

Основи базування деталей та заготовок

Зміст

1. Основні положення теорії базування. Правило шести точок. Базування. Теоретична схема базування.
2. Схеми базування геометричних тіл (призма, циліндр, диск, конус).
3. Класифікація баз, та їх коротка характеристика.
4. Повне, неповне базування. Визначеність, невизначеність базування.
5. Базуюча роль напрямних затискачів.
6. Установлення заготовок у пристроях.
7. Основні принципи призначення технологічних баз.
8. Зміна баз. Похибки базування.
9. Правила розробки теоретичних схем базування.
10. Приклади побудови теоретичних схем базування та методів їх реалізації.

Зл – п. 2.1; 2.2 (до циліндра)

4л – п. 2.2 ÷ п. 2.6

5л – п. 2.7 – п. 2.8

6л – п. 2.9 – п. 2.10

Практичні заняття до теми 2:

[2] – таблиця 9.2 Розробка теоретичних схем базування та їх реалізація.

[7] – Завдання № 6, 11, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20.

1. Основні положення теорії базування. Правило шести точок. База. Базування. Теоретична схема базування

Основні положення

Тіло може бути в стані спокою чи руху, якщо його розглядати відносно системи відліку.

Відповідний стан тіла визначається накладанням на нього геометричних або кінематичних зв'язків.

Зв'язки – це умови які накладаються на положення або швидкості точок тіла.

В теорії базування нас в першу чергу будуть цікавити геометричні зв'язки.

Якщо на тіло накладено геометричні зв'язки то завдяки їм деякі переміщення тіла виявляються неможливими.

Можливими переміщеннями тіла називаються елементарні переміщення, які можна здійснити без порушення накладених на тіло зв'язків. Кількість таких можливих переміщень називають числом ступенів свободи даного тіла.

Якщо тверде тіло може мати будь – яке переміщення в просторі, то таке тіло називають вільним (свободним).

Таке тіло має шість ступенів свободи: три переміщення вздовж координатних осей і три повороту навколо цих осей.

Таким чином, щоб зробити тіло нерухомим, потрібно позбавити його шести ступенів свободи, а для цього накласти на нього шість зв'язків.

За реальних умов зв'язки практично здійснюються за допомогою матеріальних тіл.

Реалізація двосторонніх геометричних зв'язків досягається стиканням поверхонь тіла з поверхнями іншого тіла, до якого воно приєднується, і прикладанням сил і пар сил для забезпечення контакту між ними.

Реальні тіла – деталі обмежені поверхнями, тому можуть контактувати лише на окремих елементарних площадках, які умовно вважаються точками контакту (рис.2.1).

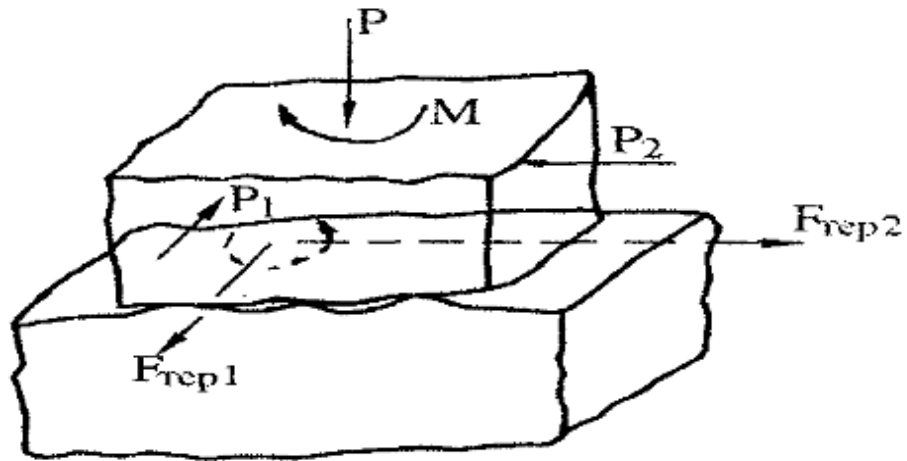


Рис. 2.1. Контакт двох твердих тіл

Для того, щоб реальні зв'язки відповідали теоретичним (жорсткий двосторонній зв'язок) для фіксації досягнутого положення необхідне прикладання сил і пар сил – силового замикання.

Таким чином, матеріалізація геометричних зв'язків досягається за допомогою шести точок, розташованих відповідним чином на поверхнях деталі і силового замикання. Ця умова отримала назву – правила шести точок.

В теорії базування вважається, що здійснення необхідних зв'язків досягається контактом деталей по поверхням, а наявність реальних зв'язків символізується опорними точками, які мають теоретичний характер.

Схема розміщення опорних точок на базах заготовки або виробу називається теоретичною схемою базування. На теоретичній схемі базування опорні точки зображують умовними знаками (рис.2.2).

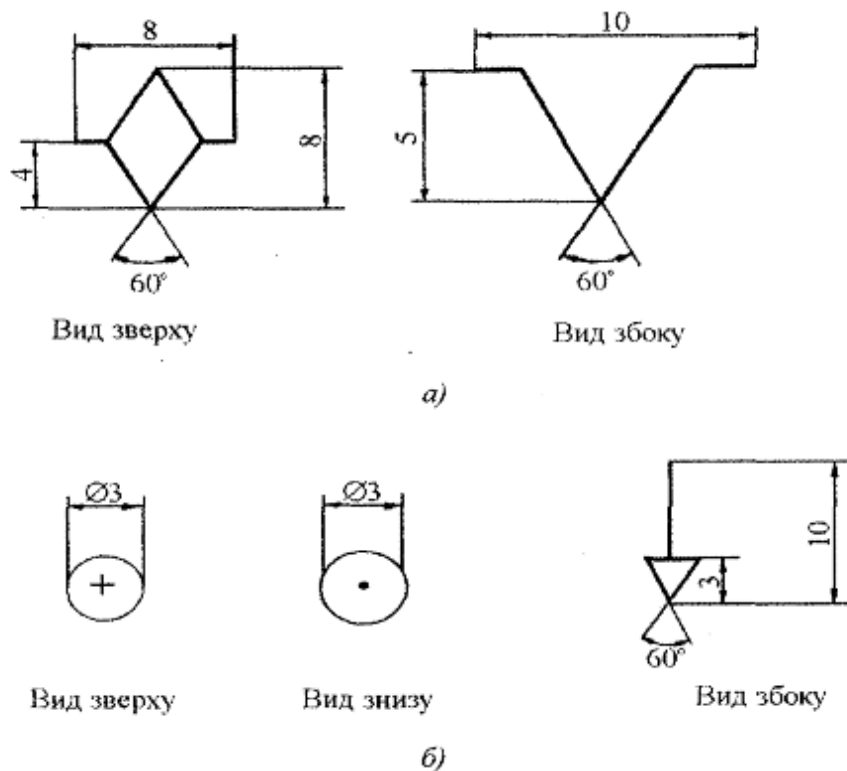


Рис. 2.2 Умовні позначення опорних точок (а) та зусиль (б)

Опорні точки нумеруються, починаючи з бази, на якій розташовується їх найбільша кількість. Номер точки проставляється справа від умовного знака. Якщо в якій – небудь проекції опорна точка накладається на іншу, то зображується одна точка і біля неї проставляється номери суміщених точок.

Приклад застосування умовних позначень опорних точок і прикладених зусиль стосовно до деталі призматичної форми наведено на (рис.2.3).

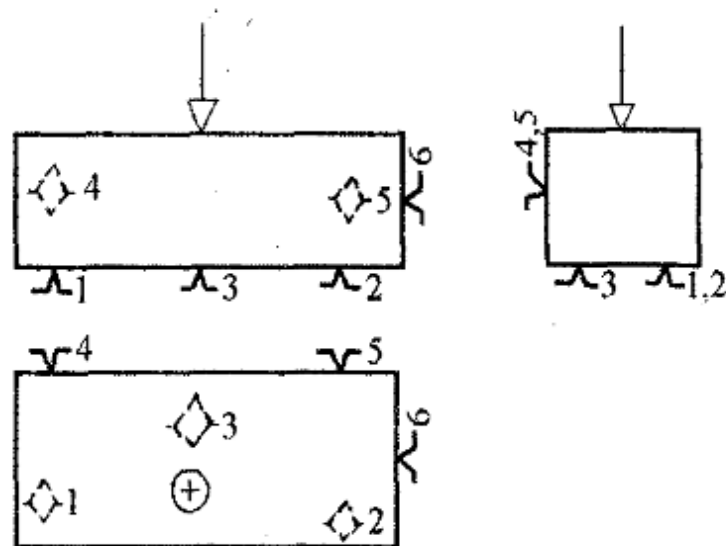


Рис. 2.3 Теоретична схема базування призматичного тіла

База – це поверхня або сполучення поверхонь, вісь, точка, які належать заготовці або виробу і використовуються для базування (рис. 2.4).

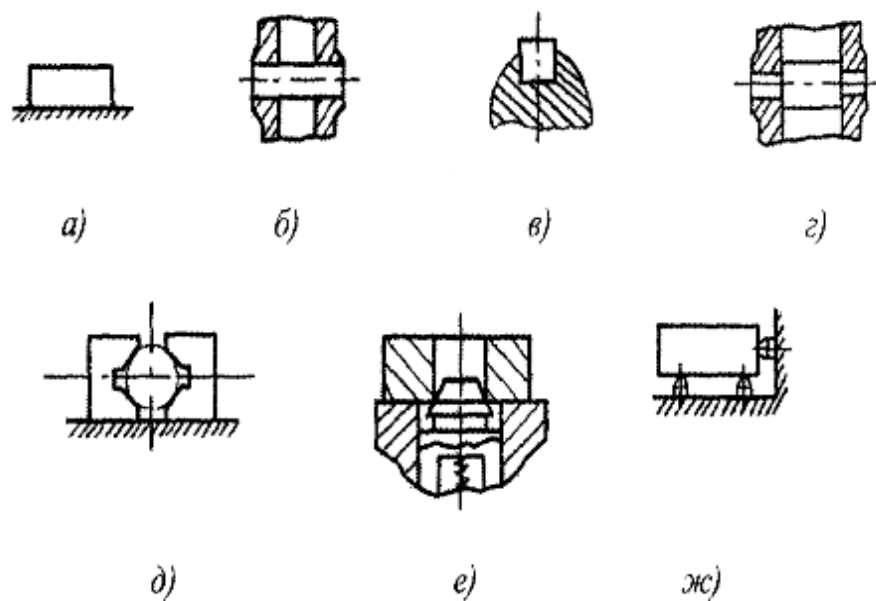


Рис. 2.4 Види баз: а – площа, б – циліндр, в, г – сукупність поверхонь, д – вісь, е – коло, ж – точка

Базування – надання заготовці або виробу потрібного положення відносно вибраної системи координат (при складанні, механічній обробці,

вимірюванні) .

2. Схеми базування геометричних тіл, (призми, циліндра, диска, конуса)

Ці схеми будуються на основі основних положень теорії базування.

Призматичне тіло

Схема – рис.2.5

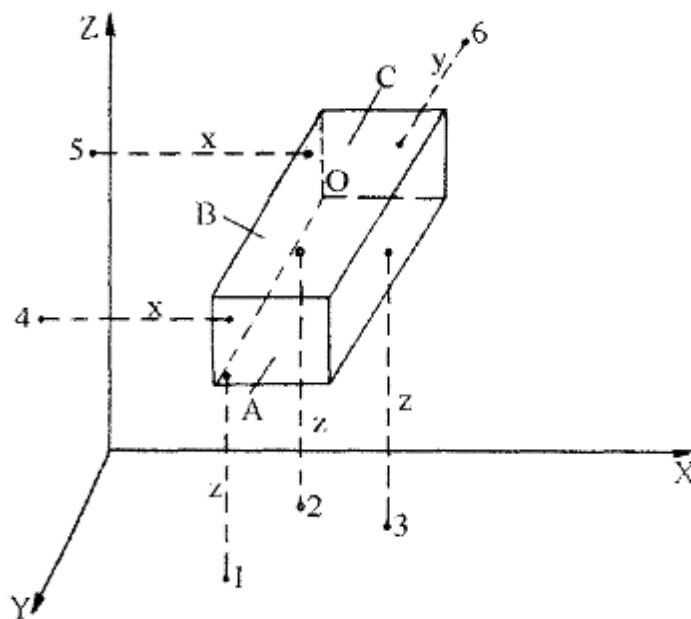


Рис. 2.5 Базування призматичного тіла

Практична реалізація рис. 2.6, 2.7, 2.8, 2.9, 2.10, 2.11, 2.12, 2.13.

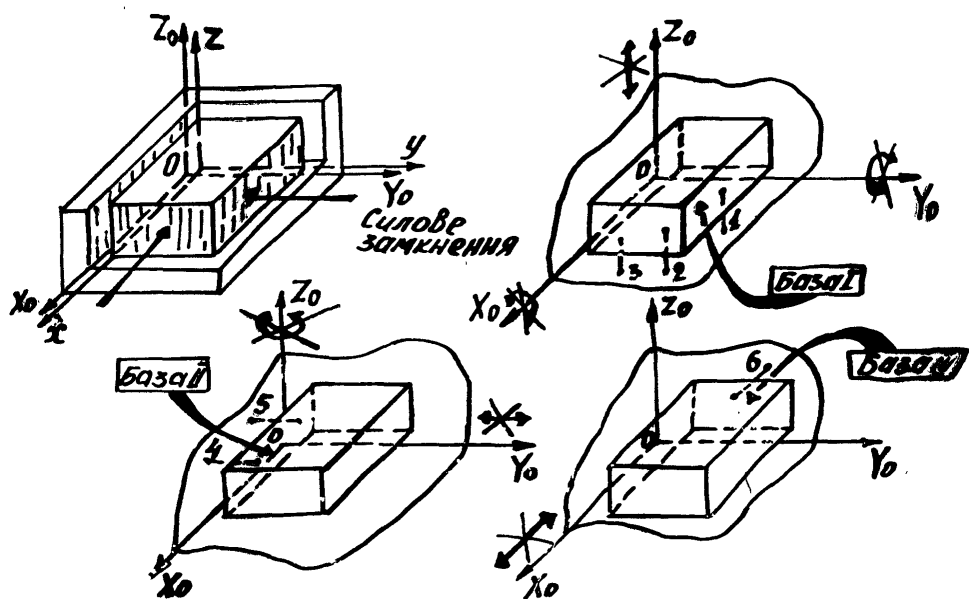


Рис. 2.6 Установча напрямна та опорна явні бази

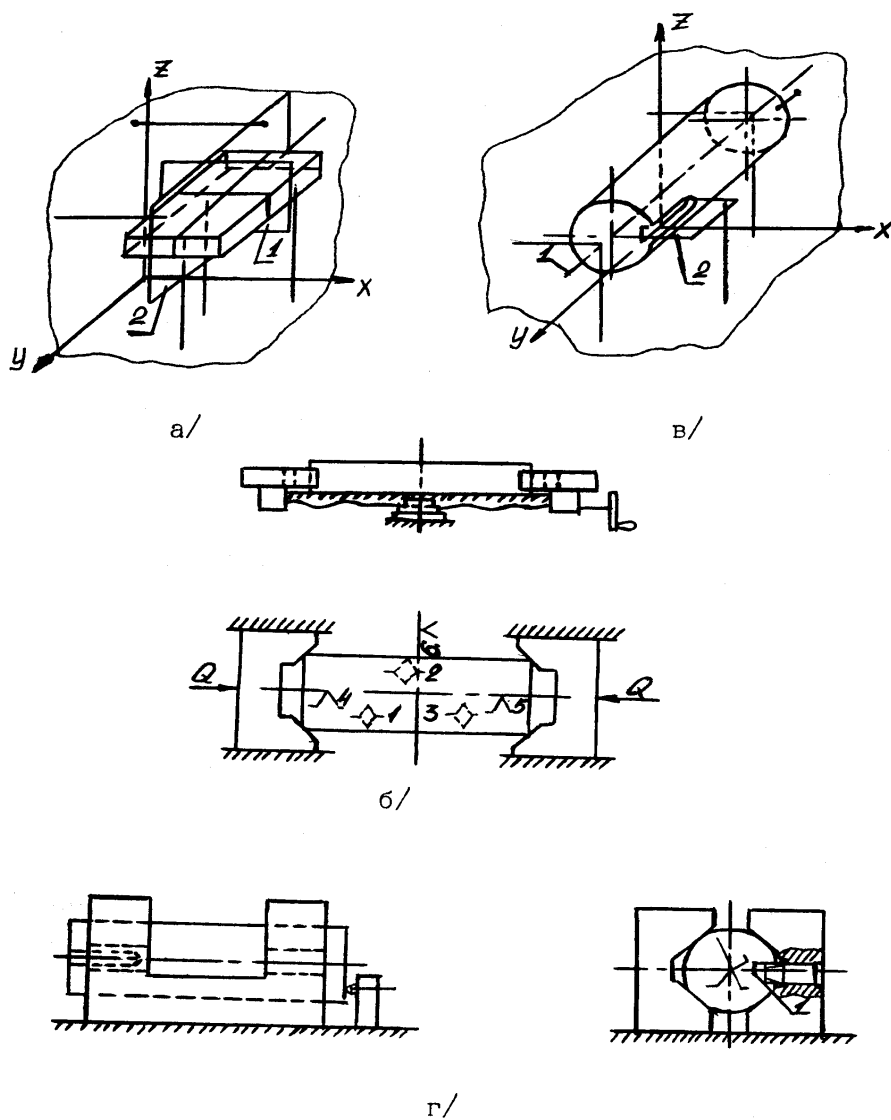


Рис. 2.7 Схеми базування призматичного тіла (а) і циліндра (в) за допомогою їх уявних елементів і реалізація (б, г) цих схем

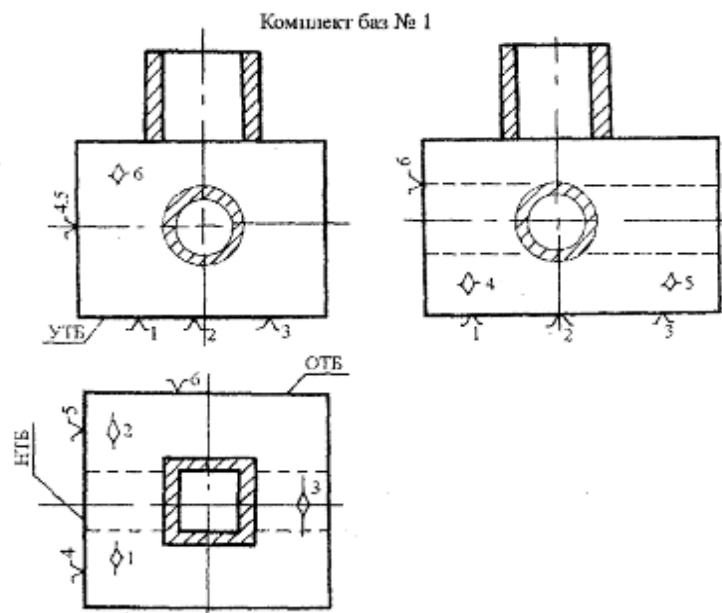


Рис. 2.8 Базування корпусної деталі по трьох взаємно перпендикулярних площинах

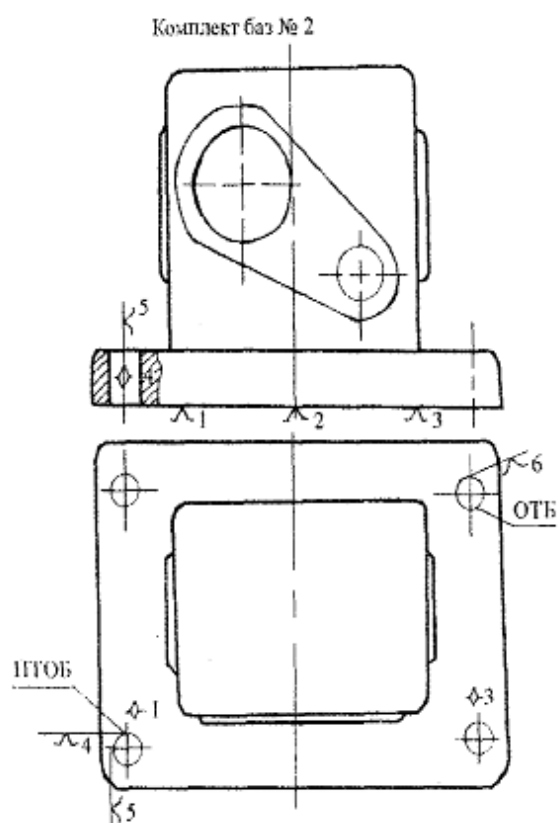


Рис. 2.9 Теоретична схема базування корпусної деталі на площину і два отвори

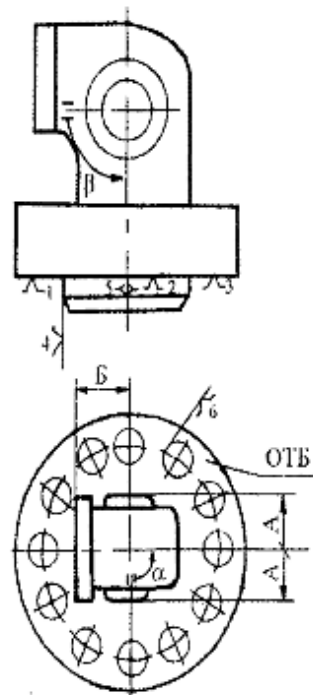


Рис. 2.12 Теоретична схема базування корпусної деталі на плоску поверхню, циліндричний борт і отвір на фланці

Комплект баз № 5

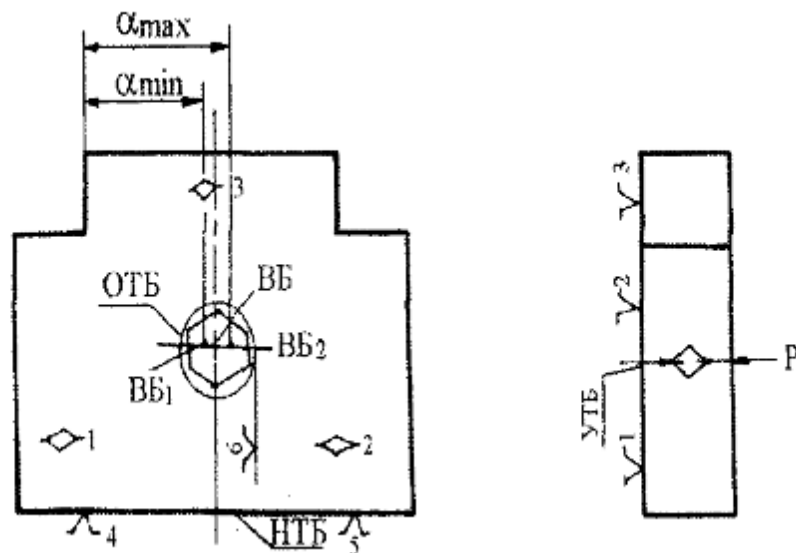


Рис. 2.13 Теоретична схема базування деталі типу плита по двох площинах і отвору

Схема рис. 2.14

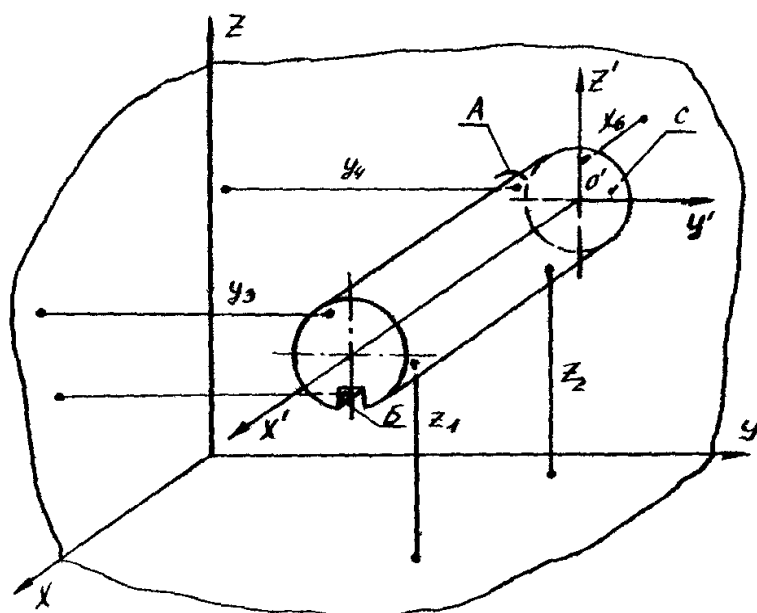


Рис. 2.14 Базування циліндричного тіла (довгого)

Практична реалізація рис. 2.7 (в, г), 2.15, 2.16, 2.17, 2.18, 2.19

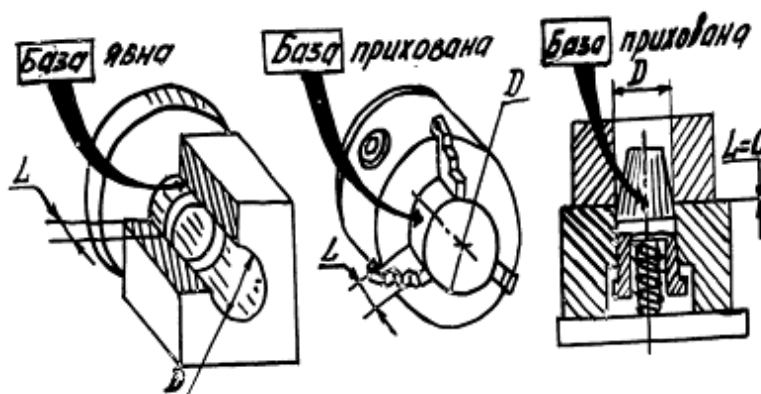


Рис. 2.15 Подвійна опорна база (явна і прихована)

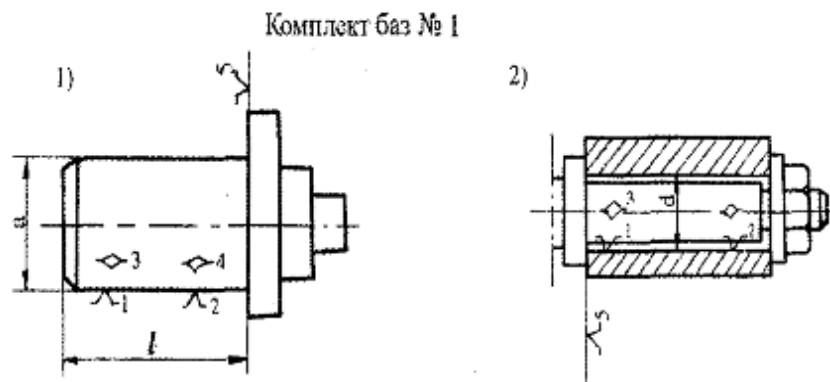


Рис. 2.16 Теоретичні схеми базування довгих заготовок типу тіл обертання

Комплект баз №2

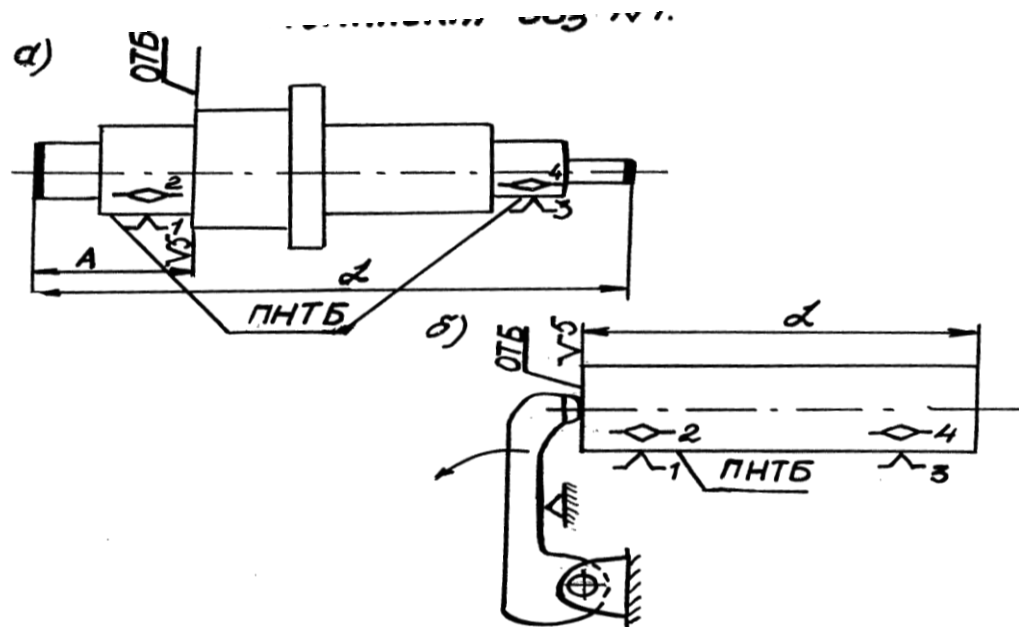


Рис. 2.17 Теоретичні схеми базування валів при обробці торців

Комплект баз №3

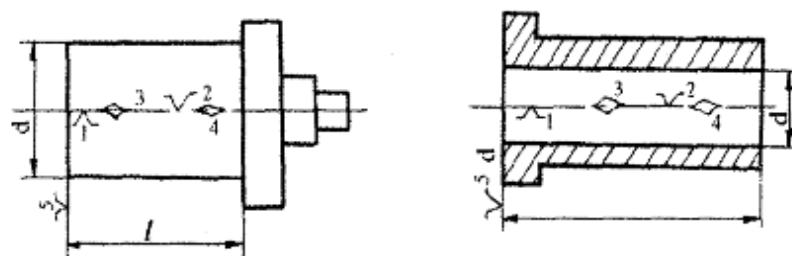


Рис. 2.18 Теоретичні схеми базування заготовок типу тіл обертання з використанням осі, як бази

Комплект баз №4

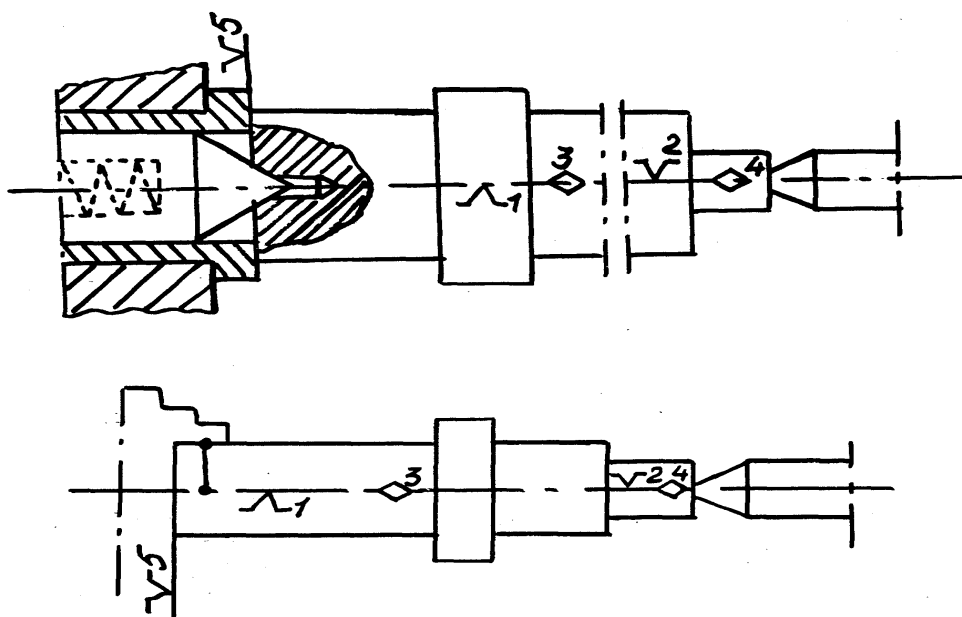


Рис. 2.19 Реалізація схем базування заготовок типу обертання з використанням віссю, як бази

Базування короткого циліндра (диска),

Схема рис. 2.20

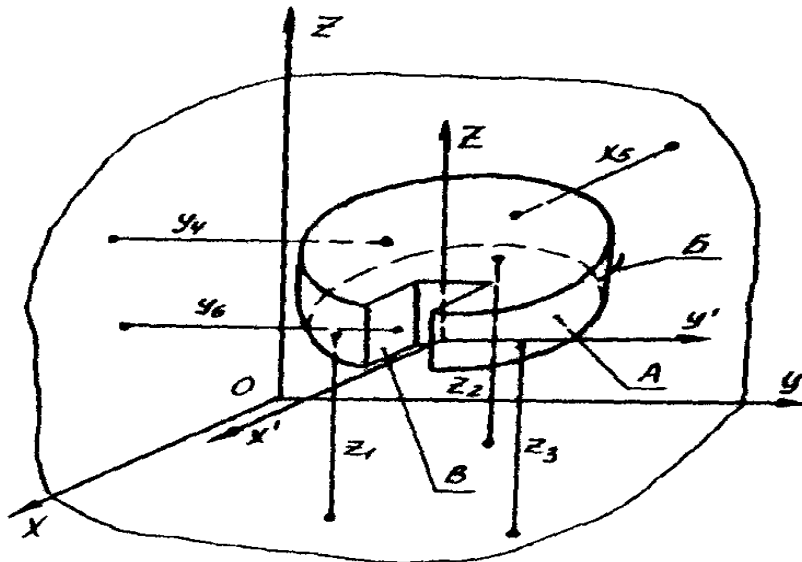


Рис. 2.20 Базування диска

Практична реалізація рис. 2.21

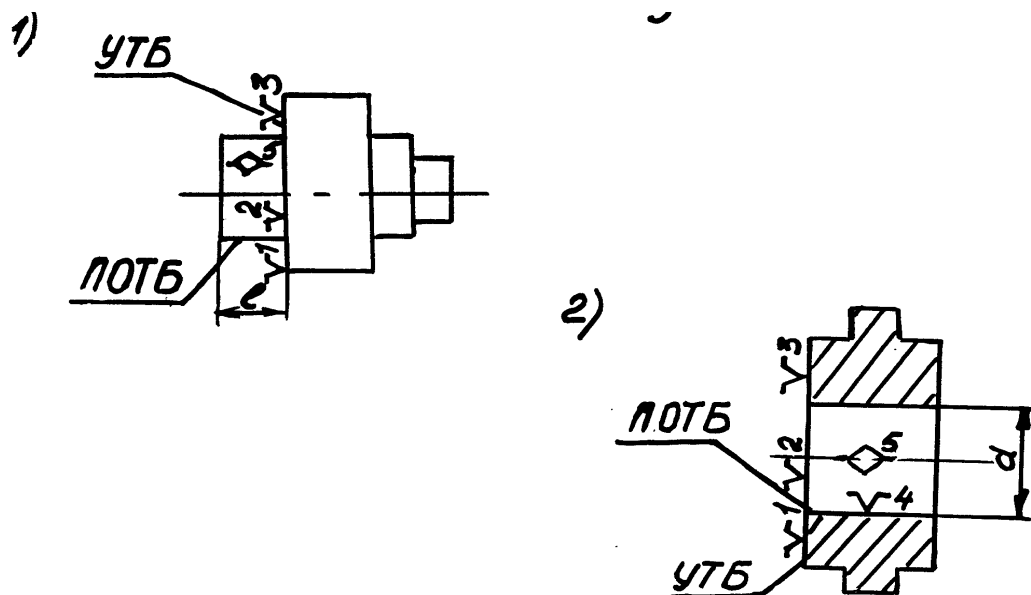


Рис. 2.21 Теоретичні схеми базування коротких деталей типу тіл обертання

Базування конусу довгого

Схема рис. 2.22

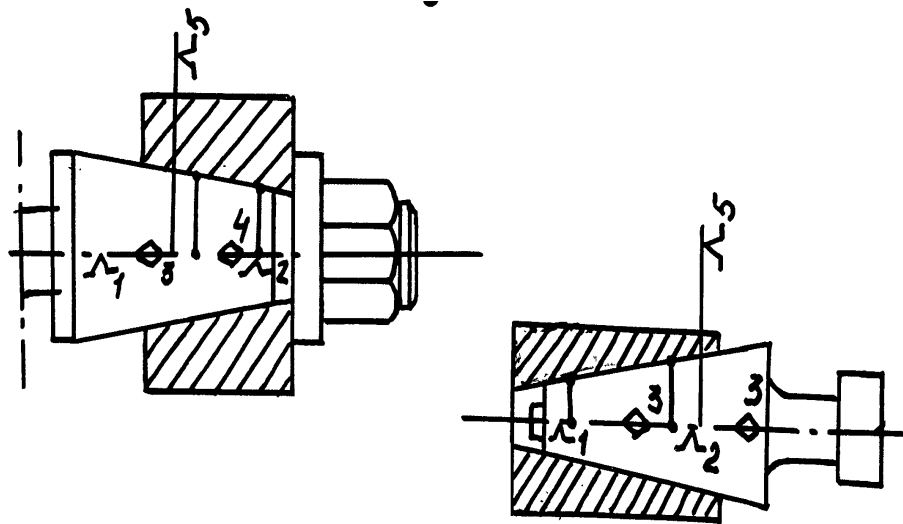


Рис. 2.22 Використання осі пологої конічної поверхні як подвійної прямої і опорної бази

Базування конусу короткого

Схема рис 2.23

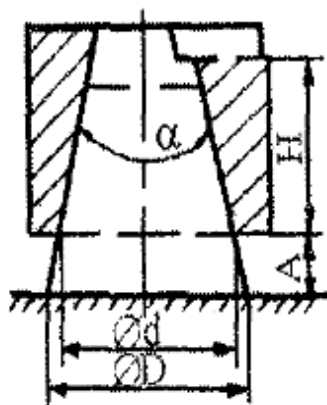


Рис. 2.23 Схема встановлення заготовки на конічний отвір

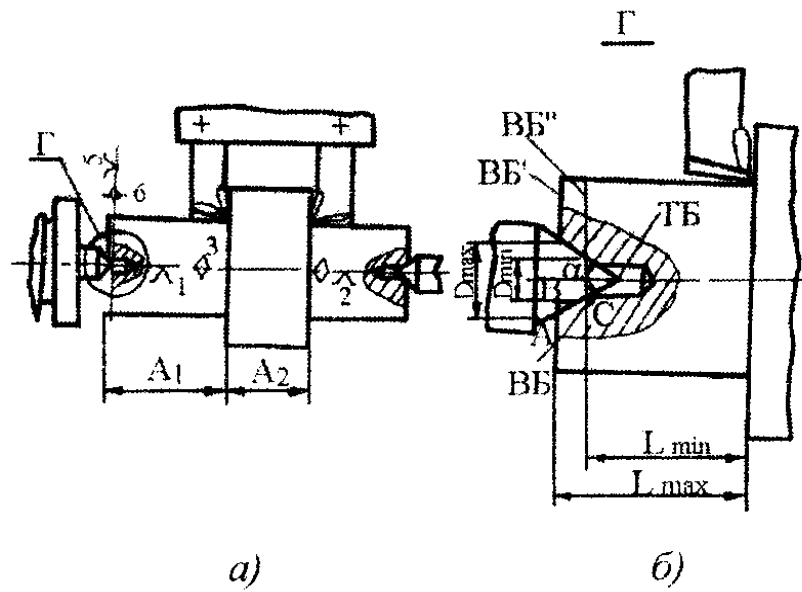


Рис. 2.24 Схема встановлення вала в центрах на центрових оворах

3. Класифікація технологічних баз (ТБ) та їх коротка характеристика

Загальна класифікація баз наведена на рис. 2.25

А. ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ



Рис. 2.25 Класифікація баз

Коротка характеристика ознак

А – за призначенням

Конструкторська база (КБ) – для визначення положення деталі або СО у виробі – рис. 2.26; 2.27.

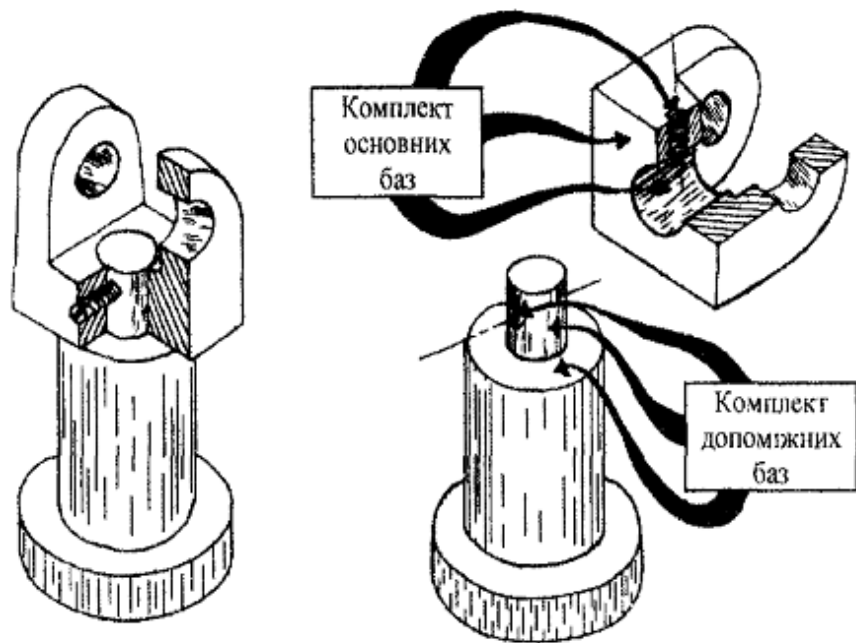


Рис. 2.26 Конструкторські бази

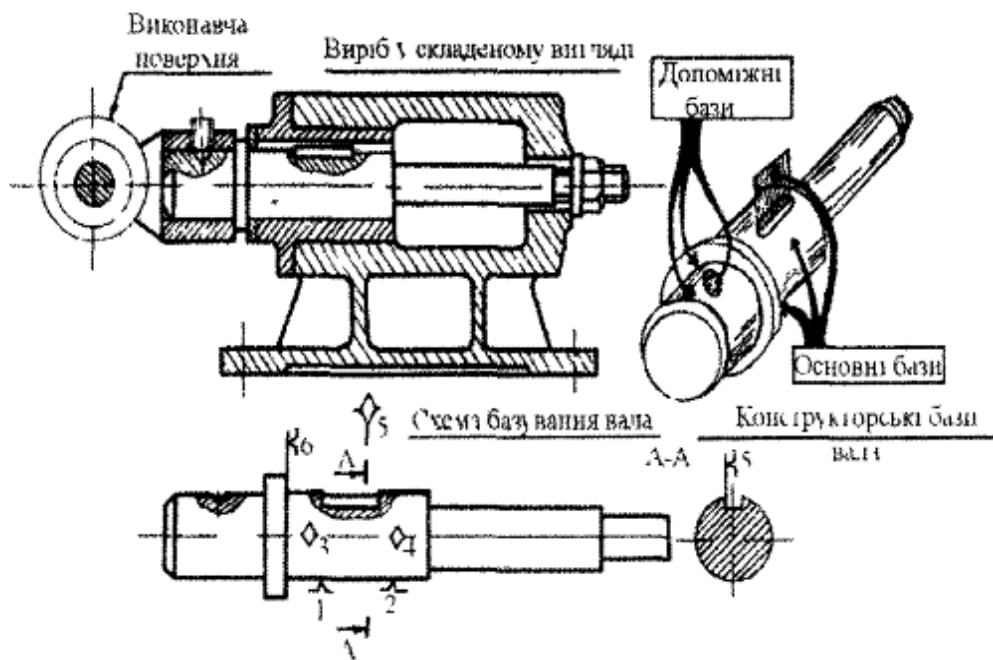


Рис. 2.27 Конструкторські бази

Ці бази поділяються на основні і допоміжні.

Дуже часто в практиці технології машинобудування КБ називають вимірвальними – рис. 2.28

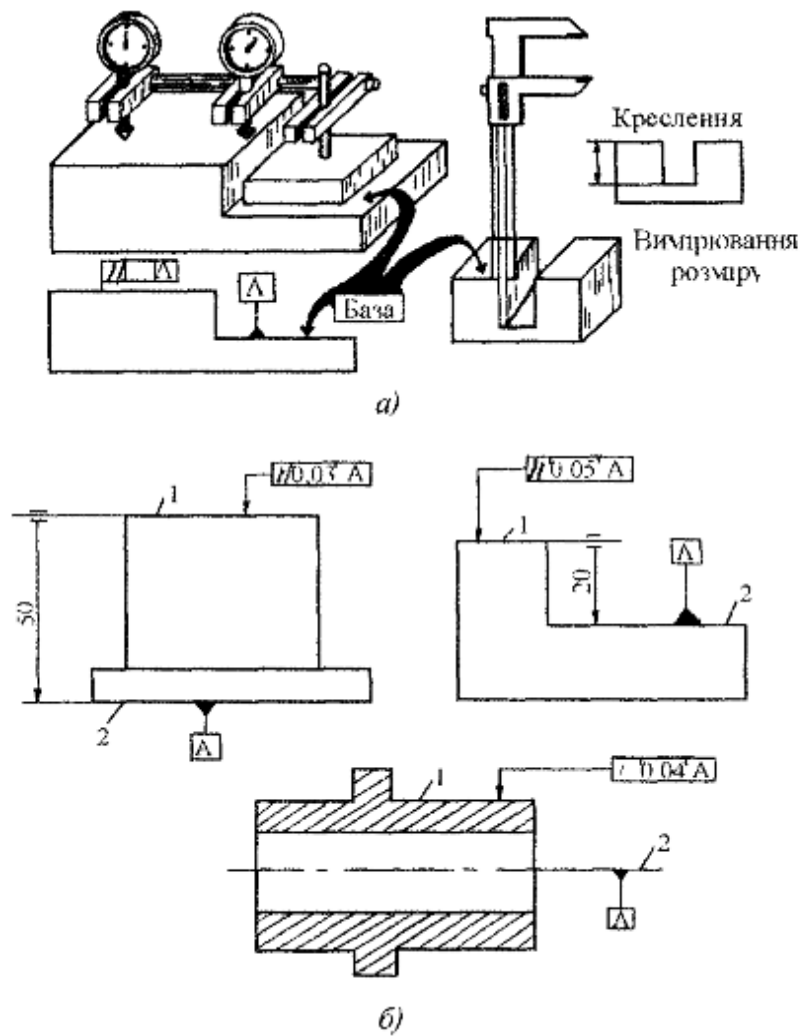


Рис. 2.28 Вимірювальні бази 1-досліджувана (вимірювана поверхня), 2-вимірювальна база

Технологічна база (ТБ) – для визначення положення заготовки або виробу в процесі виготовлення або ремонту – рис. 2.29; 2.30.

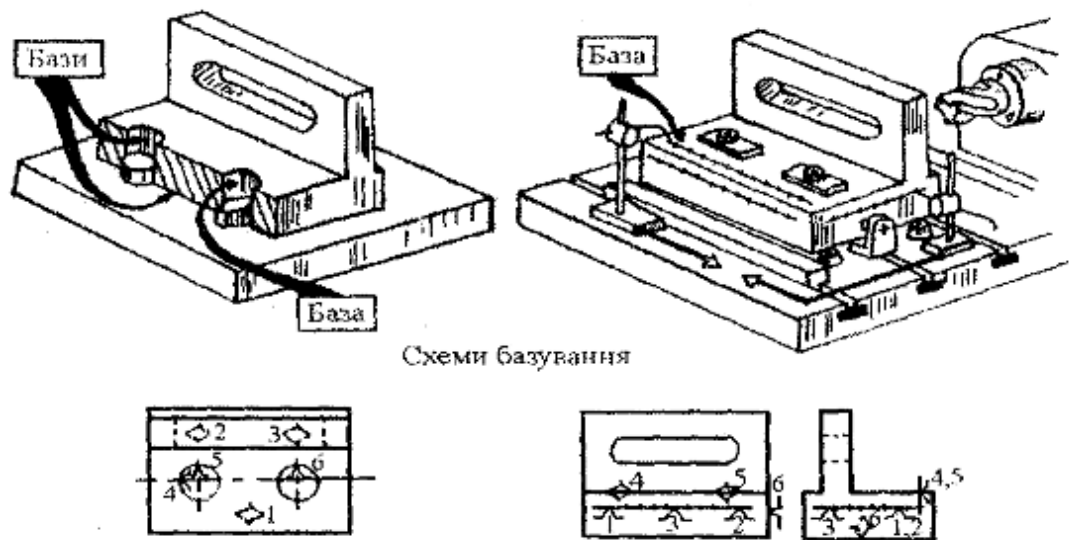


Рис. 2.29 Технологічні бази

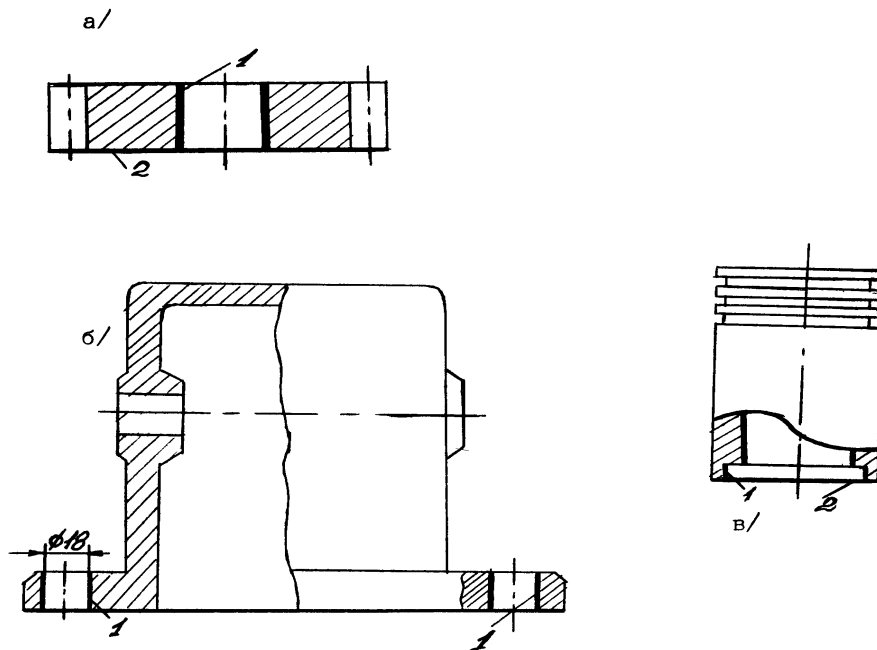


Рис. 2.30 Технологічні бази а) реальні; б, в) штучні.

Розрізняють ТБ:

а) контактні - бази які безпосередньо стикаються з відповідними установчими елементами пристрою чи верстата, від них можна отримати розміри з точністю метода обробки (рис. 2.31 ч 2.33).

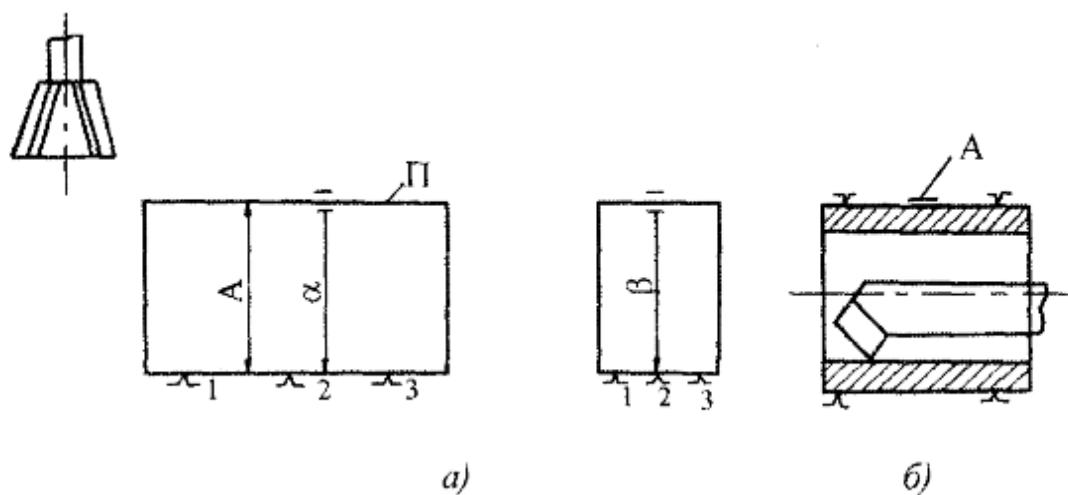


Рис. 2.31 Обробка заготовок при використанні однієї бази:

а – фрезерування; б – точіння

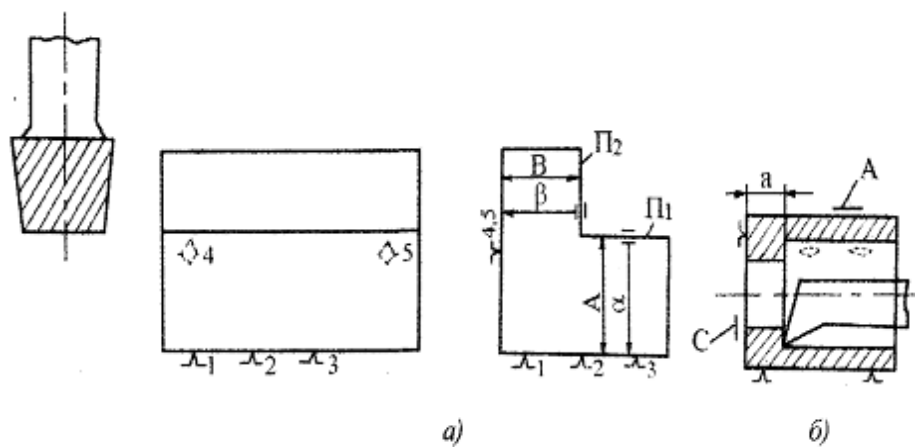


Рис. 2.32 Обробка заготовок при використанні двох баз:

а – фрезерування; б – точіння

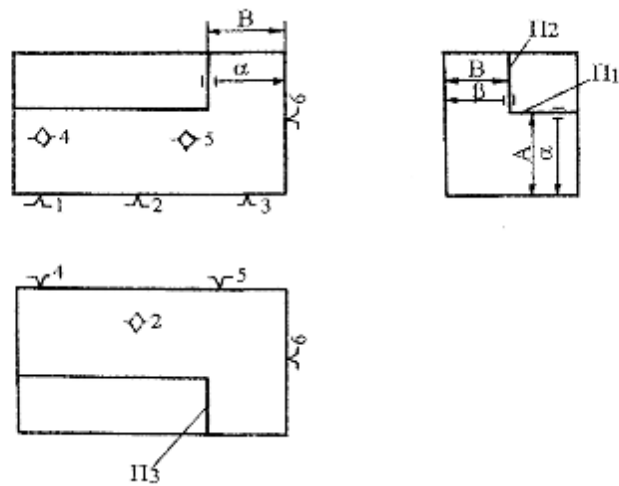


Рис. 2.33 Обробка заготовок при використанні трьох баз

б) настроювальні – це поверхні заготовки, по відношенню до яких орієнтуються інші між собою оброблювані поверхні, і які зв'язані безпосередніми розмірами і створюються при одному установленні.

Настроювальна база звичайно пов'язана безпосереднім розміром з опорною базою заготовки, яка є технологічною базою для отримання лінійних розмірів тільки при обробці самої настроювальної бази (рис. 2.34).

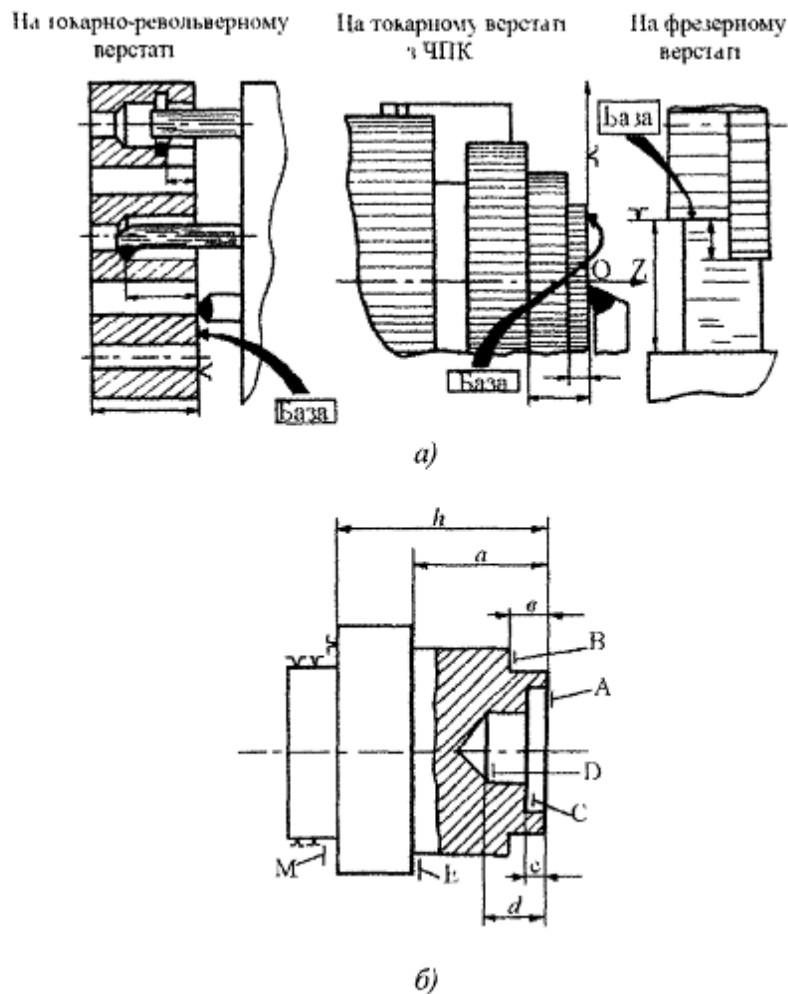


Рис. 2.34 Настроювальні бази (а) та використання настрою вальної бази А при обробці заготовки на револьверному верстаті (б)

Настроювальна база є ТБ для обробки всіх решти поверхонь. Настроювальних баз може бути декілька, як в одному напрямку, так і різних.

Переваги застосування НБ:

1) створюється можливість безпосередньої простановки розмірів між поверхнями взаємне розташування яких важливо для готового виробу (це коли маємо декілька НБ в одному напрямку);

2) значно розширюються можливості простановки розмірів на кресленнях заготовки, оскільки дозволяє установлювати розміри без підвищення їх точності не тільки від опорних поверхонь, але й від вимірювальних баз, які можна використати як настроювальні.

3) сприяють спрощенню конструкції пристроїв, концентрації операцій

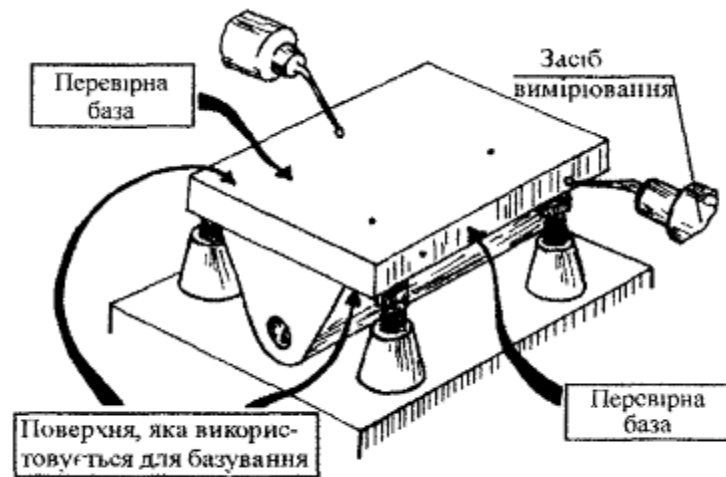
ТП та скороченню загальної кількості операцій;

4) дають можливість провадити вимірювання безпосередньо на верстаті.

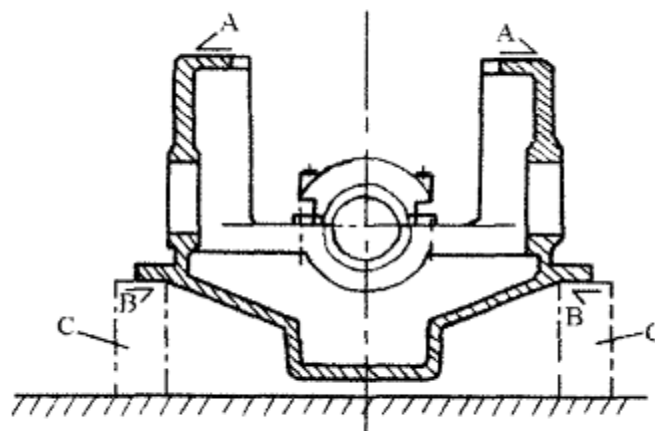
5) Скорочується кількість установок деталей що веде до підвищення точності обробки.

Особливо яскраво виявляються переваги НБ при використанні автоматів, багаторізцевих верстатів, верстатів з копіювальними пристосуваннями, верстатів з ЧПК та ОЦ, які потребують створення концентрованих операцій.

в) перевіркові ТБ- це поверхня, лінія або точка заготовки чи деталі, по відношенню до яких проводиться вивірка положення заготовки на верстаті або установлення РІ при обробці заготовки, а також вивірка положення інших деталей чи СО при складанні виробу. (рис. 2.35) (малосерійне виробництво та важке машинобудування). Ця база може бути матеріальною або умовною, яка матеріалізується за допомогою оптичних коліматорів та інших пристосувань.



а)



б)

Рис. 2.35 Перевірні бази (а) та використання перевірної бази при розточуванні фундаментальної рами двигуна (б)

У якості ТБ можуть використовуватись реальні поверхні деталі або штучні рис. 2.29; 2.30.

Вимірювальна база (ВБ - це база деталі або СО, від якої виконується відлік виконуваних розмірів при обробці або складанні виробу чи перевірка відносного розташування поверхонь деталі чи елементів виробу (рис. 2.28). Звичайно ВБ збігається з КБ. ВБ може бути реальною поверхнею або умовною, яку треба матеріалізувати (штирі, пальці, валики, струна, тощо).

Б – за позбавленими ступенями свободи – установча, напрямна, опорна, подвійна напрямна, подвійна опорна.

Кількість ступенів свободи, що їх може відібрати у деталі база,

залежить від виду і розмірів її поверхні (табл.2.1).

Таблиця 2.1

Вид поверхні бази	Розміри бази	Кількість ступ. своб. що відбир.
Площина	велика	3
	вузька	2
	точкова	1
Циліндрична зовнішня (внутр)	Довга	4
	коротка	2
Конічна зовнішня (внутр)	Довга	5 або 4
	коротка	3 або 2

В – за характером проявлення бази поділяють на явні і приховані.

Явна база – база заготовки чи виробу у виді реальної поверхні, розмічального штриха або точки перетинання штрихів.

Прихована база – база заготовки або виробу у, вигляді уявної площини, осі або точки (площина симетрії, вісь, точки) (рис. 2.7)

Базування по площинах симетрії, лініях або точках їх перетину реалізується за допомогою центруючих пристроїв – рис. 2.7.

При використанні самоцентруючих пристроїв прихованою базою є вісь чи площина симетрії деталі, відносно якої переміщується з однаковою швидкістю центруючі елементи пристрою. (рис. 2.7).

Для надання положення тілу з використанням його площини симетрії або осей поверхонь зв'язки повинні бути накладені безпосередньо на площини симетрії, лінії або точки перетину.

Використання прихованих баз розглянемо на прикладі – рис. 2.36 а.

Координатні площини корпусу 2 (XOZ та YOZ – приховані бази, отже, маємо три бази (третя – це площина торця корпусу).

Теж саме треба зробити і з кришкою 1. Суміщуючі прийняті бази корпусу і кришки можна просвердлити отвори, які будуть збігатись навіть якщо свердлити отвори в корпусі і кришці будемо окремо.

Приховані бази можна матеріалізувати, як приклад – це надано на рис.

2.36б (за рахунок точок а,б,с на приливах створено реальні бази).

Найменування баз може бути повним, наприклад: " призначення, позб. ступ. – своб., хар-р проявлення" – [основна установча явна] с неповним, наприклад: " основна база", технологічна напрямна база".

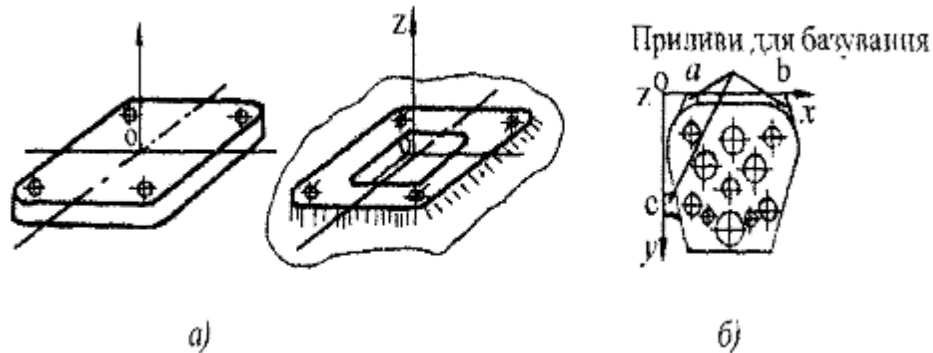


Рис. 2.36 Використання прихованих баз (а); матеріалізація (б) прихованих баз

4. Повне, неповне базування. Визначеність, невизначеність базування

Повне і неповне базування

Повне базування – тобто позбавлення заготовки шести ступенів свободи потрібно коли розміри витримуються у напрямку 3-х координатних осей, тобто заготовку не можна змістити в якийсь бік не порушивши при цьому задане відносне положення заготовки та РІ.

Коли треба витримати розміри тільки в одному напрямку, достатньо позбавити заготовку 3 –х ступенів свободи (для призмат-х деталей) і 4-х ступенів свободи (для цил-х), тобто достатньо мати, відповідно установчу базу та подвійну напрямну.

Коли треба витримати розміри у напрямку двох координатних осей, то призматичне тіло повинно бути позбавлено 4 або 5 ступенів свободи, циліндричне – 5. Розглянути приклади – рис. 2.31 ÷ 2.33; 2.37.

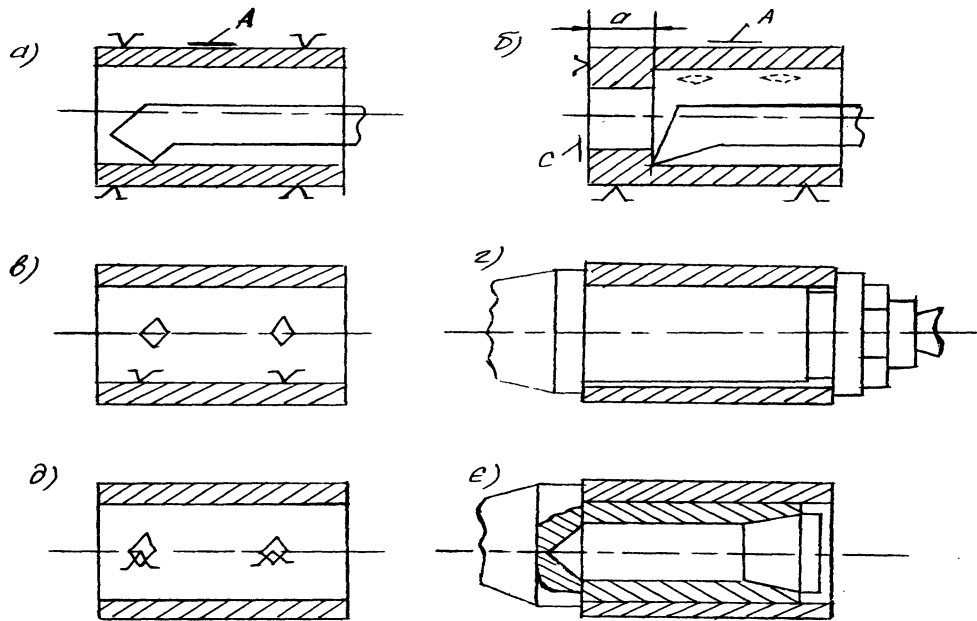


Рис. 2.37 Приклади неповного базування

Визначеність та невизначеність базування

Під визначеністю базування (ВБ) розуміють незмінність положення деталі у вибраній системі координат під час роботи в машині, у процесі виготовлення або вимірювання.

ВБ – забезпечується затискними зусиллями W чи моментами сил тертя MT , які повинні бути більшими $P_{різ}$ та M_p і прикладені раніше них.

Виконання цих умов забезпечить виконання деталлю свого СП, та точність в процесі її обробки.

Під невизначеністю базування деталі розуміється поодинокі або багаторазова зміна потрібного положення деталі відносно вибраної системи координат.

Невизначеність базування завжди породжує додаткову похибку відносного положення або руху деталі. Це небажане явище, його треба запобігати. приклади: рис.2.38 ч 2.43.

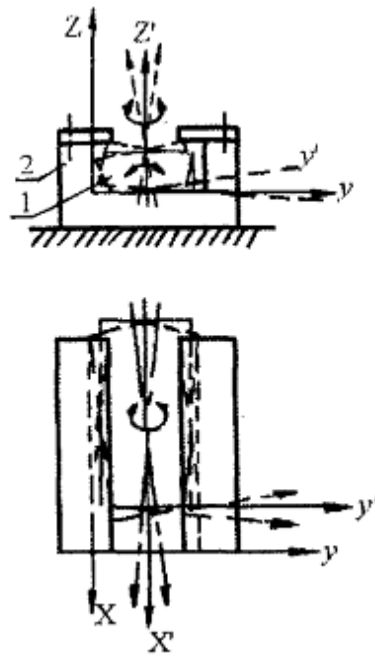


Рис. 2.38 Невизначеність базування повзуна: 1-повзун; 2-напрямна

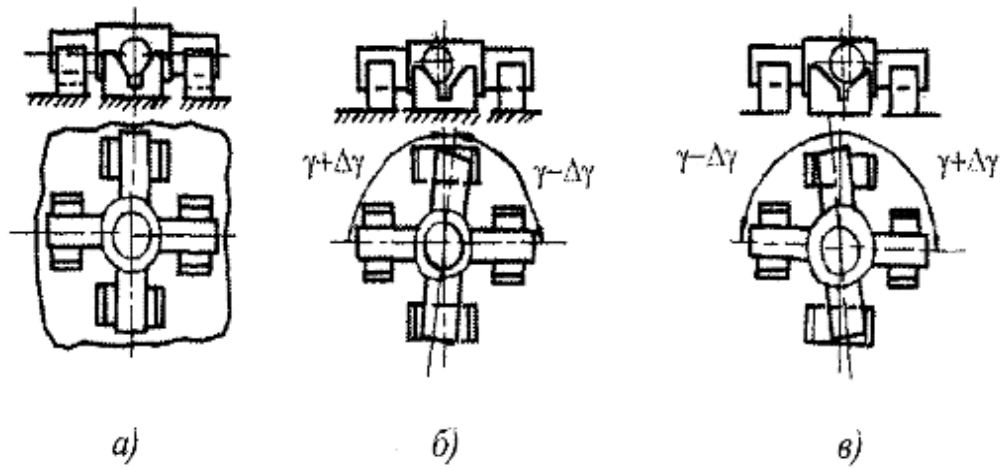


Рис. 2.39 Схема встановлення хрестовини на чотири призми (а) і невизначеність базування при цьому (б, в)

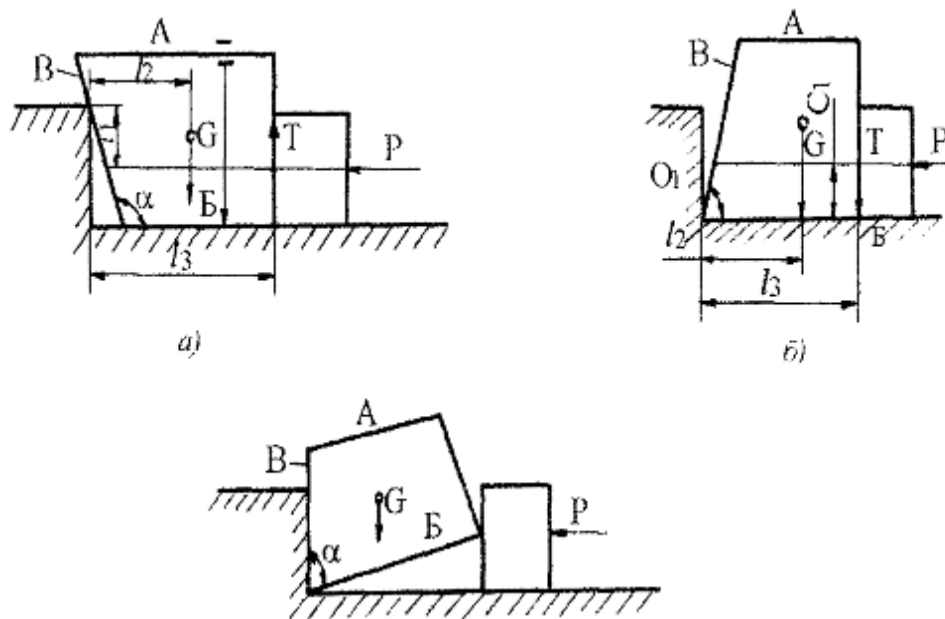


Рис. 2.40 Схема встановлення та закріплення деталі в лещатах

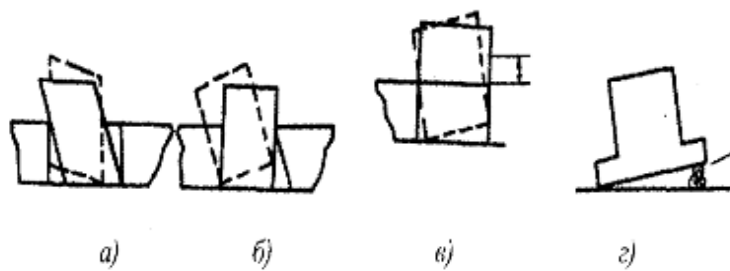


Рис. 2.41 Неорганізована зміна баз з різних причин: а-похибки геометричної форми заготовки; б-неправильне розташування і похибки встановлювальних елементів; в-неправильне прикладання і послідовність прикладання затискних сил; г-недостатня кваліфікація працюючого

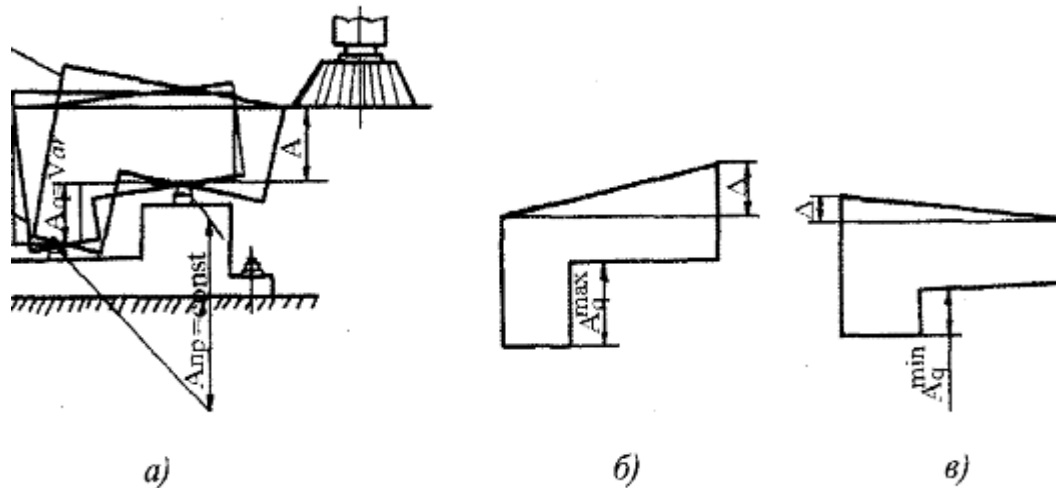


Рис. 2.42 Невизначеність базування заготовки при обробці та її вплив на точність обробки

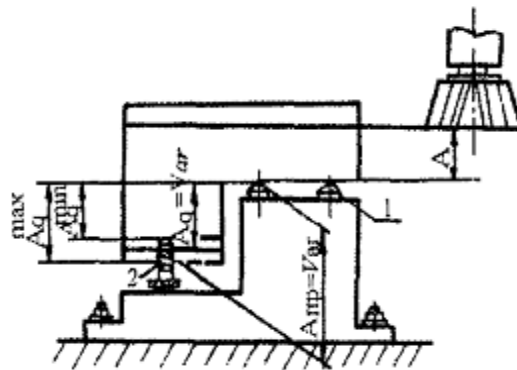


Рис. 2.43 Забезпечення визначеності базування за рахунок використання регульованої опори у пристосуванні: 1 – нерухомі опори; 2 – регульована опора

5. Базуюча роль напрямних затискачів

Звичайні "вільні" затискачі (прихвати), ексцентрики, гвинти, тощо забезпечують нерухомість заготовки і не беруть участі в її базуванні.

"Невільні" затискачі, тобто ті, що здійснюють цілком певний і точно спрямований рух, беруть участь у базуванні заготовки, тобто позбавляють її певного числа ступенів свободи.

Розглянемо рис. 2.44

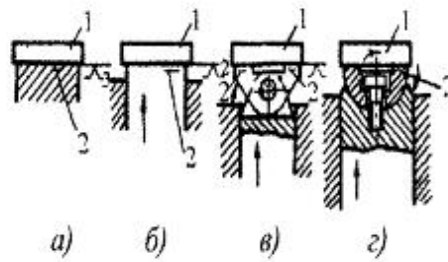


Рис.2.44 Закріплення призматичної заготовки 1 направленими затисками

а) заготовка розміщується на нерухомій базовій площині 2, вона позбавляється 3-х ступенів свободи: Z – перем; X,Y – обертання;

б) базуюча площина 2 має можливість переміщуватись по напрямним уздовж осі Z, заготовка при цьому позбавляється тільки двох ступенів свободи: X,Y – оберт;

в) якщо базуючу площину 2 розмістити на гойдальці (вісь // Y), то заготовка буде позбавлена тільки одного ступеня свободи: X – обертання;

г) при заміні гойдалки сферичною опорою, затискач не накладає на заготовку ніяких додаткових зв'язків і функціонує як вільний затискач.

$$n = m - k \quad (2.1)$$

n - число ступенів свободи, що позбавляє заготовку направленим затискачем;

m - число опорних точок робочої поверхні контакту затискача;

k – число ступенів свободи робочої поверхні затискача.

За допомогою направлених затискачів може бути досягнуто центрування положення заготовок в пристроях.

Розглянемо це на прикладі – рис. 2.45

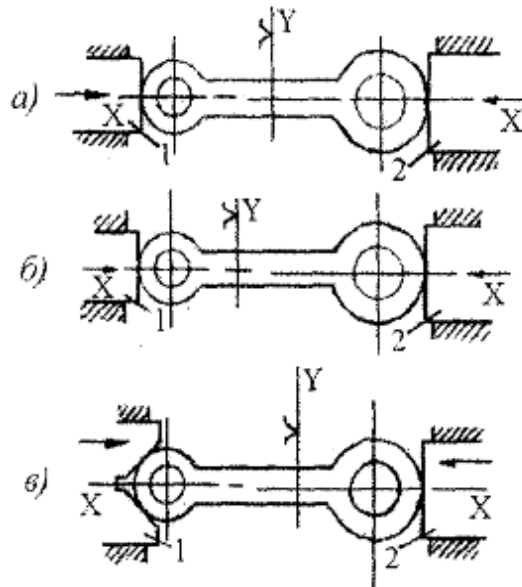


Рис. 2.45 Закріплення заготовки при зустрічному русі двох направлених точкових затискачів

а) у відповідності з ф(2.1) при окремому русі затискачів кожен з них не накладає на заготовку додаткових позиційних зв'язків [$m-k=n$, тобто $1-1=0$; $0=0$], проте у сукупності вони створюють двосторонній зв'язок і позбавляють заготовку одного ступеня свободи у напрямку свого переміщення X .

$$[m-k=n; 2-1=1; 1=1]$$

При однаковій швидкості зустрічного руху затискачів і однаковій форми затискних поверхонь точка прикладання цього зв'язку розташовується на перетинанні траєкторії руху затискачів по осі X з площиною симетрії Y , яка може вважатися у цьому випадку умовного (прихованого) базою і на якій проставляється символічне позначення зв'язку, що накладається.

При цьому здійснюється одноступеневе центрування заготовки, при якому одна її площина симетрії Y – суміщується з площиною симетрії, створеною установчими елементами пристрою.

Якщо швидкість руху затискачів неоднакова (рис. 2.45б), або при рівній швидкості затискачів один з них виконаний у виді призми (рис. 2.45в),

положення умовної бази зміщується із положення площини симетрії по довжині заготовки.

Рис. 2.46 – двоступеневе центрування, коли дві взаємно перпендикулярні площини симетрії заготовки суміщаються з двома взаємно перпендикулярними площинами симетрії, створеними установчими елементами пристрою, дві затискні призми рухаються з однаковою швидкістю назустріч одна одній.

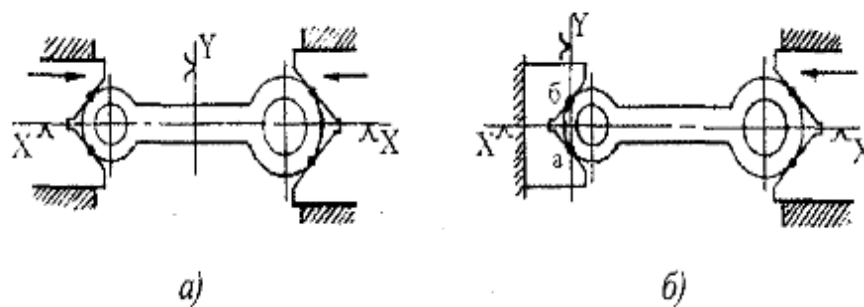


Рис. 2.46 Двоступеневе центрування заготовки при використанні призм

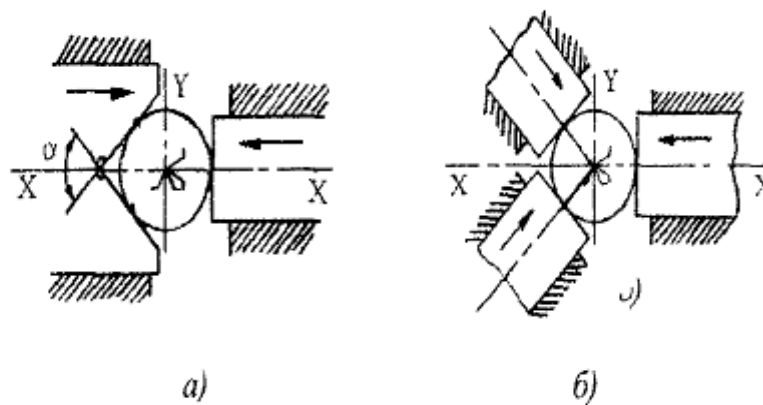


Рис. 2.47 Двоступеневе центрування заготовки при використанні призм двома повзунами

$$[m-k=n; 4-1=3]$$

У напрямку Y кожна призма позбавляє заготовку одного ступеня свободи, і обидві вони у сукупності позбавляють заготовку одного ступеня

свободи у напрямку осі X з накладанням зв'язків на умовну базу – площину симетрії Y

Таким чином, самоцентруючі затискачі позбавляють заготовку трьох ступенів свободи.

Рис. 2.46б – якщо одна з призм є нерухомою, то положення умовної бази зміщується на лінію точок а і б, (точки контакта призми з заготовкою).

Рис. 2.47а – двоступеневе центрування заготовок типу «диска», при цьому повинно бути додержано умову:

$$v_{\text{призми}} = \frac{v_{\text{плоского затискача}}}{\sin \alpha} \quad 12$$

Рис. 2.47б – призму замінено двома повзунами (схема трикулачкового патрона), двоступеневе центрування.

У всіх розглянутих випадках базування (рис. 2.44 – 2.47б) фактична орієнтація (базування) заготовок здійснюється по матеріальних поверхнях заготовок і затискачів, забезпечуючи потрібне при даних операціях розташування в пристроях осьових ліній, площини симетрії та інших умовних (прихованих) баз.

Тому, точно кажучи, в цих випадках приховані бази не є базами в правильному розумінні цього слова, оскільки вони нічого не базують, а тільки допомагають створенню конструкції пристроїв, потрібної для розв'язання технологічних задач.

6. Установлення заготовок в пристроях

При установленні заготовок в пристроях треба розв'язати дві задачі.

Перша задача – забезпечити правильне положення заготовки по відношенню до пристосувань верстата, які визначають траєкторію руху подачі оброблювального інструмента.

Друга задача – забезпечити постійність контакта баз з опорними точками і повну нерухомість заготовки відносно пристрою в процесі її обробки.

Перша задача - розв'язується технологом при побудові теоретичної схеми базування.

При проектуванні пристрою конструктор по оснащенню повинен передбачити створення і розташування опор для базування заготовки в точній відповідності зі схемою базування, створеною технологом.

При оформленні робочої ТД для спрощення і скорочення роботи технолога рекомендується замість теоретичних схем базування наносити на операційні ескізи умовні позначення опор, затискачів і установчих пристосувань, які матеріалізують в реальних пристроях ідеальні опорні точки (див.- Додаток 9.10-12).

Допускається на виді збоку також умовне позначення v_2 замість v , v_1 і т.д. На виді зверху знаки \diamond розміщують у відповідності з розташуванням опор.

Друга задача - розв'язується при конструюванні пристрою створенням необхідних затискних пристосувань.

У всіх випадках закріплена заготовка повинна бути позбавлена всіх шести ступенів свободи (тут створюються фрикційні зв'язки).

На рис. 2.48в показано приклад відповідної формалізації конструкторського рішення установлення й базування з використанням умовних позначень згідно з додатками 9.10 – 9.12.

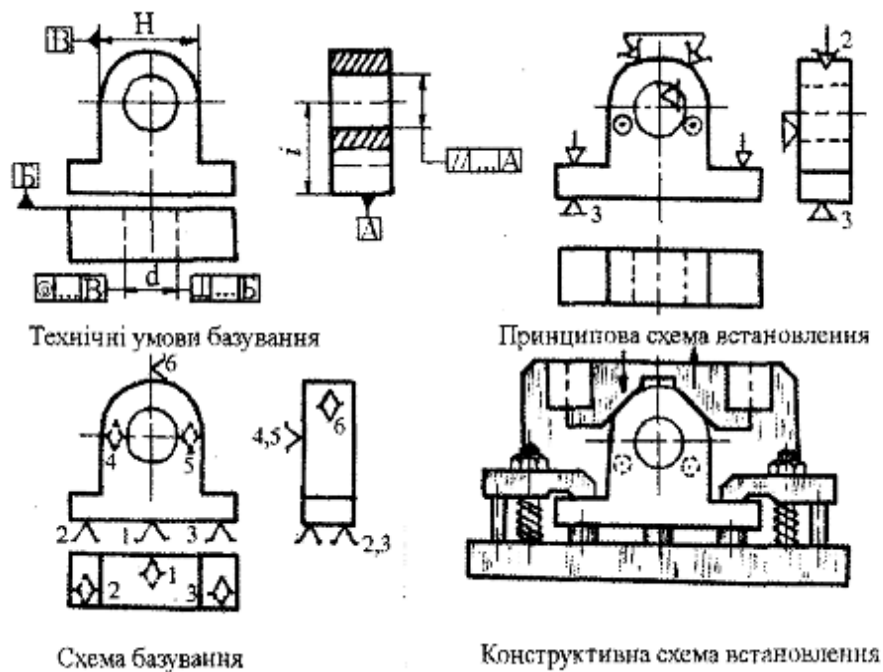


Рис. 2.48 Приклад формалізації конструкторського рішення встановлення і базування з використанням умовних позначень

Похибки встановлення заготовок у пристроях

Вище було відмічено, що процес встановлення заготовок в пристроях чи на верстаті складається з їх базування та закріплення, тобто похибка встановлення може бути виражена.

$$\varepsilon_y = 1,2\sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2} \text{ або } \varepsilon_y = 1,2\sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{viv}^2}$$

ε_y – відхилення фактичного положення заготовки від потрібного;

ε_{δ} - теж ж саме, при базуванні; (її визначення буде далі);

ε_3 - теж саме, при закріпленні;

$\varepsilon_3 = (y_{\max} - y_{\min}) \cos \alpha$; y – контактна деформація;

$$y = Cq^m$$

C – коефіцієнт що залежить від матеріалу та якості поверхні;

q – питомий тиск в місцях контакту;

m – показник ступеня (визначається експериментально);

α - кут між напрямком розміру і напрямком прикладеної сили затиску;

ε_{np} - похибка пристрою (її визначення наведено в курсі «Технологічна оснастка»);

$\varepsilon_{вив}$ - похибка вивірки установлення пристрою.

Причини що викликають ε_y

1. Тіла базування (заготовки) не абсолютно тверді, вони деформуються при прикладанні до них певних сил, а це відхилення (ε_z).

2. Поверхні – бази не є ідеальними, похибка форми викликає відхилення – (ε_{δ}).

3. Зазори в сполученнях (ε_{δ}).

4. Відхилення кутового і лінійного положень поверхні і лінії, що виконують функції базових площин і осей (ε_{δ}).

5. Незбігання ТБ і ВБ (ε_{δ}).

Відомо, що базування визначається певними розмірними зв'язками, тобто утвореними РЛ. З причин наведених вище видно, що зв'язки не є постійними, вони змінюються, а звідси висновок, що визначення конкретних величин ε_{δ} , ε_z , ε_{np} , (а значить і ε_y) треба шукати в розв'язанні певних ТРЛ.

Шляхи зменшення складових похибок:

\mathcal{E}_6 - дотримання принципу суміщення баз;

\mathcal{E}_3 : 1) постійність W ;

2) сила $W \perp$ розміру;

3) правильний вибір точок приклад W ;

4) дотримання послідовності приклад. сил;

5) застосування особливих заходів при обробці нежорстких та тонкосних деталей.

$\mathcal{E}_{пр}$: 1) обґрунтоване призначення допусків на розташування опорних поверхонь установчих елементів;

2) дотримання потрібної точності при виготовленні пристроїв;

3) періодичний контроль точності пристроїв та своєчасна заміна зношених елементів;

$\mathcal{E}_{вив}$ 1) правильний вибір засобів і методів вивірки;

2) підвищення точності вимірювальних засобів;

3) підвищення кваліфікації наладчиків.

У зв'язку з розрахунком очікуваної точності обробки інженеру – технологу необхідно вирішувати такі задачі:

- визначення похибки базування від прийнятої схеми встановлення заготовки у пристосування або вибір схеми встановлення, що забезпечує мінімальну похибку базування (задачі 4.1 – 4.14 і 4.22 – 4.32); [3]

- визначення похибки закріплення залежно від зміни сил затискання, неоднорідності шорсткості та хвилястості поверхонь заготовок, спрацювання установлювальних елементів пристосувань (задачі 4.15 – 4.18);[3]

- визначення похибки, зумовленої спрацюванням установлювальних елементів пристосувань (задачі 4.19 – 4.21); [3]

- визначення виконуваних розмірів установчих і напрямних елементів,

які забезпечують задану точність обробки та можливість установаження заготовок (задачі 4.33 – 4.50).[3]

При розрахунку похибки базування ε_{δ} необхідно використовувати універсальні розрахункові модулі, наведені в навчальному посібнику [ПТО - Боровик].

Для визначення похибок закріплення ε_z усі необхідні дані можна взяти з посібнику [9, с. 528-533].

Точність пристосувань є найважливішим чинником, який забезпечує точність виготовлення деталей. Нове пристосування має визначений запас точності, проте в процесі експлуатації спрацьовуються його установні та напрямні елементи, пристрій втрачає здатність забезпечити необхідну точність. З метою проведення його ремонту, необхідно вміти визначати міжремонтний період роботи пристосування.

Лінійний знос установних елементів пристрою (опор) «і» визначає похибка ε_i ($\varepsilon_i=i$ – для опор, $\varepsilon_i = \frac{i}{\sin \alpha / 2}$ – для призм, де α - кут призми). Розмір «і» визначається за рівнянням:

$$i = \frac{N \cdot K_y (1 + 0,003 \cdot L) \cdot 0,79 \cdot t_m}{m - m_1 P_1 - m_2 \frac{0,1 \cdot Q}{F \cdot HV}} \quad (2.4)$$

де N – кількість встановлюваних заготовок;

P_1 - критерій зносостійкості [9, с. 535, табл. 18];

Q – навантаження на опору, Н;

F - площа контакту опори з базовою поверхнею заготовки, мм^2 [9, с. 537, табл. 19]

HV- твердість матеріалу опори за Віккерсом ($HV \approx 11,6$ (HRC_e)),

рекомендації щодо вибору твердості наведені в [9, с. 535, табл. 17]

L – довжина шляху ковзання заготовки по опорах при досиланні її до упора, мм (визначається за умовами експлуатації пристосування);

t_m – машинний час обробки заготовки в пристосуванні, хв.;

K_y – коефіцієнт, який враховує умови обробки [9, с. 537, табл. 20]

m, m_1, m_2 – коефіцієнти [9, с. 534, табл. 15]

Міжремонтний період Π_k , який визначає необхідність заміни або відновлення елементів пристосування, визначається за рівняннями:

$$\Pi_k = \frac{12k[N]}{N_p} \quad (\text{місяців}), \quad (2.5)$$

де N_p – річна програма випуску деталей;

k – коефіцієнт запасу, що враховує нестабільність зносу установчих елементів ($k=0,80\dots0,85$);

$[N]$ – допустима кількість установок до граничного зносу установлюваних елементів, визначається за рівнянням (2.4).

Допустима величина зносу $[i]$ визначається допустимою похибкою

$$[i] = \begin{cases} [i] \pm [i] & \text{для опор} \\ [i] \pm \frac{[i]}{\sin \alpha/2} & \text{для призм} \end{cases}.$$

Величину $[i]$ можна визначити як:

$$[i] = TH - \omega - \sqrt{\epsilon_{\sigma}^2 + \epsilon_{30}^2} - \epsilon_{3k} \quad (2.6)$$

Для виконання операцій механічної обробки на металорізальних

верстатах найчастіше застосовується схема встановлення заготовок, за якою комплекс технологічних баз складається з плоскої поверхні (поверхонь) та отвору або площини і зовнішньої циліндричної поверхні. При цьому базування заготовок здійснюється за допомогою опорних пластин (штирів), установних пальців (циліндричних і зрізаних), центрувальних втулок із гарантованим зазором (у випадку циліндричних оправок – із гарантованим зазором або натягом [10, с. 40-48]).

Установні пальці для встановлення заготовок із гарантованим зазором виготовляються з полями допусків g5; g6; f6; f7; e7, центрувальні втулки – G5; G6; G7; F7, а циліндричні оправки для встановлення заготовок із натягом виготовляються з полями допусків валів n, p, r, s, t 5-го та 6-го квалітетів. Проте, для кожного конкретного випадку поле допуску на виконувани розміри встановних елементів визначається розрахунком з умови забезпечення нерухомості заготовки або можливості встановлення заготовок і забезпечення заданої точності розмірів за рівнянням $T_H = \varepsilon_y + \Delta_m$

Допуски на діаметри отворів кондукторних втулок призначають залежно від розмірів різального інструмента і точності обробки отворів [9, с. 563-565, табл.37, 38]. Відхилення відраховують від найбільшого граничного розміру інструмента.

7. Основні принципи призначення технологічних баз

Вихідні дані для призначення ТБ:

- креслення деталі (СО);
- умови виробництва – програма випуску, стан обладнання, оснащеність виробництва, кваліфікація робітників.

В основі методики вибору ТБ лежать два принципи: суміщення (єдності) та сталості баз.

Принцип суміщення баз

Цей принцип полягає в тому, що при призначенні ТБ для формоутворення окремих поверхонь, чи складання у якості ТБ слід приймати поверхні, які одночасно є КБ та ВБ (див. рис. 2.49).

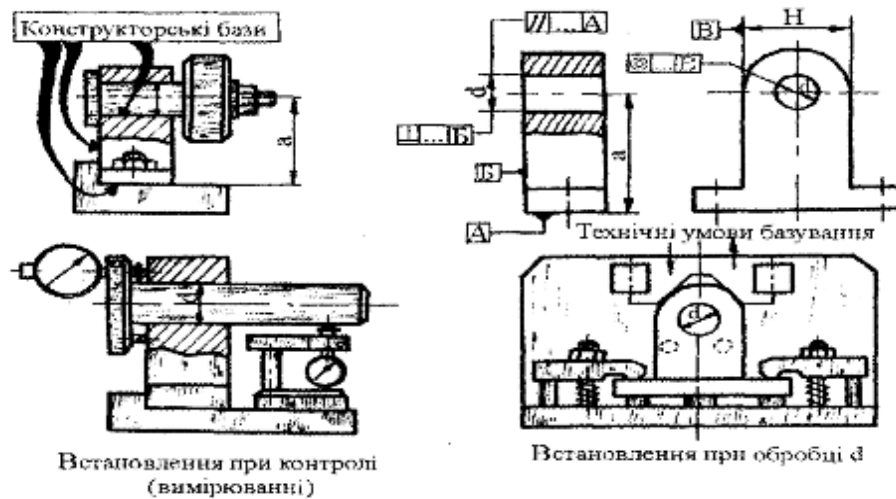


Рис. 2.49 Принцип суміщення (єдності баз)

При використанні цього принципу точність не залежить від розмірів, отриманих при виконанні попередніх операцій. Тут здійснюється обробка за розмірами, що визначають координати положення поверхонь і проставленими в робочому кресленні з використанням всього поля допуску на розмір, нормованого конструктором.

Проте, цей принцип може вимагати складної оснастки, а в деяких випадках через різну координацію поверхонь взагалі не може бути використаним.

В такому разі доводиться проводити заміну баз, а це вимагає необхідності заміни розмірів, проставлених в робочих кресленнях від КБ, більш зручними для обробки технологічними розмірами, проставленими безпосередньо від ТБ. Це призводить до створення ТРЛ і до необхідності зменшення допусків на деякі конструкторські розміри, а отже, і до подорожчання процесу обробки та зниженню його продуктивності.

Приклад

При обробці паза на глибину $10h14$ ($10 \text{ мм} +0,36$) для спрощення

конструкції пристрою зручно встановити заготовку на нижню поверхню В (рис. 2.50г). В даному випадку порушується принцип суміщення баз, оскільки для паза 10h14 ТБ (В) не збігається з ВБ (КБ), тобто маємо зміну баз і відповідно викладеного вище треба виконати відповідні розрахунки, а саме – перевірити додержання двох умов

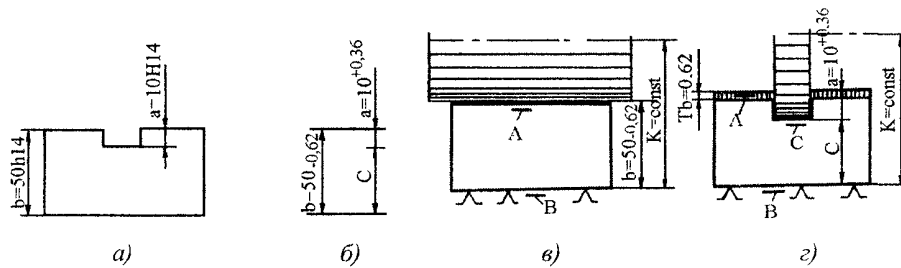


Рис. 2.50 Приклад до принципу суміщення баз

Умова 1. Допуск безпосередньо не витриманого конструкторського розміру повинен бути більше суми похибок базування і похибки обробки, тобто

$$T_a \geq \epsilon_b + \Delta_m = T_b + \Delta_m$$

$$T_a = 0,36 \text{ мм}; \quad T_b = 0,62 \text{ мм};$$

$$0,36 \geq 0,62 + \Delta_m - \text{умова не витримується}$$

Якщо ця умова не витримується, то поверхня „В” не може використовуватись як ТБ.

В цьому випадку необхідно:

- підвищити точність методу на операції, де отримується розмір „В” (зменшити T_b).

Це зменшення повинно бути:

- по-перше – в полі допуску заданого конструктором;

- по-друге, щоб T_v і T_c можна було витримати прийнятим методом обробки (в даному разі – фрезерування на Г /фр-му верстаті;
 $\Delta_m \approx 0,12\text{мм}$

Приймаємо $T_v = 0,16\text{мм}$; $v = 50\text{м/хв}$;

Тоді $T_a = 0,36\text{мм} > 0,16 + 0,12 = 0,28\text{мм}$ - умова виконується.

Умова 2. Необхідно виявити і розв'язати ТРЛ з метою визначення номіналу і відхилення розміру С що допускається. Якщо виявиться, що

$T_c > \Delta_m$, то метод може

забезпечити потрібну точність. Якщо ні – необхідно підвищити точність методу (зменшити Δ_m).

В ТРЛ (рис. 4.50в) замикальною ланкою є конструкторський розмір, що в даному разі безпосередньо від ТБ не одержується, в нашому випадку це розмір „а”.

$$a_{\Delta} = v + c; \quad c = v - a_{\Delta} = 50 - 10 = 40$$

$$T_a = T_v + T_c; \quad T_c = T_a - T_v = 0,36 - 0,16 = 0,20\text{мм}$$

$T_c > \Delta_m$ - умова виконується.

Якщо не можна забезпечити виконання двох умов, тоді треба працювати як показано на рис. 2.51а (обробка у пристрої), або рис. 2.51б (обробка набором фрез).

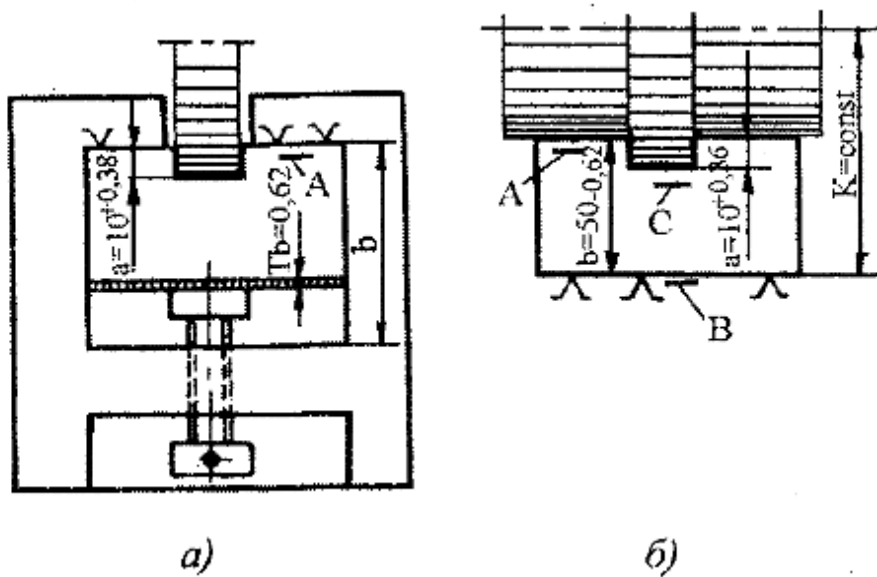


Рис. 2.51 Приклад до принципу суміщення баз

Принцип сталості баз

Принцип сталості баз полягає в тому, що при розробці ТП усі або більшість операцій необхідно обробляти від одних і тих самих баз.

Перевага – підвищується точність взаємного розташування поверхонь (див.приклад – рис. 2.52)

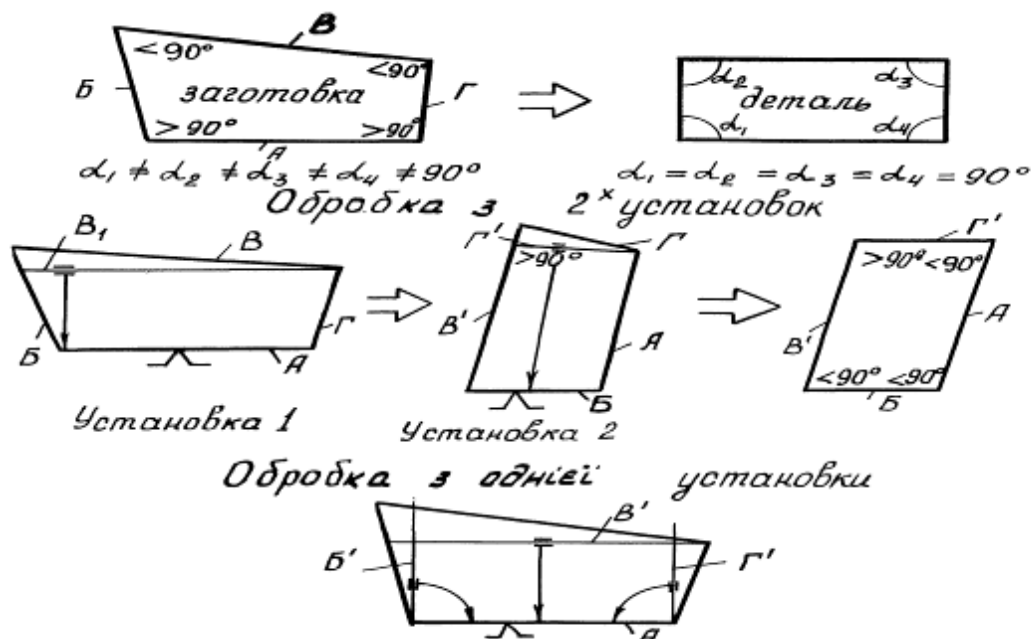


Рис. 2.52 Ілюстрація принципу постійності баз

При вузьких допусках на розміри розташування, перевагу слід

віддавати все ж принципу суміщення баз.

8. Зміна баз. Похибки базування

Під зміною баз розуміють заміну одних поверхонь деталей, заготовок або СО машини, які використовуються у якості баз, іншими.

Розрізняють організовану і неорганізовану зміну баз.

Під організованою зміною баз розуміють заміну, якою керують.

Неорганізована заміна баз відбувається випадково, або без керування цим явищем (приклад – див. – невизначеність базування).

Необхідність в організованій зміні баз виникає в таких випадках:

- а) неможливість обробки всіх поверхонь деталі з однієї установки;
- б) неможливість використання ВБ як технологічної, або коли для цього потрібні складні, незручні пристосування;
- в) коли виникає можливість досягти потрібну точність більш простим, зручним і економічним шляхом.

Однак, слід пам'ятати, що будь-який перехід з одних баз на інші збільшує накопичення похибок відносного розташування поверхонь, тому кожна заміна завжди зв'язана із заміною однієї ланки РЛ двома новими, тобто збільшенням кількості ланок.

При зміні баз треба перевірити умови (п 2.7) за якими нові бази можна використовувати.

Похибки базування

Похибка базування – це частина похибки обробки, яка утворюється тоді і тільки тоді, коли не виконується принципи суміщення баз, коли за ТБ прийнято не КБ (ВБ), а іншу поверхню.

Ця похибка розраховується шляхом геометричних побудов згідно конкретної схеми встановлення заготовки.

Для типових схем встановлення заготовок ця похибка надається у довідниках з ТМ у виді аналітичних залежностей.

Розглянемо на прикладах як ця похибка утворюється і як вона розраховується.

1. Встановлення заготовок на площину – розглянути рис. 2.53
($\varepsilon_{\delta} = T_A$).

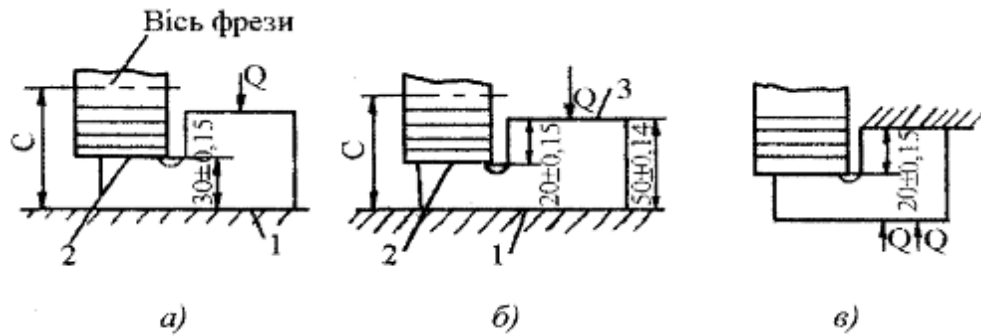


Рис. 2.53 Схеми для розрахунку похибки базування при встановленні заготовок на площину

2. Встановлення заготовки циліндричною зовнішньою поверхнею на призму – розглянути рис. 2.54 і табл. 2.2

$$\Delta h_1 = \varepsilon_{\delta} h_1; \quad \Delta h_2 = \varepsilon_{\delta} h_2; \quad \Delta h = \varepsilon_{\delta} h ;$$

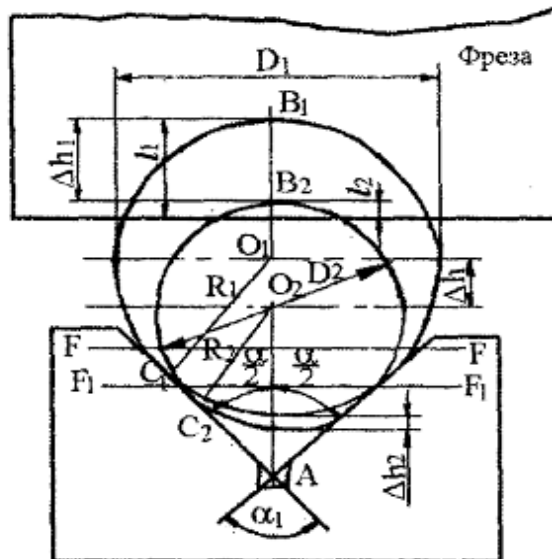


Рис. 2.54 Схема для визначення похибок базування валів при їх встановленні циліндричною поверхнею на призму

Таблиця 2.2

Номер схеми	Положення конструкторської бази	Значення коефіцієнта			
		Значення коефіцієнта К при куті призми			
		60°	90°	120°	180°
1		1,5	1,21	1,08	1,0
2		0,5	0,21	0,08	0
3		1,0	0,7	0,58	0,5

3. Встановлення заготовки в центрах – розглянути рис. 2.55ч 2.57.

$$\varepsilon_0 = \frac{Td}{2tg\alpha/2}$$

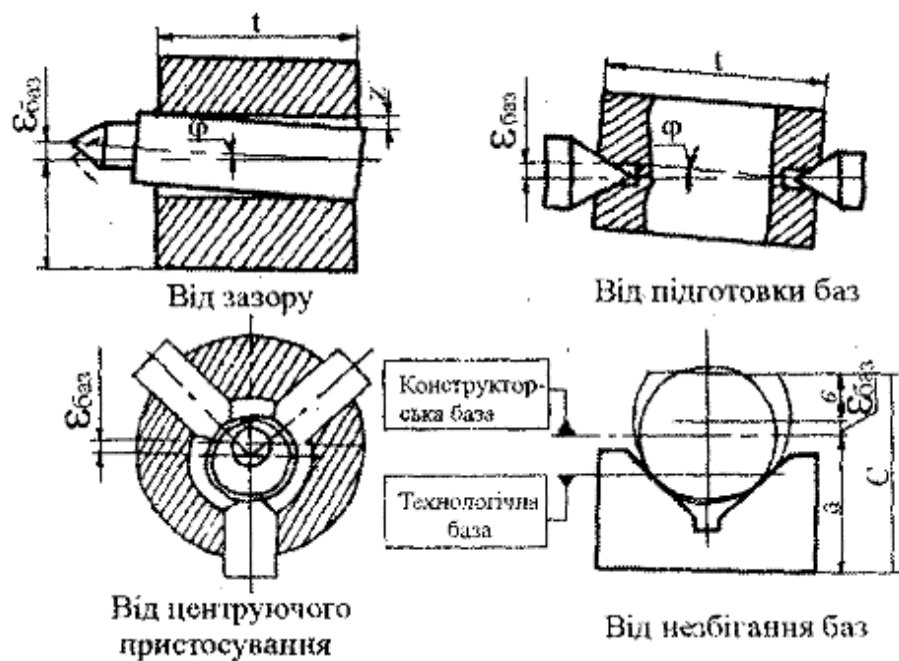


Рис.2.55 Похибки базування

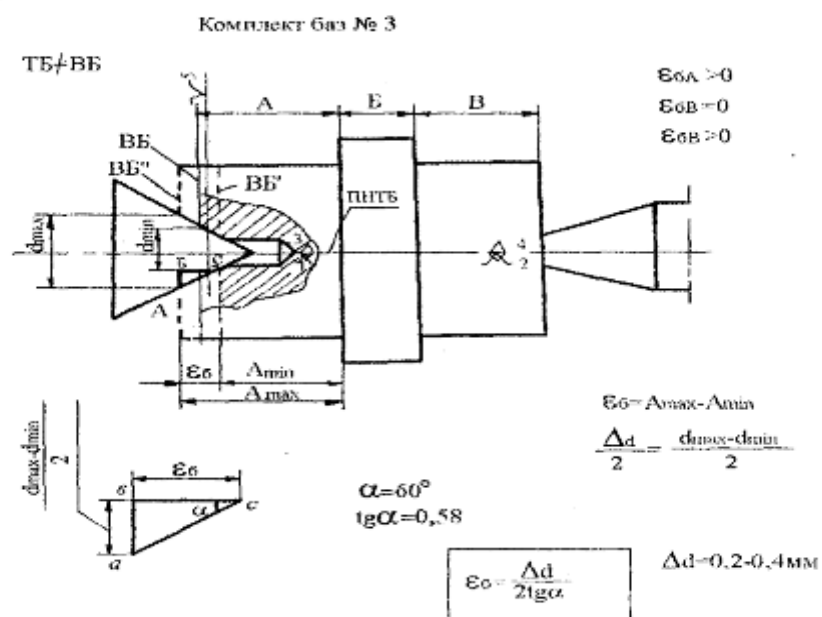


Рис. 2.56 Визначення похибки базування при витриманні лінійних розмірів при обробці вала в жорстких центрах

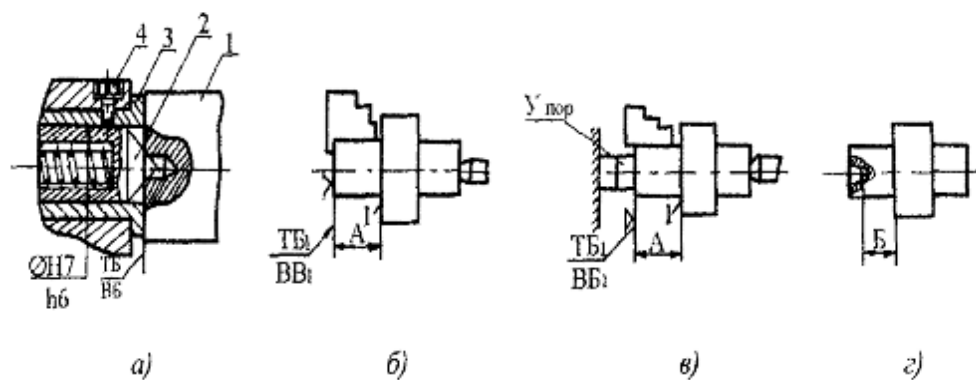


Рис. 2.57 Схеми встановлення вала, що виключають похибку базування в осьовому напрямку

4. Встановлення заготовки на площину та два отвори, що до неї перпендикулярні – розглянути рис. 2.58 ч 2.61.

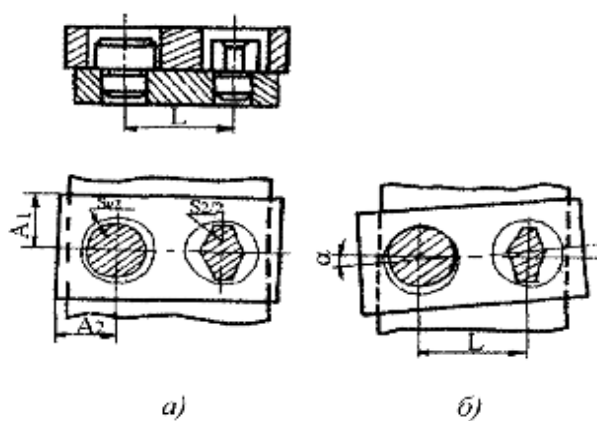


Рис.2.58 Схеми встановлення пластини на площину і два отвори

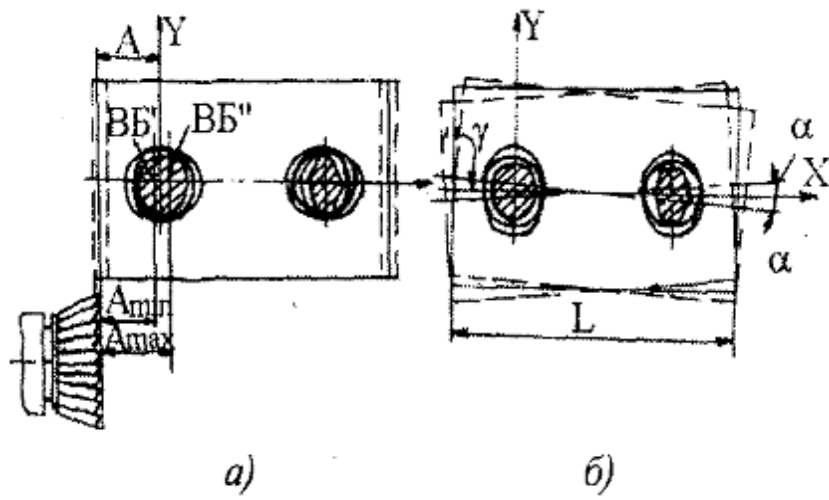


Рис.2 59 Схема виникнення похибки базування

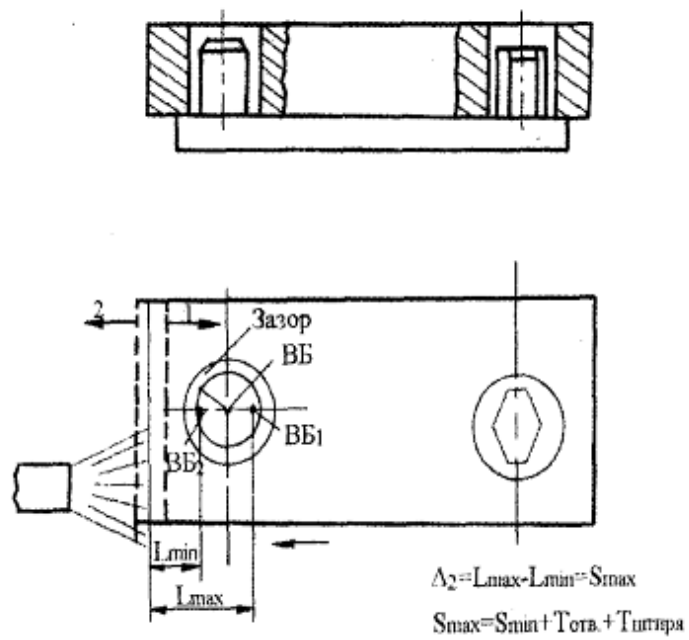


Рис. 2.60 Визначення похибки базування

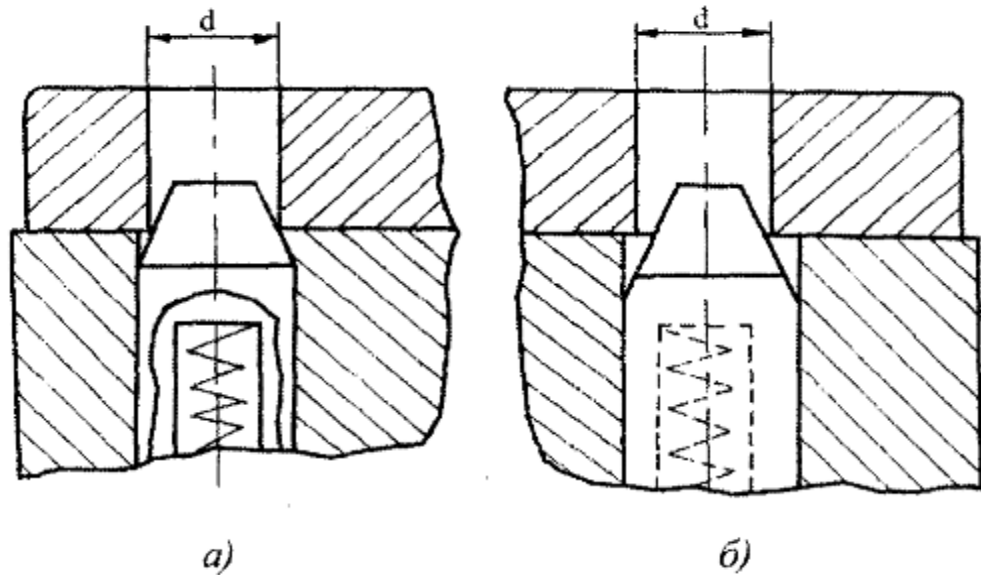


Рис. 2.61 Потопаючий штир: а) конічний;
б) конічний зрізаний

ε_{δ} виникає в наслідок:

а) зміщення в напрямку розмірів A_1, A_2

$$\varepsilon_{\delta A_1} = \varepsilon_{\delta A_2} = S_{\max}$$

б) перекосу в площині базування відносно осей пальців

$$\varepsilon_{\delta} = \frac{S_{1\max} + S_{2\max}}{2L} = \tan \alpha$$

5. Встановлення заготовки отвором на оправку - $\varepsilon_{\delta} = S_{\max}$

9. Правила розробки теоретичної схеми базування

Перш ніж вибрати і реалізувати ту чи іншу схему базування необхідно чітко сформулювати задачу, яка повинна бути розв'язана на операції що

розглядається, тобто задача повинна виступати в ролі причини, а схема – в ролі наслідку.

Теоретична схема базування розробляється як правило, виходячи з того, що Технологічною базою за кожною з координат повинна бути вимірювальна база.

Це положення називають принципом суміщення баз.

Виходячі з цього принципу можна сформулювати правила побудови теоретичних схем базування.

Правила

1. Сформулювати задачу, яку треба розв'язати в даній операції, при цьому встановити які параметри заготовки треба забезпечити і від яких поверхонь ці параметри задані.

2. Створити комплект баз з поверхонь від яких задано потрібні нам параметри.

3. Визначити у вибраному комплекті бази: установчу, напрямну, опорну (подвійну напрямну, подвійну опорну) за такими ознаками:

а) якщо параметри, які треба забезпечити, визначають відстані, то

- установча база – поверхня найбільша за площиною (реальна);

- напрямна база поверхня найбільша за довжиною (реальна або уявна);

- упорна база поверхня найменша за площиною (реальна або уявна).

б) якщо параметри, які треба забезпечити, визначають і повороти і відстані, то для забезпечення поворотів треба позбавити заготовку більшого числа ступенів свободи, тобто спочатку треба забезпечити повороти, потім відстані.

Треба також пам'ятати, що:

1) чим точнішими умовами зв'язана поверхня з ВБ, тим більшої кількості ступенів свободи остання повинна відібрати у заготовки чи деталі при базуванні;

2) для забезпечення паралельності оброблюваної поверхні та ТБ остання повинна відібрати, як мінімум, два ступеня свободи, тобто бути

напрямною базою;

3) для забезпечення \perp -ті –база повинна відібрати у заготовки три ступеня свободи, тобто бути установчою.

Розглянути: Рис. 2.62 - 2.64

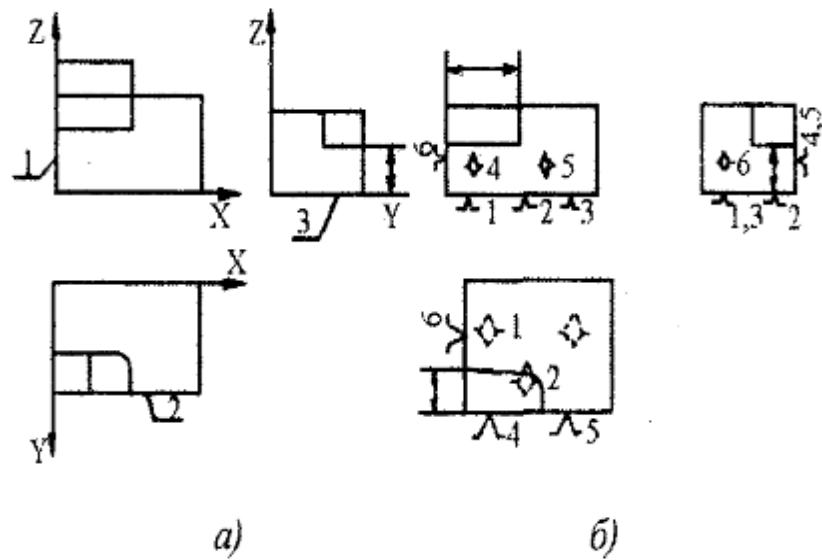


Рис. 2.62 Координація поверхонь уступу (а) і теоретична схема базування заготовки при обробці (б)

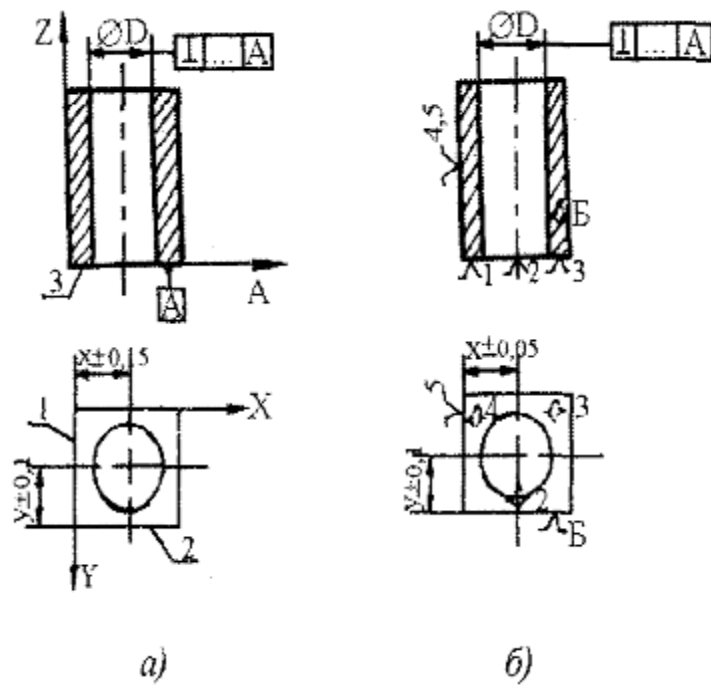


Рис. 2.63 Координація отвору (а) і теоретична схема базування заготовки при його обробці (б)

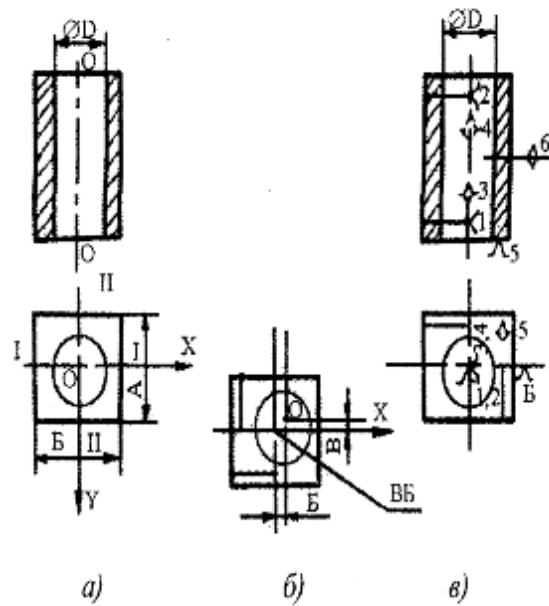


Рис. 2.64 До розробки теоретичної схеми базування з використанням умовних баз

10. Приклади побудови теоретичних схем базування та методів їх реалізації

Розглянути слайди:

Рис. 2.65 ÷ 2.74

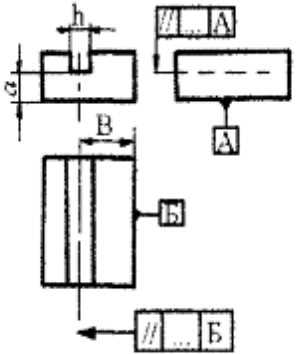
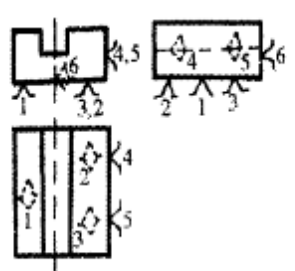
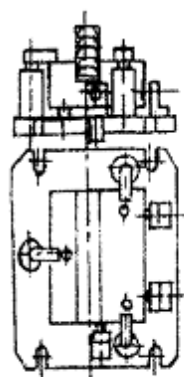
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При фрезеруванні паза шириною h витримати розміри a і B, паралельність осі паза відносно поверхні B, а для паза – відносно основи A</p> 		

Рис. 2.65 Базування призматичної деталі при фрезеруванні поздовжнього паза

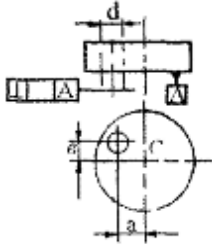
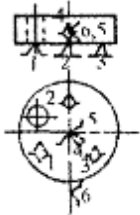
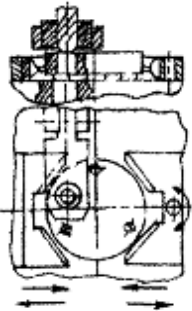
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці отвору d диска витримати розміри a і b та забезпечити перпендикулярність осі отвору d відносно поверхні A</p> 		

Рис. 2.66 Базування диска при свердлінні ексцентричного отвору

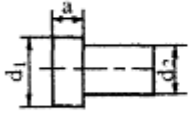
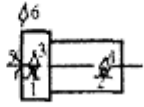
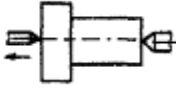
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці поверхонь діаметрами d_1 та d_2 забезпечити їх співвісність та витримати розмір a</p> 		

Рис. 2.67 Базування валика

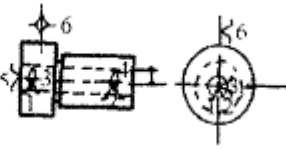
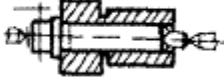
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці поверхонь діаметрами d_1 та d_2 забезпечити їх співвісність з отвором d та додержання розміру a</p> 		<p>Встановлення заготовки на циліндричній оправці з беззоровою (пресовою) посадкою</p> 

Рис. 2.68 Базування циліндричної деталі на оправці

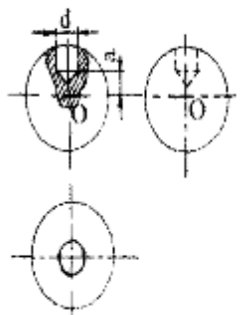
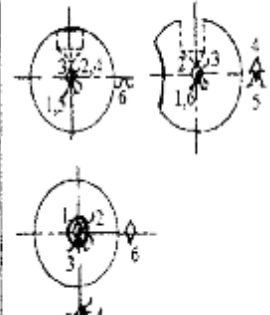
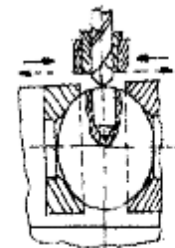
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При обробці отвору в кулі ви-тримати розмір Q та забезпечити проходження осі отвору через точку O – центр кулі</p> 		

Рис. 2.69 Базування кулі при свердлінні у ньому центрального отвору

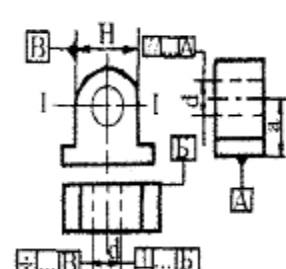
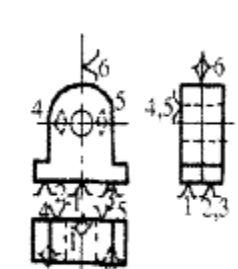
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>При розточуванні отвору d витримати розмір a, паралельність осі отвору до площини A, перпендикулярність осі отвору до площини B в перерізі $I-I$, симетричність отвору відносно зовнішнього контуру</p> 		

Рис. 2.70 Базування корпусу підшипника ковзання при розточуванні отвору

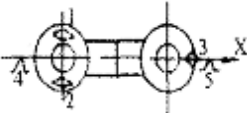
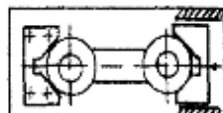
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>Обробити із застосуванням кондуктора отворів d_1 та d_2 у втулках важеля, забезпечивши виконання таких вимог:</p> <p>а) перпендикулярність осей отворів до площини А та симетричність отворів відносно загальної площини симетрії втулок важеля 5</p>		

Рис. 2.71 Базування важеля (варіант 1)

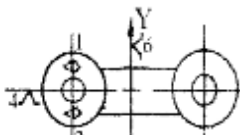
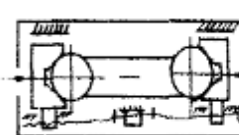
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
<p>б) перпендикулярність осей отворів до площини А та симетричність отворів відносно площин симетрії втулок X та Y</p>		

Рис. 2.72 Базування важеля (варіант 2)

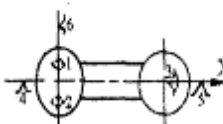
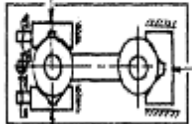
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
в) перпендикулярність осей отворів до площини А, симетричність отворів відносно площини симетрії втулок Х та співвісність отвору d_1 відносно зовнішньої поверхні втулки D_1		

Рис.2.73 Базування важеля (варіант 3)

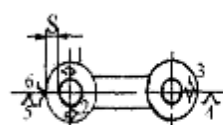
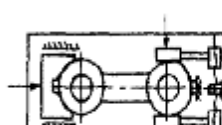
Задача	Теоретична схема базування	Приклад можливої реалізації теоретичної схеми базування
г) перпендикулярність осей отворів до площини А, симетричність отворів відносно площини симетрії втулок Х та постійність товщини S стінки лівої втулки		

Рис.2.74 Базування важеля (варіант 4)

Запитання для самоконтролю

1. Дайте визначення базування і бази при виготовленні деталей, складанні та ремонті машин?
2. На які теоретичні положення спирається теорія базування?
3. Дайте визначення схеми базування. Як умовно вони позначаються?
4. Наведіть схему базування призматичного тіла. Які бази при цьому беруть участь? Їх роль та способи практичної реалізації.
5. Наведіть схему базування циліндричного тіла. Які бази при цьому беруть участь? Їх роль та способи практичної реалізації.
6. Наведіть схему базування диска. Які бази при цьому беруть участь? Їх роль та способи практичної реалізації.
7. Наведіть схему базування в центрах. Які бази при цьому беруть участь? Їх роль.
8. Наведіть схему базування за довгою конусною поверхнею. Які бази при цьому беруть участь? Способи практичної реалізації.
9. Наведіть схему базування площиною та отворами з перпендикулярними до неї осями. Які бази при цьому беруть участь? Їх роль.
10. Наведіть схему базування за внутрішнім циліндричним отвором. Які бази при цьому беруть участь? Їх роль та способи практичної реалізації.
11. Сформулюйте «правило шести точок».
12. Що розуміється під повним і неповним базуванням?
13. За якими ознаками класифікується технологічні бази? Дати їх коротку характеристику.
14. Яку роль виконують направлені затискачі при базуванні заготовок?
15. Наведіть приклади явних і прихованих баз. Яка суттєва різниця між ними?
16. Що розуміється під визначеністю та невизначеністю базування? Причини, за якими може відбуватись невизначеність базування.

17. Що розуміється під організованою зміною баз? Які при цьому треба виконати заходи для забезпечення точності обробки?
18. Сформулюйте правила розробки теоритичних схем базування та наведіть приклади.
19. Які дві задачі потрібно розв'язати при встановленні заготовок у пристроях?
20. Як утворюється похибка встановлення заготовки у пристрої? Її основні причини.
21. Що розуміється під похибкою базування? Умови її виникнення.
22. Що розуміється під похибкою закріплення заготовки? Заходи по її зменшенню та усуненню.
23. Як утворюється похибка базування при встановленні заготовки на площину? Фактори, які обумовлюють її величину.
24. Як утворюється похибка базування при встановленні заготовки зовнішньою циліндричною поверхнею на призму? Фактори, які обумовлюють її величину.
25. Як утворюється похибка базування при встановленні заготовки отвором на оправку? Фактори, що обумовлюють її величину.
26. Як утворюється похибка базування при встановленні заготовки на площину та два отвори? Фактори, що впливають на її величину та заходи по зменшенню та усуненню похибки базування.
27. Як утворюється похибки базування при встановленні заготовки в центрах? Заходи по зменшенню та усуненню похибки базування.
28. Які основні принципи призначення технологічних баз? Їх суть.
29. Розкрийте суть принципу «суміщення баз».
30. Розкрийте суть принципу «сталості баз».
31. Наведіть приклади типових схем базування корпусних деталей.
32. Наведіть приклади типових схем базування деталей типу тіл обертання.