрямолінійністю направляючі станини, супорта, робочого столу, непаралельністю і неперпендикулярністю переміщень супорта осі шпинделя, розбіжністю центрів передньої і задньої бабок, зазорами в сполученнях.

Неточності пристосування. Серед неточностей пристосування особливе значення мають неточності елементів, призначених для установки оброблюваної деталі, неточності поверхонь корпусу пристосування, розташовуваного на верстаті, неточності елементів, що визначають положення інструмента.

Неточності інструмента, що різє. Найбільш істотні неточності мірного (свердла, зенкери, розгорнення, мітчики, протягання і т.п.) і профільного (фасонні різці і шліфувальні кола, фрези і т.п.) інструмента, тому що вони прямо і безпосередньо впливають на розмір і форму оброблюваної поверхні і не можуть бути усунуті підналагодженнями.

Для всіх різальних інструментів найбільш істотні погрішності, що виникають у результаті зносу частини, що різє, тобто розмірний знос інструмента.

Неточності деталі. Деталь, що надходить на яку-небудь операцію, має погрішності обробки, що виникли при виконанні попередніх операцій. При

відновленні деталей до цих погрішностей додаються перекручування розмірів і форми, викликані зносом і деформацією в процесі експлуатації. Ці погрішності впливають на точність обробки, що досягається в даній операції.

Деформації верстата, пристосування, інструмента. Пружні деформації, що виникають під дією сил різання у верстаті, пристосуванні, інструменті, можна розділити на деформації в місцях з'єднань – деформації стиків (отжатие шпинделя, столу, супорта і т.п.) і деформації тіла деталей (прогин шпинделя, станини і т.п.). Розміри цих деформацій визначаються твердістю верстата і залежать від його конструкції і якості виготовлення.

Деформація деталі. Особливо важливо враховувати деформації при обробці нежорстких деталей: довгих валів, тонкостінних циліндрів, кілець і т.п. У цих випадках погрішності обробки виникають у результаті дії сил затиснення деталі при її закріпленні і сил різання в процесі обробки.

При обробці деталей складної форми з різкими змінами площі перетину (блоки циліндрів, голівки блоку, корпусу коробок передач) особливе значення мають деформації від внутрішніх напружень.

При знятті шарів металу рівновага сил внутрішнього напруження матеріалу деталі порушується, і внаслідок перерозподілу напруг форма обробленої поверхні і деталі в цілому може спотворюватися.

Температурні деформації. У процесі механічної обробки температура окремих частин верстата. Пристосування, інструмента, деталі змінюються неоднаково. Крім того, матеріали мають різний коефіцієнт лінійного розширення. У результаті первісне взаємне положення поверхонь порушується, що є причиною виникнення похибок обробки.

Неточність установки інструмента на розмір. Безпосередньо на значеннях розміру впливає неточність первісної установки інструмента, що різє, а також неточність його установки при заміні.

Неточності виміру розміру. Неточності виготовлення вимірювального інструмента або приладу, а також неточності, що допускаються при вимірах,

завжди є одним із джерел похибок обробки, тому що про її результати ми судимо за результатами вимірів.

Усі ці причини викликають відхилення заданих кресленням параметрів деталі. При обробці партії деталей кожна з причин, що викликають неточності, змінює свій вплив, при переході від однієї деталі до іншої неоднаково. Тобто, отриманий у результаті обробки, є випадкова величина.

Тому при рішенні практичних задач використовуються положення теорії імовірностей і математичної статистики.

3.3 Методика розрахунку імовірного відсотку браку.

Рішення деяких практичних задач доцільно розглянути на прикладі закону нормального розподілу.

Площа, що обмежується кривою нормального розподілу і віссю абсцис (по осі ординат відкладають щільність імовірності $F(x)$), для випадку, коли початок координат збігається із середнім арифметичним значенням визначається рівнянням:

$$F(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{x^2}{2\sigma^2}} dx,$$

У теорії імовірності часто використовують коефіцієнт ризику:

$$t = \frac{x}{\sigma},$$

Якщо замість x у рівняння ввести коефіцієнт ризику t , то воно прийме вид:

$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dx,$$

Площа, обмежена кривою нормального розподілу і віссю абсцис, дорівнює імовірності повної сукупності подій, тобто дорівнює одиниці.

При симетричному розташуванні кривої щодо осі у можна записати:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^{\infty} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0.5,$$

де $\Phi(t)$ – площа, обмежена кривою і віссю абсцис у межах інтегрування від 0 до ∞ .

Величина $\Phi(t)$ називається інтегральною функцією, або нормованою функцією Лапласа.

У загальному виді рівняння виглядає так:

$$\Phi(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt,$$

Крива нормального розподілу в обидва боки наближається до осі абсцис. Для практичних розрахунків необхідно мати обмежене поле розсіювання, що охоплювало б основну масу подій.

Оскільки основним параметром розсіювання є середнє квадратичний відхил σ , то поле розсіювання приймають у межах $\pm 3\sigma$. За межами цього поля розсіювання, як видно з додатка 1, залишається 0,27% подій, що для технічних розрахунків цілком прийнятно (рис. 5.2) Таким чином, поле розсіювання V дорівнює:

$$V = 6\sigma,$$

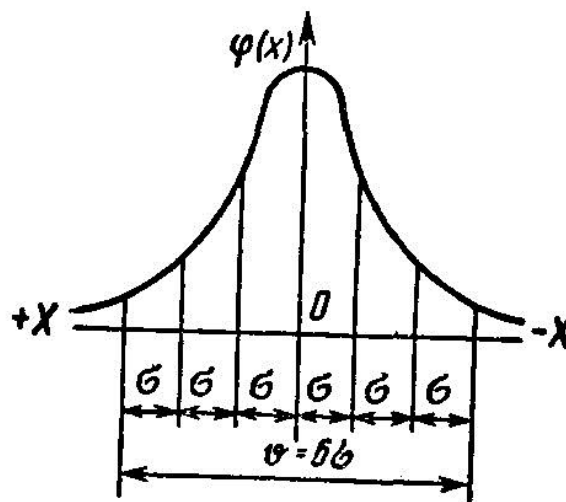


Рисунок 3.2 – Визначення поля розсіювання.

Для визначення відсотка браку при виготовленні деталей спочатку визначають коефіцієнт ризику t . При нормальному розподілі, коли середина поля допуску збігається з центром розсіювання, $x = \frac{T_d}{2}$. Якщо у формулу коефіцієнта ризику підставити це значення x а σ визначити з попереднього рівняння через V , то одержимо:

$$t = \frac{x}{\sigma} = \frac{T}{2\sigma} = \frac{T}{2\frac{V}{6}} = 3\frac{T}{V},$$

Таким чином, коефіцієнт ризику в цьому випадку показує співвідношення поля допуску і поля розсіювання (рис.5.3) для технологічних процесів, які мають різну точність і поле розсіювання (V_1, V_2, V_3). Коли коефіцієнт ризику дорівнює 3, поле розсіювання V_2 дорівнює полю допуску і браку практично не буде (не більш 0,27%). Якщо ж коефіцієнт ризику більше 3, браку не буде, але процес обробки обраний зайво точним, а отже, більш дорогим.

Коли коефіцієнт ризику менше 3, брак імовірний, і для вибору оптимального технологічного процесу обробки необхідно знати імовірний відсоток браку.

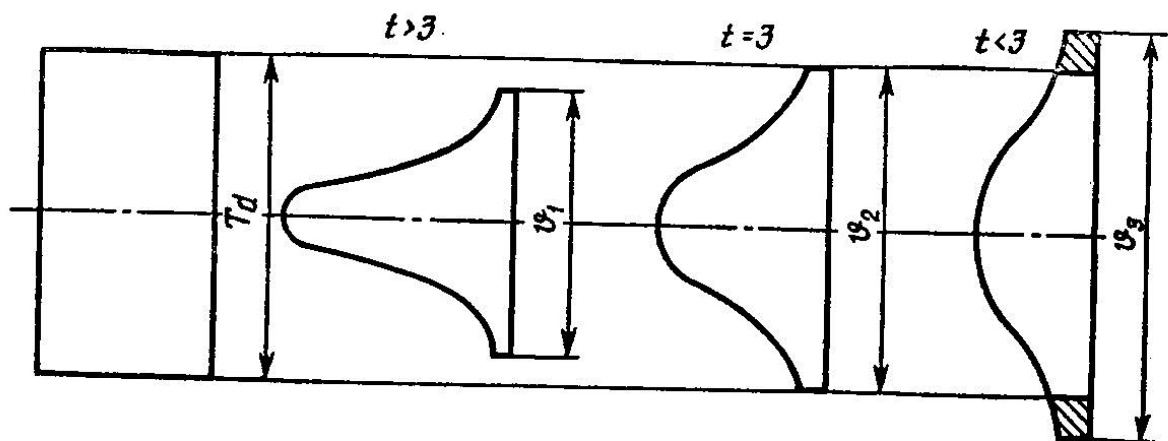


Рисунок 3.3 – Значення коефіцієнта ризику при різних співвідношеннях T_d і V .

Зсув центра групування при тій же значенні поля розсіювання призводить до збільшення імовірного відсотка браку.

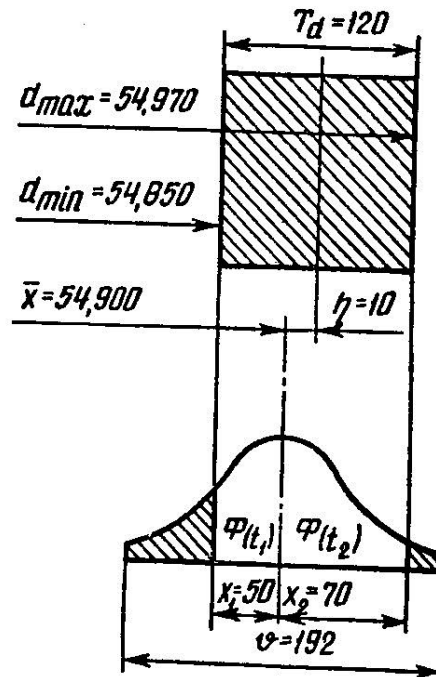


Рисунок 3.4 - Визначення імовірного відсотка браку при зсуванні розташування поля розсіювання.

Це необхідно враховувати при настроюванні верстатів.

3.4 Точність форми і розташування поверхонь.

У результаті виникнення погрешностей при обробці дійсні розміри деталей однієї партії розрізняються між собою, тобто відбувається розсіювання розмірів.

Розсіювання розмірів – результат впливу великого числа факторів, що не піддаються регулюванню, тому при виготовленні або відновленні великих партій однакових деталей точність виготовлення можна оцінити, використовуючи положення теорії імовірностей і математичної статистики.

Похибки можуть бути систематичними і грубими (промашки).

Систематичні похибки сталі за значенням і знаком або закономірно змінні.

Джерелами можуть служити, наприклад, непрямолінійність напрямних верстата, неточність мірного інструмента, неточності виготовлення або настроювання вимірювального інструмента і т.п.

Значення і знак системної похибки можна заздалегідь передбачити і врахувати в тих випадках, коли її неможливо усунути.

Випадкові похибки несталі за значенням і знаком. Передбачити заздалегідь їхнє значення і знак у кожному конкретному випадку неможливо, тому що вони не підпорядковані будь-якій закономірності. Джерелом випадкових похибок можуть бути пружні і температурні деформації системи ВПД, неоднорідність механічних властивостей матеріалів, розмір припуску і т.і. Оцінити їх можливо, тільки використовуючи методи теорії імовірностей.

Допуск обов'язково вказувати на всі розміри. Якщо не мається на кресленні, незазначені ставляться в технічних вимогах.

1. Незазначені граничні відхили отворів H14, валів h14, інших $\pm IT14/2$.
(у єдиному варіанті)
1. Стан матеріалу HRC 50...54.
2. JSO 2768-m.
3. Матеріал – замітник і т.д.

f - IT12 точний, не вимірити штангенциркулем, а мікрометром (глибиномір – уступи вала), тобто не призначати без особливої необхідності.

m - IT14 середній (нагострений вал).

c - IT16 грубий (виливок, коли 1,2 грані обробляються).

v - IT17-18 дуже грубий (виливок у землю).

Грубі похибки виникають при допущенні грубих помилок: улучення стружки під установлену деталь при вимірах, помилки при відліку розподілів на лімбі, вимірювальному інструменті.

Уникнути похибок обробки неможливо, тому при виготовленні або відновленні деталей відхили геометричних параметрів від заданих обмежують, забезпечуючи більшу чи меншу точність обробки.

Точність розміру визначається встановленим допуском на обробку.

Велика кількість факторів і їхній неоднаковий вплив приводить до того, що значення і знак похибки виготовлення або вимірювання передбачити неможливо, тобто похибка випадкова величина. Тому для аналізу похибок обробки або вимірювання використовують положення теорії імовірності і математичної статистики.

Наявність похибок обробки або вимірювання призводить до розсіювання розмірів у партії деталей або результатів вимірювання.

Точність форми характеризується відхилами форми дійсної поверхні (або профілю) від форми номінальної поверхні (або профілю), заданої кресленням, і визначається відповідно до ГОСТ 24642-81.

Реальна поверхня – це поверхня, виготовленої деталі, що обмежує деталь і відокремлює її від навколишнього середовища.

Номінальна поверхня – це ідеальна поверхня, форма якої задана кресленням або іншою технічною документацією.

Кількісно відхили форми оцінюються найбільшою відстанню від крапок дійсної поверхні (профілю) до прилягаючої поверхні (профілю) по нормалі до прилягаючої поверхні (профілю). Відхили форми можуть бути комплексними і частками.

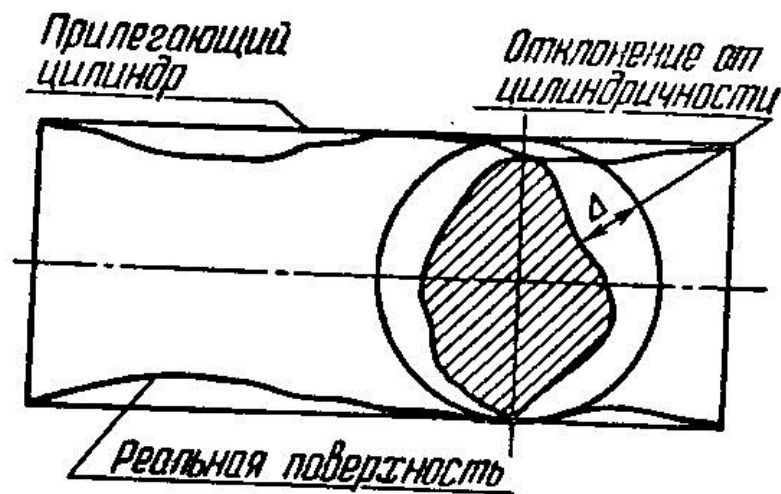



Рисунок 3.5 - Визначення комплексного показника відхилу від циліндричності.

 Для **циліндричних поверхонь** комплексним є відхил від циліндричності, що характеризує найбільшу відстань від крапок реальної поверхні до прилягаючого циліндра.

За прилягаючий циліндр приймається циліндр мінімального діаметра, описаний навколо реальної зовнішньої поверхні, або максимального діаметра, уписаний у реальну поверхню.

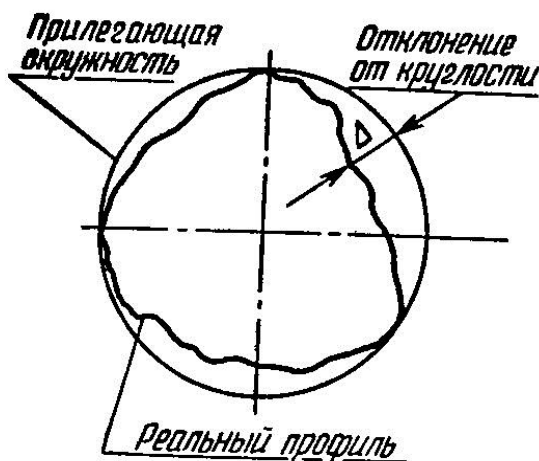


Рисунок 5.7 - Відхил форми циліндру в поперечному перерізі – некруглості.

Комплексним показником відхилів у площині поперечного переріза є **відхилення від круглоти**. Приватними відхиленнями будуть овальність і огранювання.

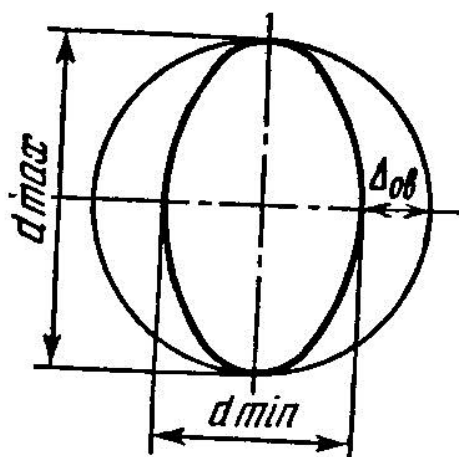


Рисунок 5.8 – Відхил форми циліндру в поперечному перерізі – овальність.

Овальність – відхил від круглоти, при якому реальний профіль поперечного переріза являє собою овалоподібну фігуру, найбільший і найменший діаметри якої знаходяться у взаємоперпендикулярних напрямках. За значення овальності приймають напіврізниця між найбільшим і найменшим діаметрами перетину:

$$\Delta_{ов} = \frac{d_{б} - d_{м}}{2} = \Delta_{кр}, \quad (5.8)$$

Овальність виникає в результаті биття шпинделя токарського або шліфувального верстата, через неправильну форму поперечного переріза заготовлі, дисбалансу деталі і т.д.

Огранювання – відхил від круглоти, при якому реальний профіль поперечного переріза являють собою багатогранну фігуру, обкреслену відрізками дуг з центрами кривизни в різних крапках.

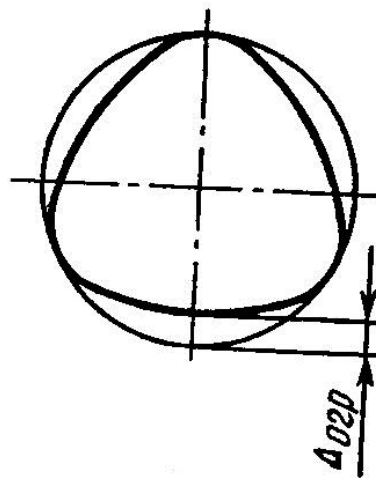


Рисунок 5.9 – Відхил форми циліндру в поперечному перерізі – огранювання.

Огранювання кількісно визначається так само, як і відхили від круглоти, - найбільшим відхилом Δ реального профілю від прилягаючої окружності.

$$\Delta_{ог} = \Delta_{кр}, \quad (5.9)$$

Причиною появи огранювання є зміна положення миттєвого центра обертання деталі при обробці; огранювання з'являється, як правило, при бесцентровом шліфуванні, при різанні, коли система ВПД недостатня тверда.

Приватними показниками відхилів профілю циліндричних поверхонь у поздовжньому перетині є конусоподібність, бочкоподібність, сідлоподібність, відхили від прямолінійності осі.

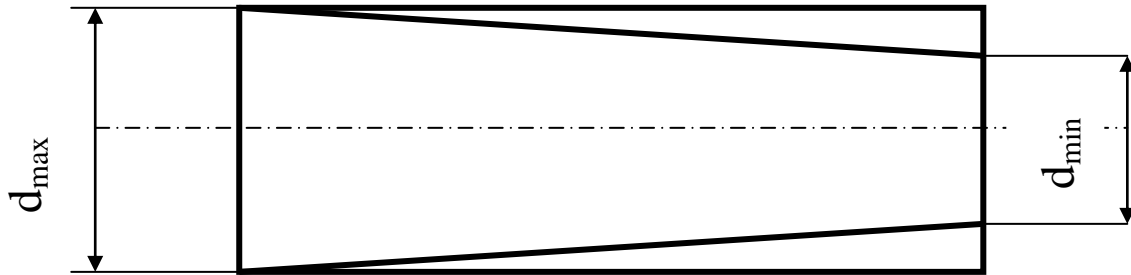


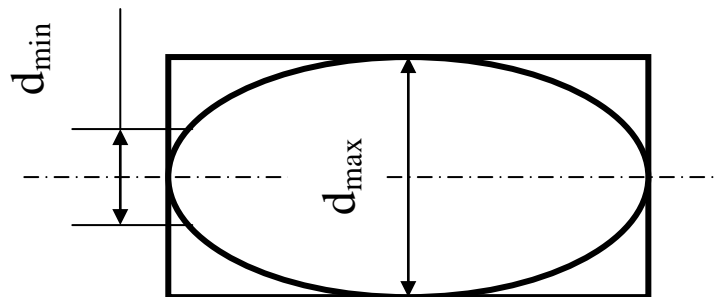
Рисунок 5.10 - Відхил форми циліндру в поздовжньому перерізі - конусоподібність.

Конусоподібність – відхил профілю поздовжнього перерізу, при якому утворюючі прямолінійні, але не рівнобіжні один одному.

$$\Delta_{\text{конус}} = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2} = \Delta_{\text{прод}}, \quad (5.10)$$

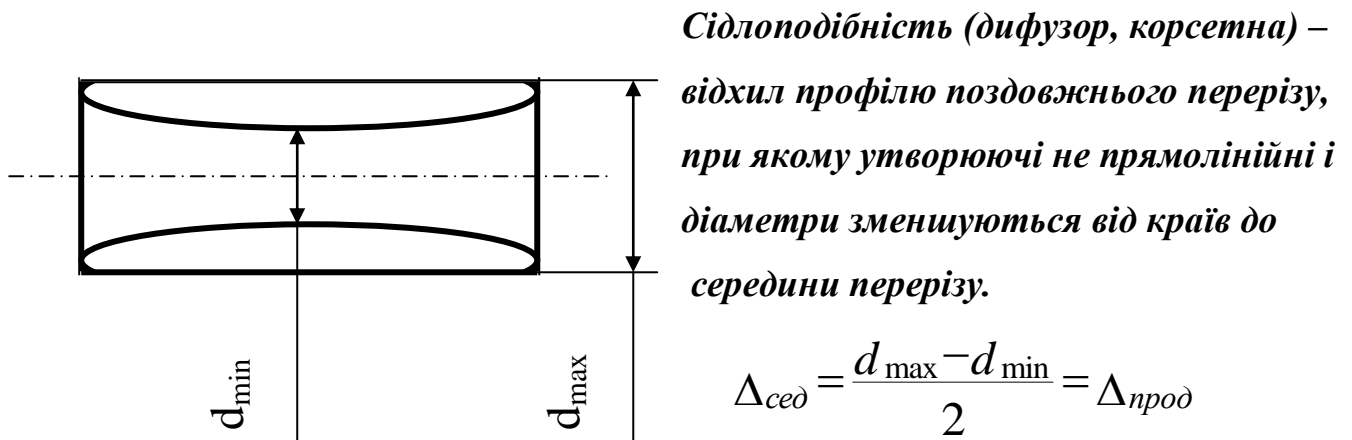
Конусоподібність виникає при розбіжності осей шпинделя і пиноли задньої бабки верстата, непаралельності осі шпинделя напрямним станини, швидкому зносі різця і т.п.

Бочкоподібність – відхил профілю поздовжнього перерізу, при якому утворюючі не прямолінійні і діаметри збільшуються від країв до середини перерізу.



$$\Delta_{\text{бочк}} = \frac{d_{\text{max}} - d_{\text{min}}}{2} = \Delta_{\text{прод}}$$

Найчастіше причиною бочкоподібності є прогин валу при малій його **твердості** в процесі обточування в центрах.



Причини виникнення – розбіжність центрів токарського верстата у вертикальній площині або обробка товстих коротких валів у нежорстких центрах.

Знання приватних показників відхилів профілю дає можливість вносити корективи в технологічний процес і усувати причини зухвалі ці відбивам, тому що кожне з них знижує ресурс рухливих з'єднань і надійність нерухомих.

3.5 Позначення точності форми і розташування поверхонь на креслениках.

⌒ Для **циліндричних поверхонь** комплексним є відхил від циліндричності, що характеризує найбільшу відстань від крапок реальної поверхні до прилягаючого циліндра.

○ Комплексним показником відхилів у площині поперечного переріза є **відхили від круглоти**.

— **Відхили від прямолінійності осі** характеризуються непрямолінійністю геометричного місця центрів поперечних перерізів циліндричної поверхні і виникає, як правило, через дію нерівномірно розподілених залишкових напруг, що виникають після термообробки, наклепу і т.п.

◇ **Відхили від площинності** – комплексний показник відхилів форми плоских поверхонь. Вони характеризуються сукупністю усіх відхилів форми поверхні і чисельно дорівнює найвеликій відстані Δ від дійсної поверхні.

Увігнутість і опуклість - приватні показники відхилив форми плоских поверхонь.

Відхили від прямолінійності – комплексний показник відхилив профілю перетину плоских поверхонь. Воно чисельно дорівнює найбільшій відстані від дійсного профілю до прилягаючої прямої.

Усі види відхилив від правильної геометричної форми негативно позначаються на роботі з'єднання. У рухливих з'єднаннях відхили форми призводять до зменшення фактичної площі контакту, збільшенню питомих навантажень, погіршенню умов змазування й у результаті до значного скорочення ресурсу з'єднання через швидкий знос поверхонь, що сполучаються. У з'єднаннях з натягом відхили форми призводять до зменшення реального натягу і як наслідок до зниження надійності з'єднання.

Для взаємозамінності з'єднань ГОСТ 24648-90 установлює граничні відхили в залежності від прийнятого ступеня точності. Стандартом визначені 16 ступенів точності, у яких граничні відхили форми відповідають рядові R_5 кращих чисел.


В усіх випадках, коли граничні відхили форми не встановлені, вони повинні бути обмежені допуском на розмір.

Відхили розташування – відхили розглянутого елемента від його номінального розташування, обумовленого номінальними лінійними і кутовими розмірами між ними і базами або між розглянутими, якщо бази не задані.

Обов'язкова вказівка бази, приміром, для тіл обертання – базою є вісь.

До відхилив розташування поверхні відносяться:

// Відхили від паралельності, прямих у площині, осей поверхонь обертання, осі обертання і площини;

 *Відхили від перпендикулярності площин, осей або осі і площини;*



Відхили від співвісності – щодо осі базової поверхні і щодо загальної осі;

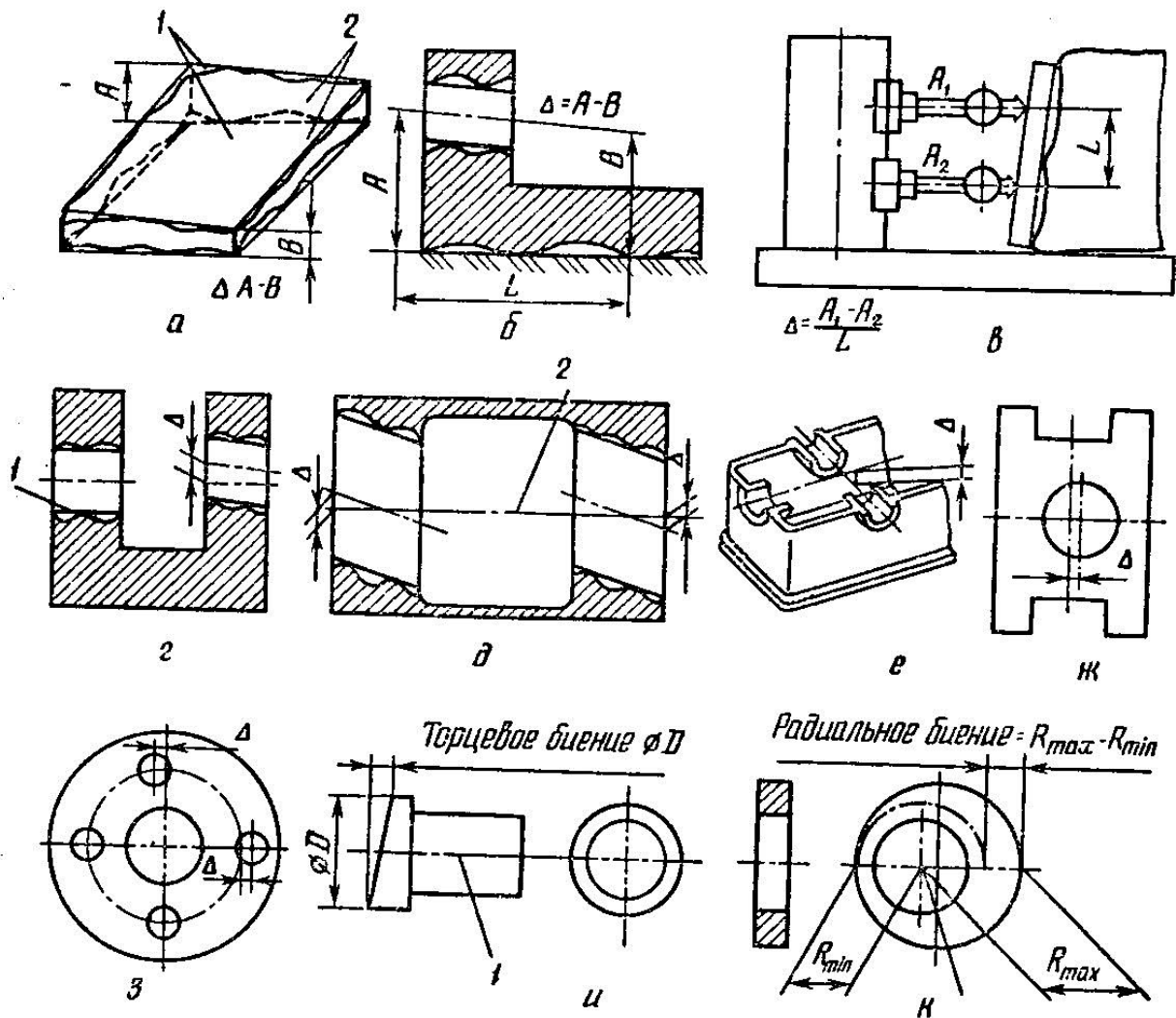
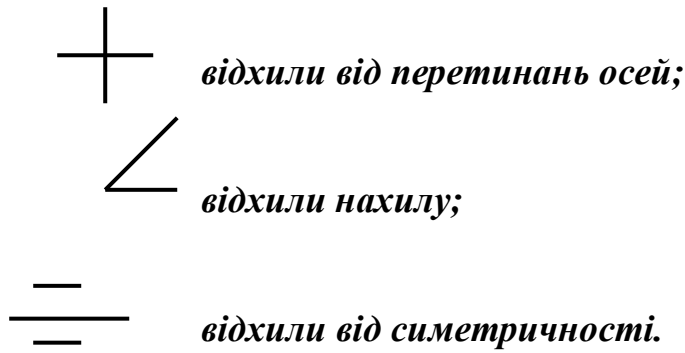
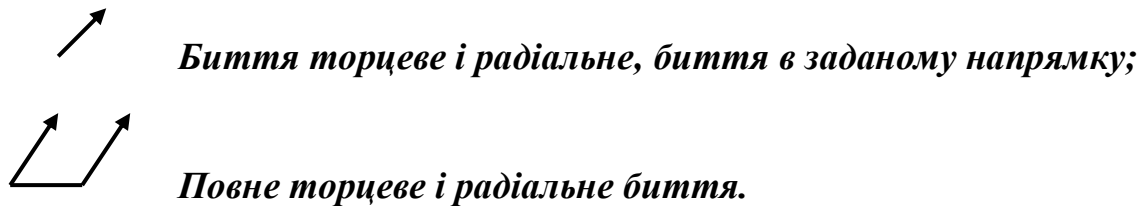


Рисунок 3.6 – Відхили:

а, б – від паралельності відповідно площин і вісей: 1 – прилягаючої площини; 2 – дійсні поверхні; в – від перпендикулярності площин і вісей; г, д – від співвісності відносно відповідно базової поверхні і загальної вісі: базова поверхня; 2 – загальна вісь; е – від перетинання вісей; ж – від симетричності; з – позиційний відхил; и, к – торцеве і радіальне биття: 1 – базова вісь.

До сумарних відхилів форми і розташування поверхні відносяться:



Якщо граничні відхили форми не встановлені, то вони нормуються допуском на розмір ГОСТ 24643-81 (ДСТУ 2498-94).

Метод аналогії:

Між допуском форм і допуском розташування існує негласна залежність:

Звичайно $T_f=60\%T_p$

Підвищена $T_f=40\%T_p$

Висока $T_f=25\%T_p$

3.6 Шорсткість поверхонь, позначення на креслениках.

Два стандарти нормує шорсткість ДСТУ 2413-94 (Шорсткість поверхні, терміни і визначення) ДСТУ 2409-94 (Вимірювання параметрів шорсткості).

Шорсткість поверхні – це сукупність нерівностей профілю поверхні з відносно малими кроками в межах базової довжини l .

Середньою лінією профілю m називається базова лінія, що має форму номінального профілю поверхні і яка поділяє дійсний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відстаней y_1, y_2, \dots, y_n крапок профілю до цієї лінії мінімальна.

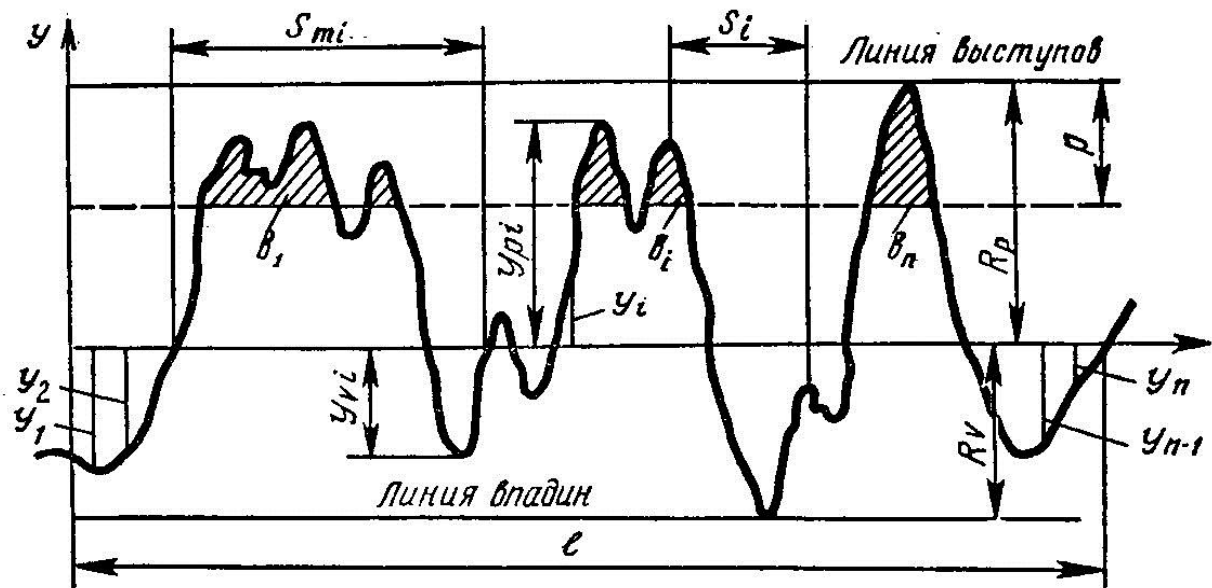


Рисунок 3.7 – До визначення параметрів шорсткості

На профілограммі в межах базової довжини l площі, розташовані по обидва боки від цієї лінії до контуру профілю, повинні бути рівні між собою.

Кількісну оцінку шорсткості проводять по наступних параметрах:

R_a – середній арифметичний відхил профілю;

R_z – висота нерівностей профілю;

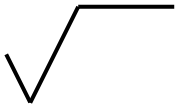
Середнім арифметичним відхилом профілю R_a називається середнє значення відстаней (y_1, y_2, \dots, y_n) від крапок обмірюваного профілю до середньої лінії, узятих за абсолютним значенням:

$$R_a = \frac{1}{l} \int_0^l |y(x)| dx \approx \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|,$$

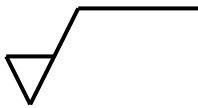
Висота нерівностей профілю R_z по десятиох крапках – сума середніх абсолютних значень висот n' яти найбільших виступів профілю і глибин n' яти найбільших западин профілю в межах базової довжини:

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 y_{pi} + \sum_{i=1}^5 y_{vi} \right),$$

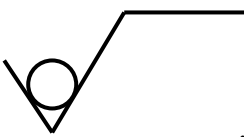
Умовні позначки шорсткостей на креслениках



коли вказують тільки граничні значення параметрів шорсткості і не вказують вид обробки;



коли, крім значень параметрів шорсткості, вказують і вид обробки, наприклад гостріння, шліфування, хонінгування;



коли шорсткість поверхні зберігається в стані постачання й утвориться без видалення шару металу, наприклад литтям, куванням, штампуванням.

$$T_{\phi} = 60\% T_p \leq 0,05 T_p = R_a$$

$$T_{\phi} = 40\% \leq 0,025 T_p = R_a$$

$$T_{\phi} = 25\% T_p \leq 0,012 T_p = R_a$$