

**Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя
Кафедра технології машинобудування**

Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко

ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБЛЕННЯ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ

Навчальний посібник для студентів напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201 та 8.05050201 «Технології машинобудування»

Тернопіль
2016

Посібник розроблено у відповідності з навчальними планами підготовки фахівців освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201 та 8.05050201 «Технології машинобудування»

Укладачі: канд. техн. наук, професор Паливода Ю. Є.
канд. техн. наук, доцент Ткаченко І. Г.
канд. техн. наук, доцент Капаціла Ю. Б.
докт. техн. наук, доцент Гевко Ів. Б.

Рецензент: доктор техн. наук, професор Луців І.В.

Відповідальний за випуск: канд. техн. наук, професор Паливода Ю.Є.

Посібник розглянуто та схвалено на засіданні кафедри технології машинобудування, протокол № 5 від 11 грудня 2014 року.

Посібник рекомендовано до друку методичною комісією механіко-технологічного факультету ТНТУ, протокол № 4 від 19 грудня 2014 року.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. Службове призначення корпусних деталей.....	6
2. Класифікація корпусних деталей.....	6
3. Технічні вимоги до виготовлення корпусних деталей	8
3.1. Вимоги до конструкції корпусних деталей	8
3.2. Технологічні вимоги	10
3.2.1. Точність розмірів.....	10
3.2.2. Точність форми.....	11
3.2.3. Точність взаємного розташування поверхонь.....	11
3.2.4. Якість поверхневого шару.....	11
4. Матеріали і способи одержання заготовок для корпусних деталей	12
5. Базування корпусних деталей	16
6. Структура технологічного процесу оброблення заготовок корпусних деталей	20
7. Оброблення плоских поверхонь	21
7.1. Оброблення поверхонь струганням і довбанням	22
7.2. Оброблення корпусних деталей фрезеруванням	31
7.3. Протягування	48
7.4. Плоске шліфування поверхонь корпусних деталей.....	51
7.5. Шабрування	56
8. Оброблення отворів в корпусних деталях	57
8.1. Види отворів. Вимоги до внутрішніх циліндричним поверхонь	57
8.2. Оброблення отворів лезовим інструментом.....	60
8.2.1. Свердління	60
8.2.2. Зенкування	76
8.2.3. Розвертування	84
8.2.4. Розточування.....	89
9. Шліфування отворів корпусних деталей	112

10. Хонінгування	116
11. Оброблення отворів методом протягування	121
12. Оброблення отворів без зняття стружки.....	125
13. Виготовлення різевих поверхонь.....	127
14. Контроль корпусних деталей	131
15. Приклад типового маршруту оброблення корпуса.....	138
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	142
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК	144
ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК	149

ВСТУП

Виготовлення корпусних деталей займає особливе місце в сучасному металообробному виробництві. Це пояснюється тим, що від результатів цієї механічної обробки залежать якість, надійність, економічність та довговічність виробів, які випускаються.

Одним з основних завдань машинобудування є забезпечення конкурентоспроможності виробів, що випускаються, яка визначається їх якістю та ціною. Ці основні показники конкурентоспроможності машин значною мірою залежать від технології їх виготовлення, розробником якої є інженер-технолог. Тому знання, отримані студентами в процесі навчання, є базою для професійного виконання цього завдання.

Основний зміст цього посібника складають розділи, присвячені технології виготовлення корпусних деталей. В ньому наведено службове призначення та класифікація корпусних деталей, сформульовані технічні та технологічні вимоги, надані основні відомості з методів одержання заготовок, технології виготовлення корпусних деталей, способів механічної обробки типових поверхонь корпусних деталей на металорізальних верстатах, конструкції і матеріалів інструментів та розробки технологічних процесів, а також розглянуті питання технологічного підвищення довговічності виробів машинобудування, вдосконалення існуючих і створення нових технологічних методів виготовлення корпусних деталей.

Посібник призначений для підвищення якості та ефективності навчання студентів освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» за напрямом підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» з професійною орієнтацією на спеціальності 7.05050201 та 8.05050201 «Технології машинобудування». В ньому висвітлені питання, які є базою для вивчення теоретичних та практичних питань технології виготовлення корпусних деталей у різних типах виробництва.

1. Службове призначення корпусних деталей

Корпусні деталі в більшості випадків є базовими деталями, на які монтують окремі складальні одиниці та деталі, що спряжені між собою з необхідною точністю відносного положення, утворюючи замкнену конструкцію (рис.1.1).

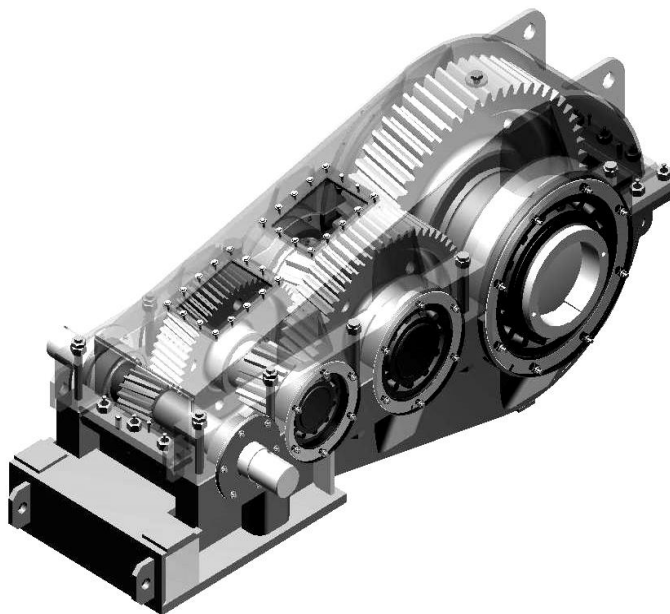


Рисунок 1.1 – Приклад застосування корпусної деталі в конструкції редуктора

Корпусні деталі повинні забезпечувати стабільність точності відносного положення деталей і механізмів як в статичному стані, так і в процесі експлуатації машин, а також плавність їх роботи і відсутність вібрації.

2. Класифікація корпусних деталей

За службовим призначенням та конструктивними формами корпусні деталі поділяють на такі основні групи.

1. Корпусні деталі коробчастого типу. Вони, як правило, мають форму

паралелепіеда з тонкими стінками. Їх габаритні розміри є величинами одного порядку. Характерною особливістю цієї групи деталей є наявність отворів, які служать опорами для валів (рис.2.1, *a*). Діаметри основних отворів (для монтажу шпинделів, валів, пінолей і їх опор) знаходяться в межах 20 – 540 мм. Деталі коробчастого типу можуть бути нероз’ємними і роз’ємними за осями усіх або частини отворів і мати внутрішні перегородки.

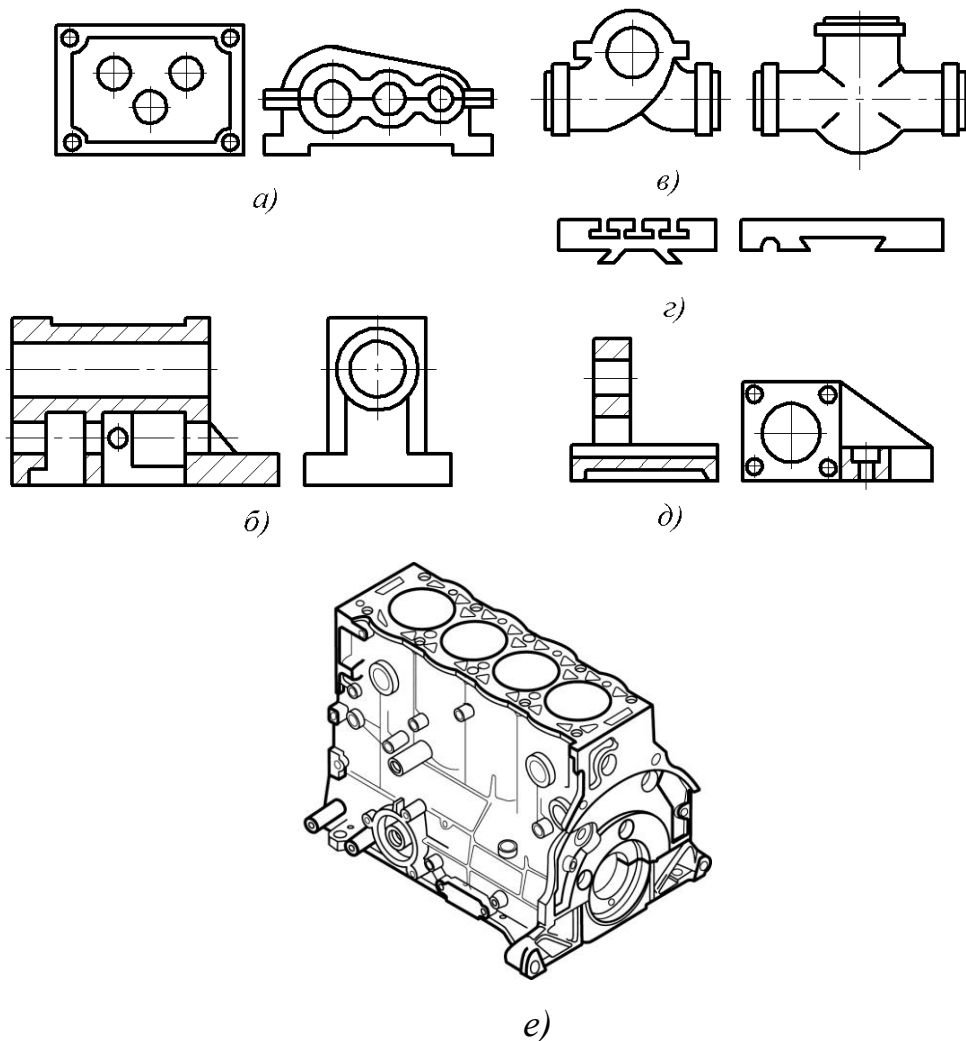


Рисунок 2.1 – Типи корпусних деталей:

a – коробчастої форми; *б* – з довгими порожнинами; *в* – складної просторової форми; *г* – з напрямними; *д* – типу кронштейнів, кутників; *е* – блок циліндрів двигуна

2. Корпусні деталі з внутрішніми циліндричними поверхнями: блоки циліндрів, циліндри двигунів (рис. 2.1, *e*) та компресорів. Ця група деталей має

точні за розмірами та формою отвори циліндрів, а також отвори для встановлення колінчастих та інших валів.

3. Корпусні деталі складної просторової форми – корпуси відцентрових насосів, парових та газових турбін. Форма цих деталей забезпечує створення каналів плавної форми для перетікання рідин та газів.

4. Каретки, столи, станини, повзуни, хоботи, планшайби та інші деталі, які в процесі експлуатації здійснюють прямолінійний зворотно-поступальний або відносний обертовий рух.

5. Кронштейни, кутники, стійки.

6. Плити, кришки, кожухи, піддони, корита.

Елементами корпусних деталей є плоскі, циліндричні, фасонні, та інші поверхні, які обробляють або залишають без оброблення. Оброблені плоскі поверхні служать для приєднання до них деталей та складальних одиниць. Тому вони називаються приєднувальними. Під час механічного оброблення ці поверхні використовують у якості технологічних баз. Фасонні поверхні, як правило, не обробляють. Конфігурація цих поверхонь обумовлена їх службовим призначенням.

Отвори в корпусних деталях поділяють на основні та допоміжні. Діаметри основних отворів значно більші від діаметрів допоміжних отворів. Основні отвори використовують у якості гнізд підшипників, а також напрямних поверхонь. Допоміжні отвори призначені для монтажу болтів, масельничок, масловказівників і можуть бути гладкими та різьбовими. Ці отвори також служать базами при механічному обробленні.

3. Технічні вимоги до виготовлення корпусних деталей

3.1. Вимоги до конструкції корпусних деталей

Конструкція корпусних деталей повинна забезпечувати необхідну точність взаємного положення встановлених на них деталей та механізмів, як

у статичному стані, так і при експлуатації під навантаженням, а також забезпечувати плавність їх роботи і відсутність вібрацій.

Таким чином, при конструюванні та виготовленні корпусних деталей необхідно забезпечити встановлену точність розмірів, форми й розташування поверхонь, а також міцність, жорсткість, вібростійкість, стійкість до температурних деформацій, герметичність, технологічність і зручність монтажу.

До корпусних деталей висувають такі вимоги.

1. Неробочі поверхні, незалежно від способу отримання заготовки, повинні виготовлятися без застосування оброблення різанням.

2. Заготовки повинні мати надійні бази, що забезпечують правильну орієнтацію і необхідну жорсткість при їх подальшому обробленні.

3. Для виключення деформації заготовки при її закріпленні та обробленні необхідно передбачати в конструкції заготовки корпусної деталі ребра жорсткості.

4. Поверхні, що підлягають обробленню різанням і знаходяться з одного боку заготовки, слід розташовувати так, щоб можна було здійснювати оброблення на прохід (рис 3.1)

5. Уникати отворів глибиною більше за 8 – 10 діаметрів.

6. Співвісні циліндричні отвори слід проектувати таким чином, щоб їх діаметри зменшувались в одному напрямку, а якщо це неможливо, то їх діаметри повинні зменшуватись з обох боків деталі до її середини.

7. Площини, які обробляють, рекомендується розташовувати на одному рівні що дозволяє обробляти їх на прохід за один робочий хід без зупинки і налагодження верстата на інший розмір (рис. 3.2, а).

8. Конструкція корпуса повинна забезпечувати вільний доступ до поверхонь, що обробляються (рис. 3.2, б).

9. Міжосьові відстані отворів. необхідно задавати, так, щоб була можливість їх обробки на багатошпиндельних верстатах (рис. 3.2, в), для чого відстань між осями отворів повинна бути не менше 45 мм.

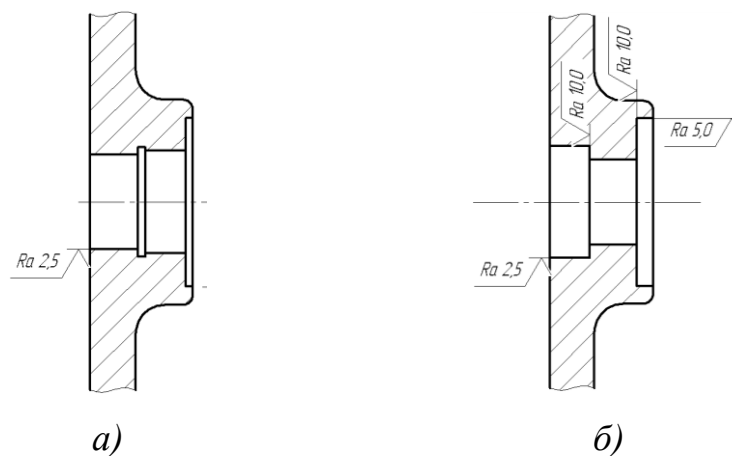


Рисунок 3.1 – Фрагменти поверхонь корпусної деталі:

a – допускає оброблення на прохід; *б* – не допускає оброблення на прохід

3.2. Технологічні вимоги

Технологічний процес механічного оброблення корпусних деталей повинен забезпечувати:

- 1) точність форми базуючих поверхонь – площинність або прямолінійність площин у відповідних напрямках;
- 2) точність відносного положення плоских базуючих поверхонь в одній площині, в паралельних або перпендикулярних площинах;
- 3) точність віддалей між осями отворів або осями отворів і площинами, співвісність отворів;
- 4) паралельність або перпендикулярність осей отворів і площин.

3.2.1. Точність розмірів

Діаметри основних отворів під підшипники обробляють за 7-м квалітетом з шорсткістю $Ra\ 1,6 - 0,4$ мкм, рідше за 6-м квалітетом з $Ra\ 0,4 - 0,1$ мкм.

Точність міжосьових відстаней отворів для циліндричних зубчастих

передач з міжцентровими відстанями 50 – 800 мм – від ± 25 до ± 280 мкм.

Точність відстаней від осей отворів до установчих площин коливається в межах від 6-го до 11-го квалітету.

3.2.2. Точність форми

Для отворів, призначених для встановлення підшипників кочення, допуск круглості і допуск профілю перерізу не повинні перевищувати 0,25 – 0,5 поля допуску на діаметр в залежності від типу і точності підшипника.

Допуск прямолінійності поверхонь прилягання задають в межах 0,05 – 0,20 мм на всій довжині. Допуск площинності поверхонь ковзання – 0,05 мм на довжині 1 м.

3.2.3. Точність взаємного розташування поверхонь

Допуск співвісності отворів під підшипники – в межах половини поля допуску на діаметр меншого отвору.

Допуск перпендикулярності торцевих поверхонь до осей отворів у межах 0,01 – 0,1 мм на 100 мм радіусу.

У роз'ємних корпусів розбіжність осей отворів з площиною роз'єму в межах 0,05 – 0,3 мм залежно від діаметру отворів.

3.2.4. Якість поверхневого шару

Шорсткість поверхонь отворів Ra 1,6 – 0,4 мкм (для 7-го квалітету); Ra 0,4 – 0,1 мкм (для 6-го квалітету); поверхонь прилягання Ra 6,3 – 0,63 мкм; поверхонь ковзання Ra 0,8 – 0,2 мкм; торцевих поверхонь Ra 6,3 – 1,6 мкм.

Твердість поверхневих шарів та вимоги до наявності в них залишкових напружень регламентуються доволі рідко, зокрема, для особливо відповідальних корпусів.

4. Матеріали і способи одержання заготовок для корпусних деталей

Більшість корпусних деталей виготовляють із сірого чавуну та вуглецевої сталі, застосовують також ковкий чавун, леговані сталі, кольорові метали. Основний вплив на вибір матеріалу накладають умови експлуатації корпусної деталі.

Сірий чавун, широко застосовують для виготовлення корпусних деталей, оскільки він є достатньо дешевим і має хороші технологічні властивості (добру плинність у розплавленому стані, оброблюваність). Механічні, фізичні, технологічні та інші властивості чавуну можна змінювати в досить широких межах, що розширює області застосування цього матеріалу.

Найбільш часто застосовують чавун марок СЧ 15, СЧ 20, СЧ 25 і СЧ 30. Ці сплави характеризуються низькою собівартістю і рядом важливих експлуатаційних властивостей: хороша зносостійкість, висока демпфуюча здатність, низька чутливість до концентраторів напружень та ін. Для корпусних деталей, що працюють в умовах знакозмінних навантажень та ударів, використовують ковкий чавун КЧ 35-10, КЧ 37-12.

Корпуси високонапорних насосів компресорів, турбін та електродвигунів виготовляють зі сталей 15Л, 30Л, 10ХЛ.

Для зварних корпусних деталей в більшості випадків застосовують маловуглецеві сталі (листовий прокат марок Ст. 3, Ст. 4). Корпуси парових турбін, які працюють при температурі 250 – 400°C, виготовляють з вуглецевої сталі марки 30Л. Для парових турбін, що працюють при температурі 400 - 500°C застосовують молібденові і хроммолібденові сталі. Невеликі за розміром корпусні деталі можуть виготовлювати з бронзи, алюмінієвих та інших сплавів.

Заготовки для зварних корпусів одержують різкою або штамповкою окремих елементів з листового або профільного прокату з послідуочим зварюванням. Штамповано-зварні картери задніх мостів автомобілів виготовляють зі сталі 35 і 40.

Литі заготовки одержують литвом в формувальну суміш, в кокіль, в оболонкові форми, під тиском. Для дрібних і легких деталей застосовують литво за виплавними моделями.

Литво в формувальну суміш є найбільш розповсюдженим способом одержання заготовок.

Ручне формування застосовують для одержання виливків в індивідуальному та серійному виробництві, а також при виготовленні габаритних деталей.

Формування в землі застосовують переважно в індивідуальному виробництві для одержання виливків середніх та великих розмірів.

Формування в опоки використовують у всіх випадках, коли необхідні парні опоки.

Машинне формування по металевих моделях застосовують для одержання дрібних і середніх виливків у серійному та масовому виробництві.

Литво в кокіль або в металеві форми застосовують в серійному і масовому виробництві для заготовок з кольорових сплавів, чавуну та сталі.

Литво під тиском застосовують для одержання заготовок зі сплавів кольорових металів (цинкових, магнієвих, алюмінієвих, мідних). Литвом під тиском можуть бути одержані заготовки складної форми, фасонні тонкостінні з отворами.

Виливки з сірого чавуну, як правило, піддають низькотемпературному відпалу для зняття внутрішніх напружень, підвищення в'язкості, запобігання короблення і утворення тріщин при механічному обробленні та експлуатації.

На рис. 4.1 та 4.2 наведені приклади заготовок корпусних деталей, які одержані методом литва.

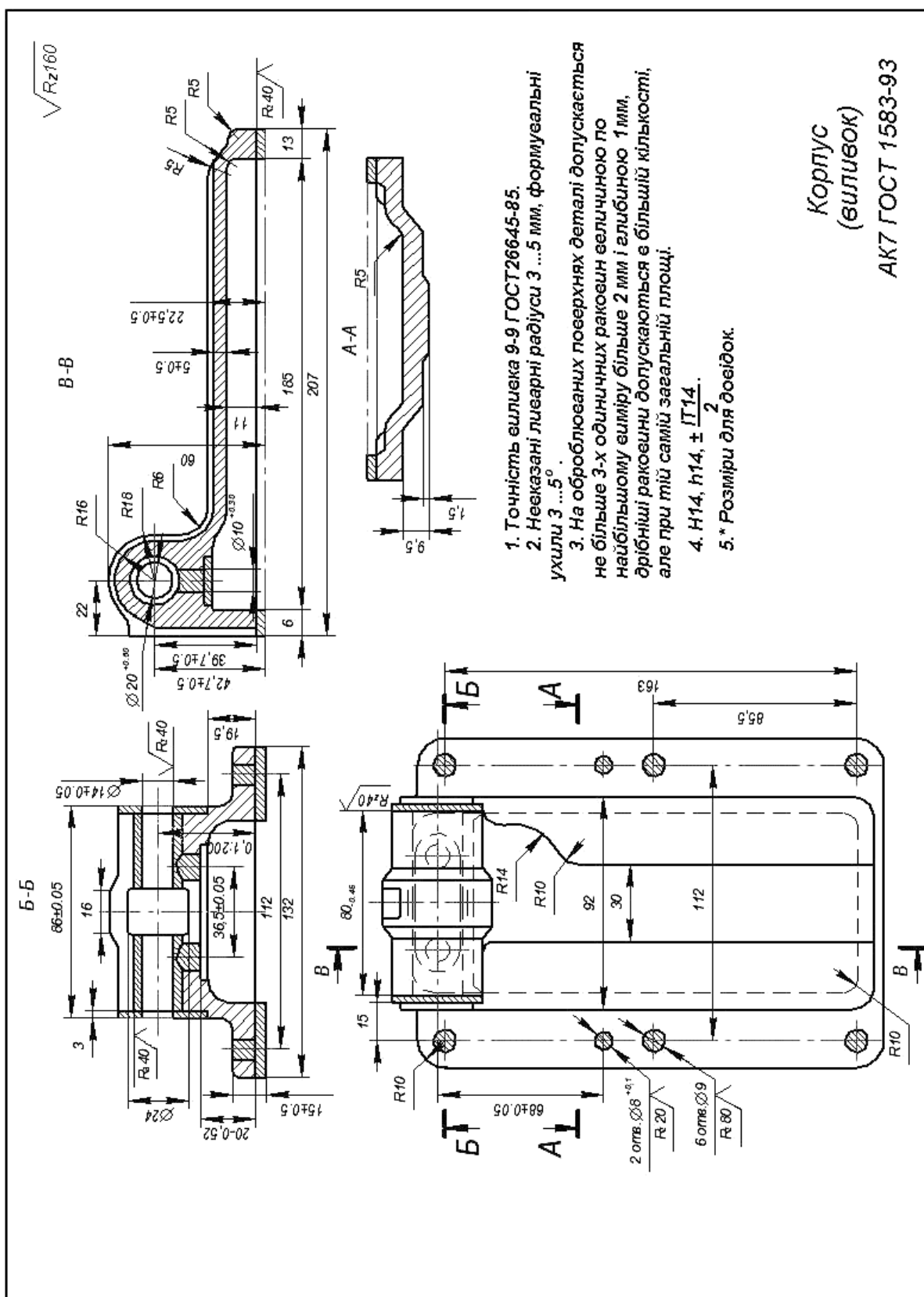


Рисунок 4.1 – Заготовка корпуса, одержана методом литва

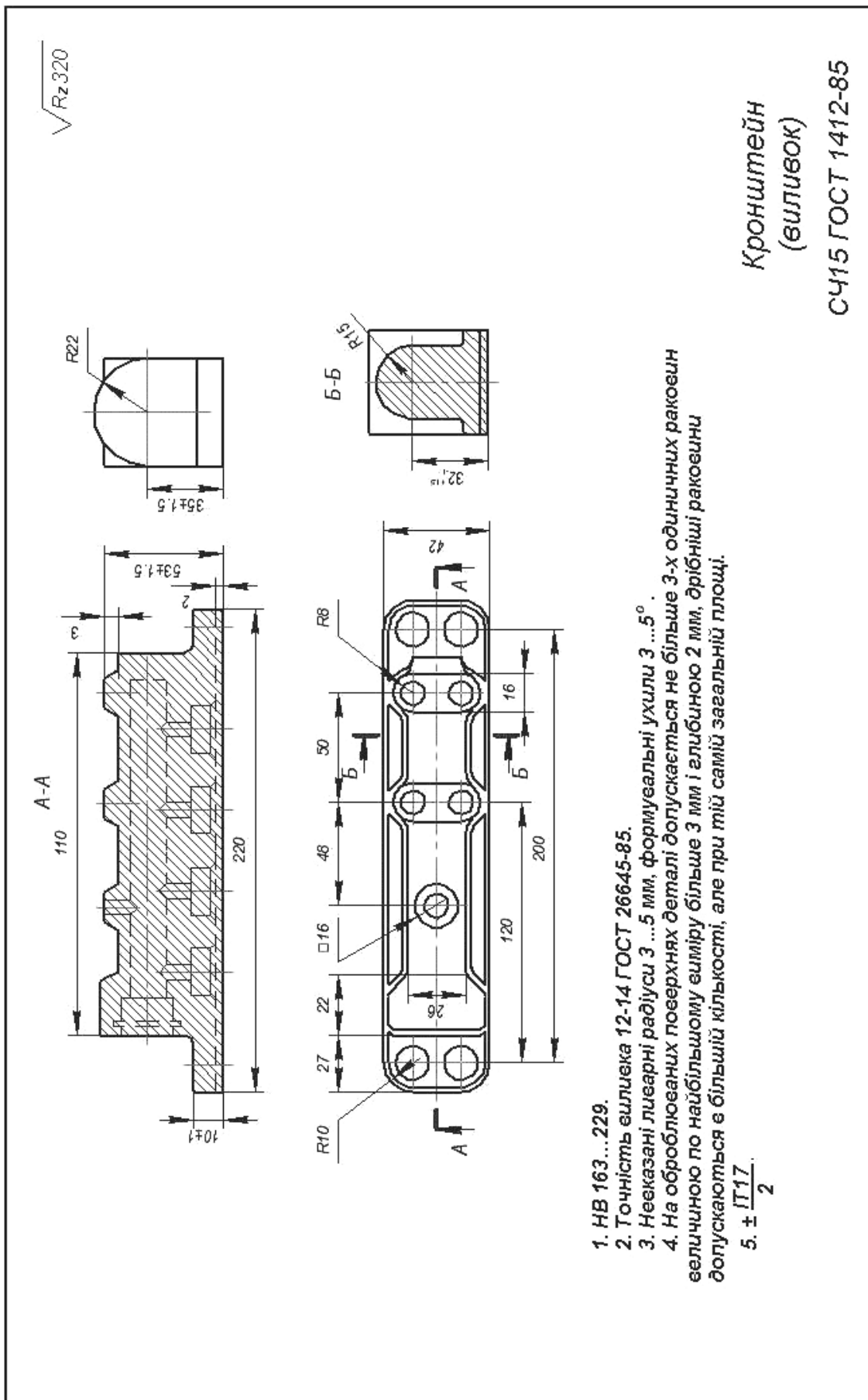


Рисунок 4.2 – Заготовка корпусу, одержана методом литва

5. Базування корпусних деталей

Корпусні деталі базують, дотримуючись принципу постійності і суміщення баз.

В основному технологічні бази вибирають так, щоб при встановленні на першій операції по чорновій базі було можливо обробити чистову базу, при встановленні на яку, в подальшому можна було-б надійно і з необхідною точністю вести обробку заготовки.

При виконанні технологічного процесу механічного оброблення корпусних деталей, в залежності від виду деталі і схеми її базування, застосовують відповідну послідовність підготовки базуючих поверхонь.

Варіант 1. Спочатку остаточно обробляють установчу площину, потім приймають її за установчу базу і відносно неї обробляють точні отвори.

Варіант 2. Спочатку остаточно обробляють отвір, а потім відносно нього обробляють площину.

Частіше застосовується оброблення, починаючи з площини (базування більш простіше і зручніше), проте більш точною є оброблення, яка починається з отвору, особливо при наявності в корпусах точних отворів великих розмірів і при високій точності віддалі від площини до основного отвору (наприклад, корпуси задніх бабок токарних і шліфувальних верстатів).

При використанні першого способу важче витримувати два точних розміри – діаметр отвору і віддаль до площини.

Нижче наведені схеми базування, які найбільш часто використовуються. При виготовленні корпусних деталей призматичного типу широко використовується базування по плоскій поверхні 1 і двох отворах 2, які найчастіше оброблені по 7 квалітету (рис. 5.1).

Заготовка корпуса встановлюється отворами у площині на два пальці, один з яких циліндричний, а інший ромбічний (зрізаний) (рис 5.2), причому пальці розміщені діагонально.

Застосування зрізаного пальця дає можливість встановлювати заготовки,

у яких допуск на міжцентрову відстань отворів більший за допуск на міжцентрову відстань для пальців, що дозволяє знизити вимоги до точності даного розміру в заготовок.

На рис. 5.3 зображено інші можливі схеми базування заготовок корпусів коробчастого типу.

Деталі зі співвісними отворами, у яких при розточуванні на попередньо налагоджених верстатах необхідно забезпечити рівномірне зняття припуску, рекомендується базувати по цих отворах, використовуючи їх як чорнові бази. Для цього в отвори до розточування вставляють конічні оправки і обробляють поверхні, які використовують потім як чистові бази (рис. 5.4, а).

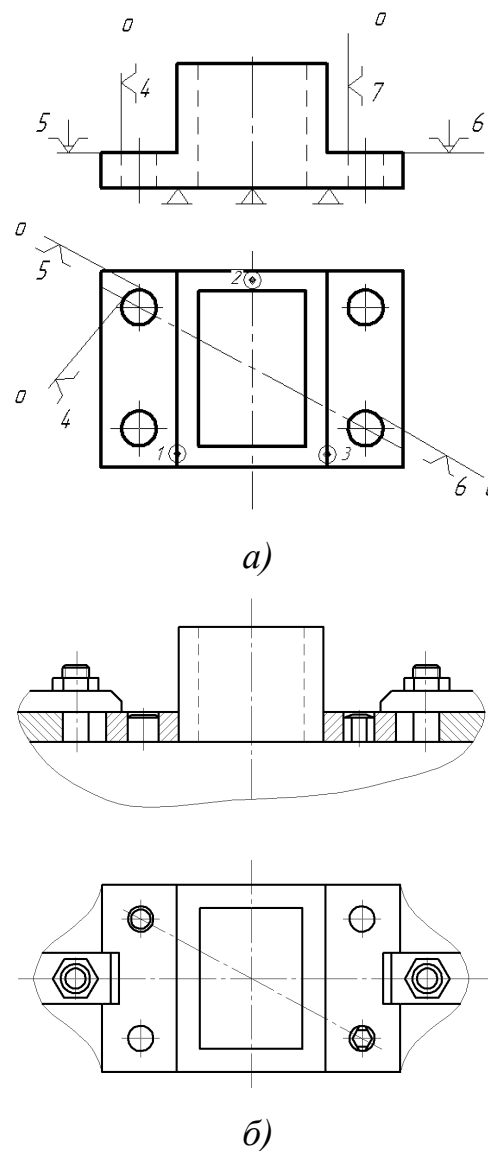


Рисунок 5.1 – Схема базування корпусної деталі коробчастого типу по площині і двох отворах (а) та теоретична схема базування (б)

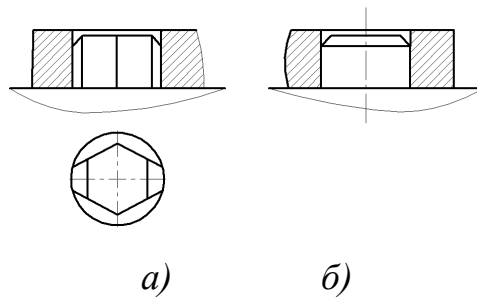


Рисунок 5.2 – Встановлюючі пальці пристосувань:
a – зрізаний (ромбічний) палець; *б* – циліндричний палець

Деталі фланцевого типу (рис.5.5, 5.6) базують на торець фланця 1, отвір 2 більшого діаметра і отвір 3 малого діаметра у фланці але, розподіл опорних точок залежить від співвідношення довжини базуючих елементів пристосування (співвідношення довжини базуючої частини отвору до його діаметра). Так, при базуванні заготовки фланцевого типу на довгий палець, вона позбавляється чотирьох ступенів свободи (рис. 5.5), а при базуванні на коротку виточку – двох (рис. 5.6).

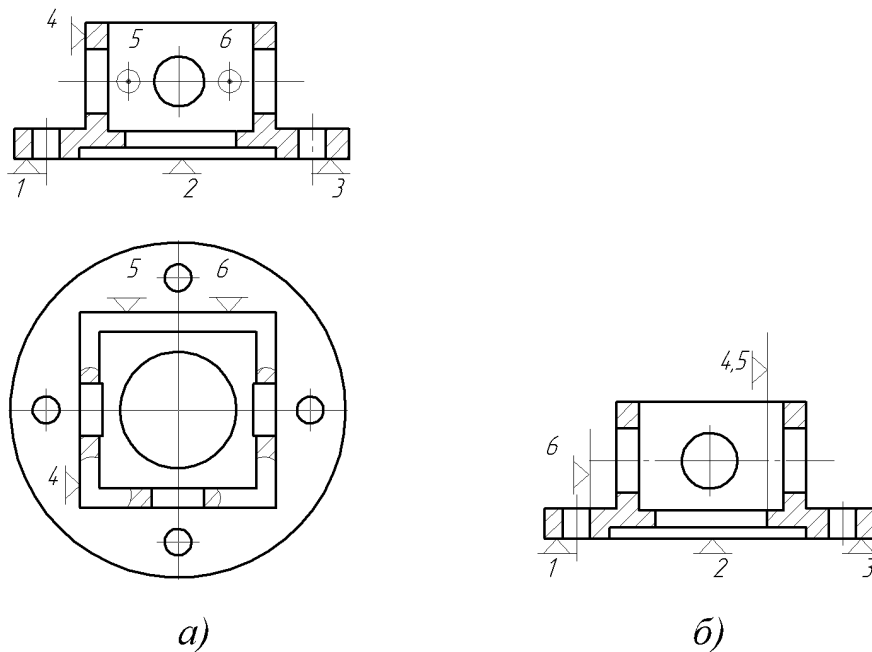


Рисунок 5.3 – Схеми базування корпусу коробчастого типу:
a – по трьох взаємно перпендикулярних площинах; *б* – по площині, малому і великому отворах

Якщо в деталі є кілька основних отворів і вони мають достатньо великі розміри, то її базують по двох необроблених отворах 1 і 2 (рис. 5.7) з паралельними осями, використовуючи консольні оправки з висувними елементами і перпендикулярну до них плоску поверхню 3.

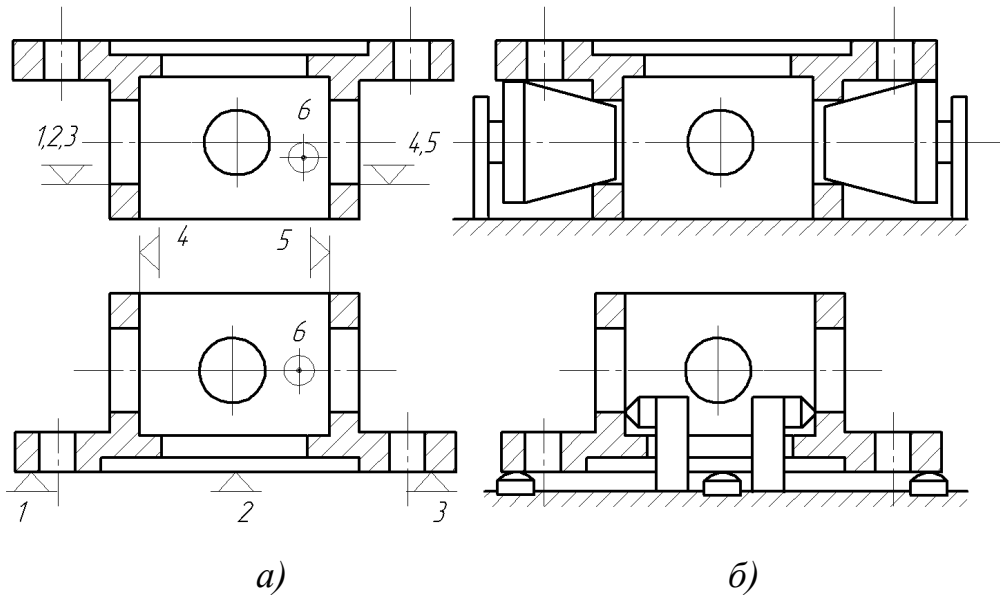


Рисунок 5.4 – Схеми базування корпусних деталей коробчастого типу:
a – по основних отворах; *б* – по внутрішній поверхні

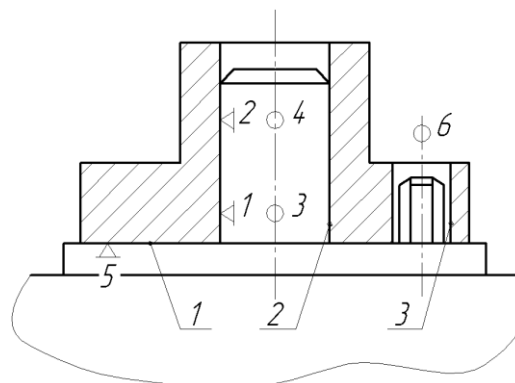


Рисунок 5.5 – Базування заготовки корпуса фланцевого типу на площину,
 довгий палець і отвір малого діаметру у фланці

При такому встановленні обробляють платики 4 і 5. Встановлюючи на них заготовку при подальшому обробленні, можна забезпечувати зняття рівномірного припуску при розточуванні основних отворів.

Коли деталь нестійка, або в неї немає придатної для встановлення плоскої поверхні, то на деталі виконують додаткові бази в виді приливів, бобишок або приливів з установчими отворами.

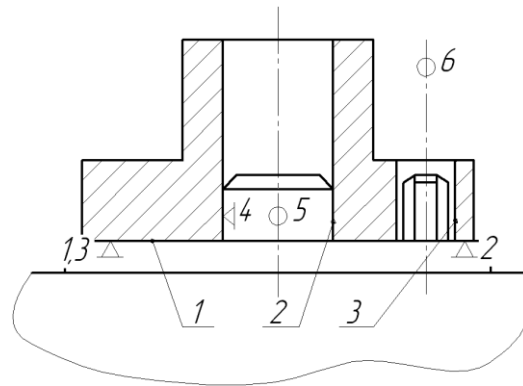


Рисунок 5.6 – Базування заготовки корпуса фланцевого типу на площину, коротку виточку і отвір

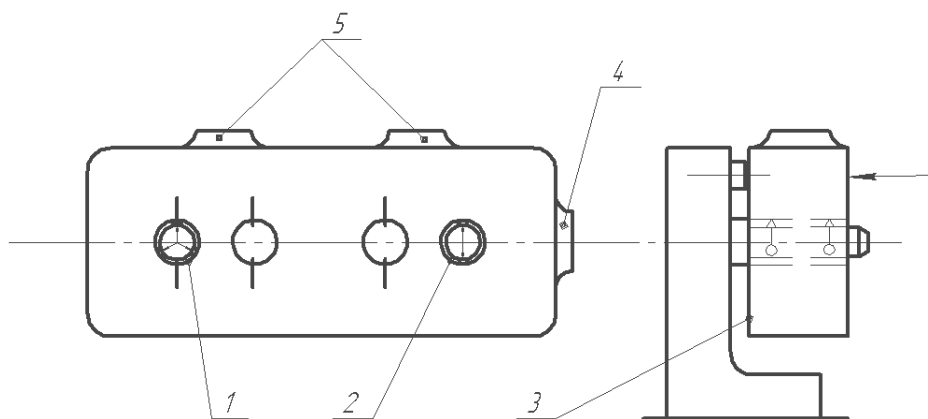


Рисунок 5.7 – Базування корпуса з використанням консольних оправок

6. Структура технологічного процесу оброблення заготовок корпусних деталей

При обробленні заготовок корпусних деталей можна виділити два види операцій: основні і другорядні. В залежності від методів оброблення, основні операції в свою чергу, також можна поділити на дві групи.

Перша група – це фрезерування або стругання, і, у випадку необхідності, шліфування плоских поверхонь.

Друга група – це розточування, розвертування або шліфування точних отворів, які зв'язані між собою точними міжосьовими відстанями.

Другорядні операції – це свердління неточних, дрібних отворів, каналів для змащування, свердління і нарізання різей в отворах під кріпильні деталі, зенкування отворів, виготовлення канавок тощо.

Технологічний процес виготовлення корпусної деталі передбачає:

- 1) чорнове і чистове оброблення площин і отворів, які використовуються в якості технологічних баз;
- 2) оброблення решти зовнішніх площин;
- 3) чорнове, чистове або напівчистове оброблення основних отворів;
- 4) викінчувальне оброблення основних баз і основних площин і отворів.

Технологічний маршрут оброблення корпусних деталей може видозмінюється в залежності від конструкції деталі, характеру заготовки і вимог до точності виготовлення.

Так, при обробленні корпусної деталі, яка має площину роз'єму, технологічний процес передбачає:

- 1) оброблення площини роз'єму корпусу;
- 2) оброблення базових площин;
- 3) свердління і нарізання різі в кріпильних отворах по площині роз'єму корпусу;
- 4) з'єднання корпусу з наступною фіксацією контрольними штифтами;
- 5) сумісне оброблення основних площин і отворів і т.д.

7. Оброблення плоских поверхонь

Оброблення плоских поверхонь корпусних деталей може проводитися такими способами: струганням або довбанням, фрезеруванням, протягуванням, торцевим точінням та шліфуванням. Параметри точності та шорсткості, які досягаються при обробленні плоских поверхонь, наведені в табл. 7.1.

7.1. Оброблення поверхонь струганням і довбанням

Стругання знаходить широке застосування в дрібносерійному та одиничному виробництві, а також при обробленні крупних і важких деталей. Для роботи на стругальних верстатах не потрібно складних пристосувань та інструментів, як для роботи на фрезерних, протяжних чи інших верстатах.

Цей метод оброблення є досить гнучким при переході на інші умови роботи. Однак він малопродуктивний, оскільки оброблення виконується однолезовим інструментом (стругальними різцями, рис. 7.1) на помірних режимах різання, а наявність допоміжних ходів збільшує час оброблення. Крім того, для роботи на цих верстатах потрібні робітники високої кваліфікації.

Технологічний метод формоутворення поверхонь заготовок струганням характеризується наявністю двох рухів: поступального руху різця або заготовки (швидкість різання) і переривчастого поступального руху (подачі), який направлений перпендикулярно вектору головного руху.

Процес різання при струганні переривчастий, і видалення металу з оброблюваної поверхні відбувається тільки при прямому (робочому) ході. Під час зворотного (холостого) ходу різець роботу різання не виконує. Переривчастий процес різання сприяє доброму охолодженню інструменту під час оброблення заготовки, що виключає в більшості випадків необхідність застосування при обробленні змащувально-охолоджувальних рідин.

Переривчастий процес різання приводить до значних динамічних навантажень на різальний інструмент, оскільки різець, врізаючись в тіло заготовки при кожному робочому ході зазнає удару.

Отже, стругання проводиться на помірних швидкостях різання, а різальний інструмент виготовляють масивнішим і міцнішим в порівнянні з різцями, що застосовуються при обробленні точінням.

При обробленні заготовок корпусів струганням застосовують поперечно-стругальні (рис. 7.2), а також одно- і двостійкові поздовжньо-стругальні верстати (рис. 7.3).

Таблиця 7.1 – Параметри точності і шорсткості, які досягаються при обробленні плоских поверхонь різними методами

Метод оброблення	Шорсткість поверхні, R_a мкм	Площинність і прямолінійність	Точність настановної бази на довжині 300 мм		Квалітети
			Паралельність	Перпендикулярність	
Фрезерування торцевою фрезою:					
чорнове	6,3 – 12,5	9 – 12	0,08	0,12	12–14
чистове	3,2 – 6,3	6 – 8	0,05	0,07	10, 11
тонке	0,8 – 1,6	4 – 5	0,03	0,03	8, 9 (7)
Стругання:					
чорнове	12,5 – 25	9 – 11	0,07	0,1	12–14
чистове	3,2 – 6,3	7 – 8	0,04	0,06	11–13
тонке	0,8 – 1,6	5 – 6	0,02	0,02	8–10 (7)
Торцеве точіння:					
чорнове	6,3 – 12,5	9 – 12	0,1	–	14, 15
чистове	3,2 – 5	7 – 8	0,05	–	11–13
тонке	0,8 – 1,6	5 – 6	0,03	–	8–10 (7)
Протягування:					
напівчистове	6,3	9 – 10	0,07	0,08	8, 9
чистове	0,8 – 3,2	7 – 8	0,04	0,05	7, 8
викінчувальне	0,2 – 0,4	5 – 6	0,02	0,02	7
Плоске шліфування:					
напівчистове	0,8 – 1,6	7 – 8	0,040	0,06	8–11
чистове	0,2 – 0,4	5 – 6	0,022	0,03	6–8
тонке	(0,1)	3 – 4	0,007	0,01	6, 7

Примітка. В дужках вказані гранично досяжні параметри.

В поперечно-стругальному верстаті (рис. 7.2) по напрямних станини, яка закріплена на фундаментній плиті 1, зворотно-поступально рухається повзун 4, на передньому кінці якого розміщений супорт 3. Стіл 2, пов'язаний з поперечиною 5, може переміщатися по ній в горизонтальному напрямі, здійснюючи рух подачі. Для встановлення різця по висоті супорт з різцетримачем можна переміщати у вертикальному напрямку. Для оброблення похилих поверхонь супорт може бути повернутий на необхідний кут.

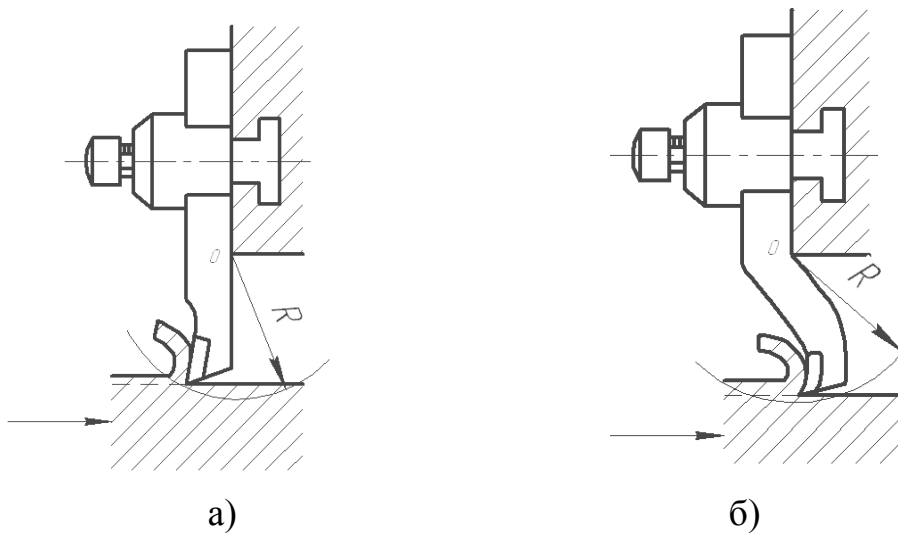


Рисунок 7.1 – Види стругальних різців:

a – прямий; *б* – вигнутий

Компонування та принцип роботи двостійкового поздовжньо-стругального верстата з чотирма супортами зображено на рис 7.3.

По станині 5 (рис. 7.3) зворотно-поступально може переміщатися стіл 1, на якому кріпиться заготовка.

На стійках 4 розміщені і можуть рухатися в вертикальному напрямку (рух подачі) бічні супорти 6 і траверса 3. По траверсі, яка має ходовий гвинт, можуть переміщатися в горизонтальному напрямку верхні супорти 2 (рух подачі). Напрявні верхніх супортів 2 з різцетримачами можна переміщати у вертикальному напрямку, напрямні бічних супортів 6 – у горизонтальному напрямку. Крім того, траверса 3 може рухатися вертикально на стійках.

У поздовжньо-стругальних верстатах головний робочий рух здійснюється переміщенням заготовки, а у поперечно-стругальних – різця. При струганні на поздовжньо-стругальних верстатах стіл із закріпленою на ньому заготовкою здійснює зворотно-поступальний рух, а подача здійснюється в поперечному напрямку переміщенням різцевого супорта після кожного робочого ходу. Поздовжньо-стругальні верстати можуть бути одностійкові, двостійкові і порталні. Верстати можуть мати один або кілька супортів.

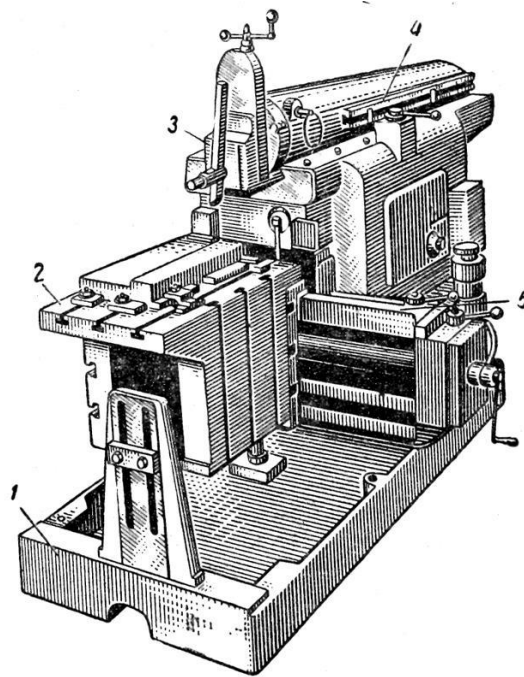


Рисунок 7.2 – Поперечно-стругальний верстат:

1 – фундаментна плита; 2 – стіл; 3 – супорт; 4 – повзун; 5 – поперечина

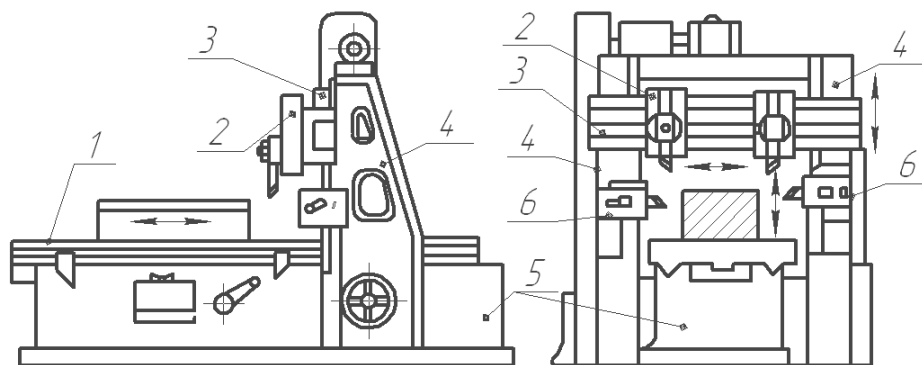


Рисунок 7.3 – Схема компонування поздовжньо-стругального верстата:

1 – стіл; 2 – верхні супорти; 3 – траверса; 4 – стійки; 5 – станина;

6 – бічні супорти

На поперечно-стругальних верстатах різець здійснює зворотно-поступальний рух V , а заготовка – рух поперечної подачі S_n в горизонтальній площині (рис. 7.4, *a*). При деяких видах оброблення рух подачі має різець.

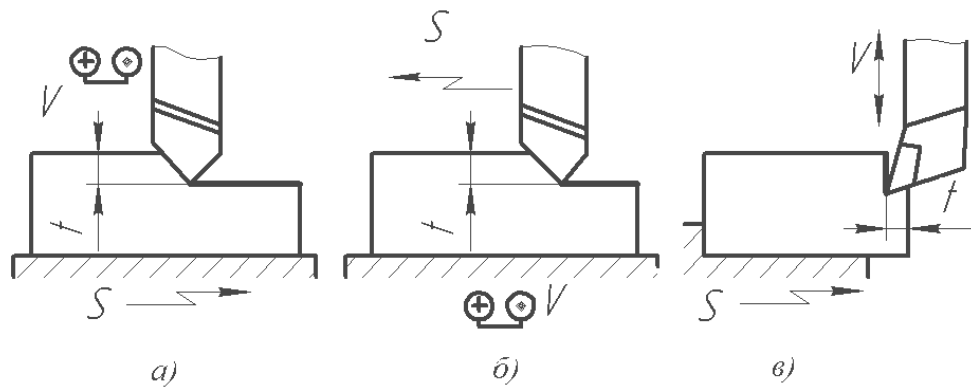


Рисунок 7.4 – Схеми оброблення площин на верстатах:

a – поперечно-стругальному; *б* – поздовжньо-стругальному; *в* – довбальному

Для встановлення різця по висоті супорт з різцетримачем можна переміщати у вертикальному напрямку. Для оброблення похилих поверхонь супорт може бути повернутий на необхідний кут. Зважаючи на низьку продуктивність стругання його у багатьох випадках замінюють фрезеруванням.

На поздовжньо-стругальних верстатах заготовка здійснює зворотно-поступальний рух V , а різальний інструмент (рис. 7.4, *б*) – рух подачі.

Широке застосування стругання пояснюється простотою налагодження верста, дешевизною інструменту, можливістю оброблювати поверхні складного профілю простим універсальним інструментом, малою його чутливістю до ливарних вад заготовки, можливістю знімати за один робочий хід великі припуски (до 20 мм) і обробляти поверхні з порівняно високою точністю. При тонкому струганні може бути досягнута шорсткість Ra 1,6 – 0,8 мкм і неплоскостність 0,01 мм для поверхні розміром 300 × 300 мм.

На стругальних верстатах обробляють плоскі поверхні: горизонтальні, вертикальні і під кутом, уступи, пази Т-подібні, V-подібні, типу «ластівчин хвіст», призматичні (прямокутні, трапецієвидні), рифлені поверхні, фасонні поверхні (фасонними різцями чи по копію). На рис. 7.5 зображені схеми стругання на поперечно-стругальних верстатах заготовок з горизонтальною, *a*, вертикальною, *б* і похилою, *в* площинами. Похилу площину обробляють при повороті супорта на кут, який дорівнює куту нахилу оброблюваної поверхні,

при подачі, яка направлена паралельно оброблюваній поверхні. Оброблення на поздовжньо-стругальних верстатах (рис. 6.5) дозволяє забезпечувати одночасне стругання горизонтальної і вертикальної площин заготовок, *д*, одночасне стругання призматичного паза і паза типу «ластівчин хвіст», *е*, стругання фасонної поверхні, *є* по копіру. Стругання горизонтальних площин виконується прохідними різцями, вертикальної і похилої площин – підрізними різцями.

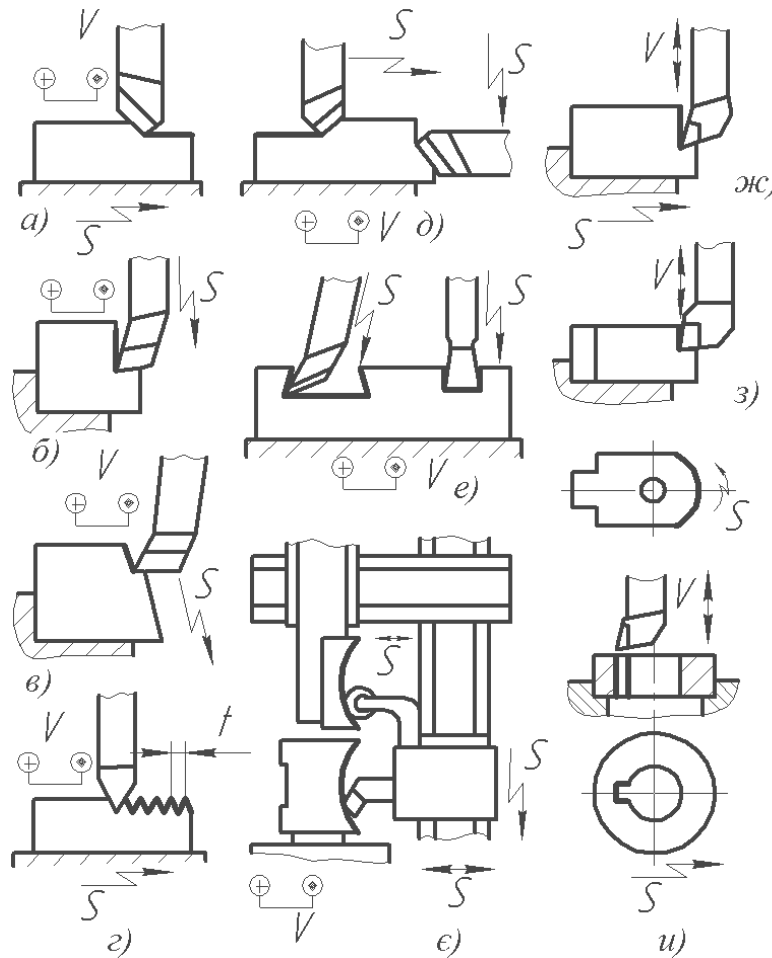


Рисунок 7.5 – Схеми оброблення поверхонь заготовок на стругальних і довбальних верстатах

При роботі на стругальних верстатах стружка знімається під час робочого ходу, холостий хід здійснюється зі швидкістю в 2 – 3 рази більшою за швидкість робочого ходу. Тим не менше, втрата часу при холостих ходах робить стругання менш продуктивним способом оброблення, ніж наприклад, фрезерування.

Для збільшення продуктивності стругання використовують багаторізцеві

тримачі (рис. 7.6; 7.7). Продуктивність стругання можна підвищити, застосовуючи оброблення груп деталей, які розміщують в один або кілька рядів на столі верстата, а також проводячи одночасно оброблення заготовок деталей різних найменувань.

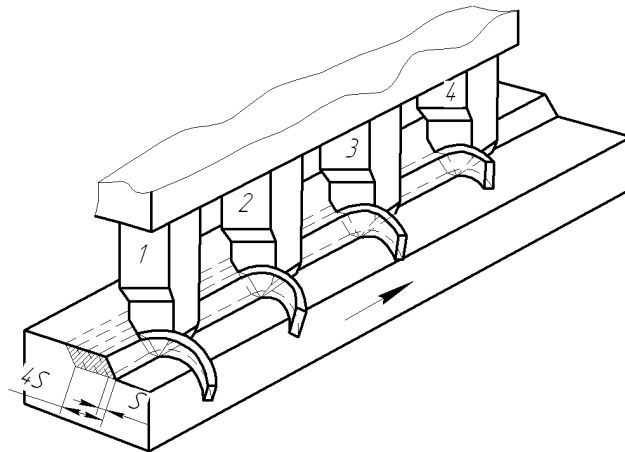


Рисунок 7.6 – Багаторізева оправка (S – ширина зрізу одним різцем столу, забезпечуючи точність оброблення за 13 – 11 квалітетом і шорсткість $Ra\ 3,2 - 12,5\ \mu\text{м}$)

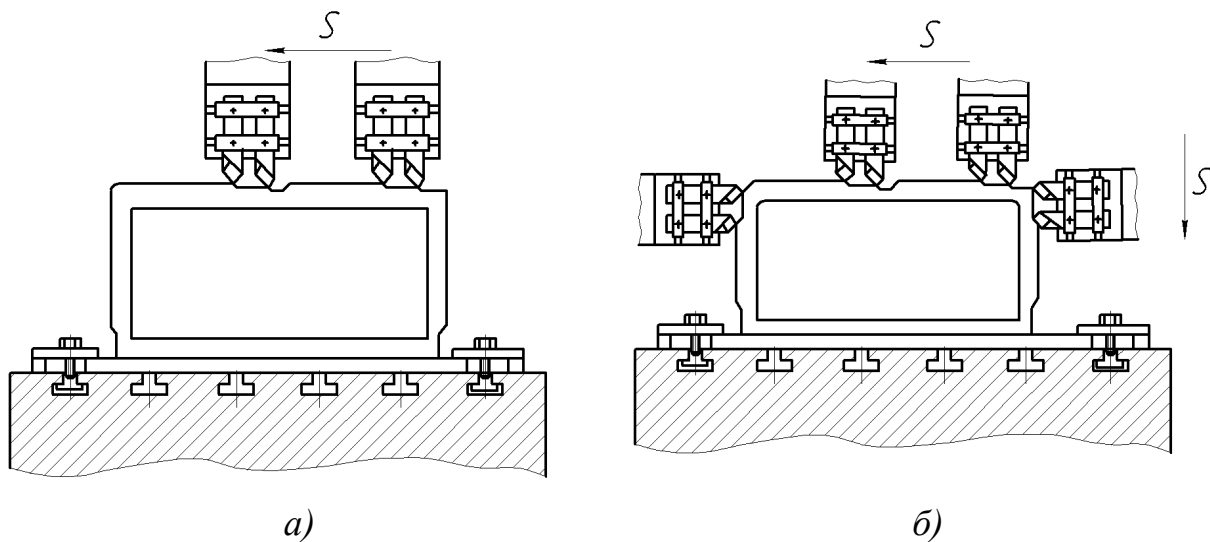


Рисунок 7.7 – Схема багаторізевого стругання:

a – горизонтальної поверхні; b – горизонтальної та вертикальної поверхонь

Різновидом стругання є процес довбання на довбальних верстатах.

Найбільш раціонально застосовувати стругання при обробленні довгих і вузьких поверхонь. При звичайній формі різця стругання проводять з глибиною

різання від 3 до 10 мм і подачею 0,8 – 1,2 мм на один подвійний хід.

Довбальні верстати належать до групи стругальних. Довб'як з закріпленим різцем здійснює зворотно-поступальні рухи у вертикальній площині (рис. 7.8).

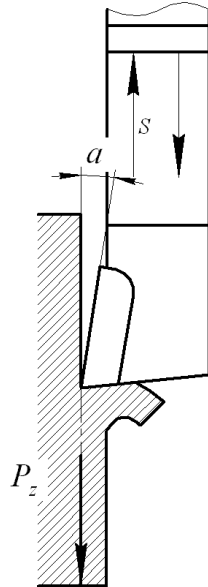


Рисунок 7.8 – Схема процесу довбання (стрілкою вниз показано робочий хід; стрілкою вгору – холостий хід; P_z – сумарна сила різання); α – кут між передньою поверхнею різця і обробленою поверхнею

На рис. 7.9 наведено загальний вид довбального верстата. На станині 1 встановлена колона 8, в середині якої розміщений електродвигун 11 приводу. На напрямних колони встановлена довбальна головка 7, яка здійснює зворотно-поступальний рух у вертикальній площині. В нижній частині довбальної головки закріплений різцетримач з довбальним різцем. Для виставлення довжини ходу довбальної головки відносно заготовки 5, закріпленої на столі 4, передбачений затискач 6. Стіл верстата, на якому закріплюється деталь, яка обробляється, має рух подачі в горизонтальній площині в двох взаємно-перпендикулярних напрямках. Для цього стіл забезпечений механізмом поздовжнього і поперечного переміщення, а його верхня частина може здійснювати обертний рух. Всі рухи здійснюються від механізму подачі з допомогою вала 9, коробки 10 і валика 2.

На довбальних верстатах обробляють плоскі поверхні, поверхні внутрішніх контурів у вигляді квадрата і прямокутника, багатогранні отвори, зовнішні пази, фасонні поверхні. Найбільш характерні види оброблення заготовок на довбальних верстатах представлені схемами (рис. 7.5) довбанням вертикальної площини, *ж*, циліндричної поверхні, *з* та шпонкового паза, *и*.

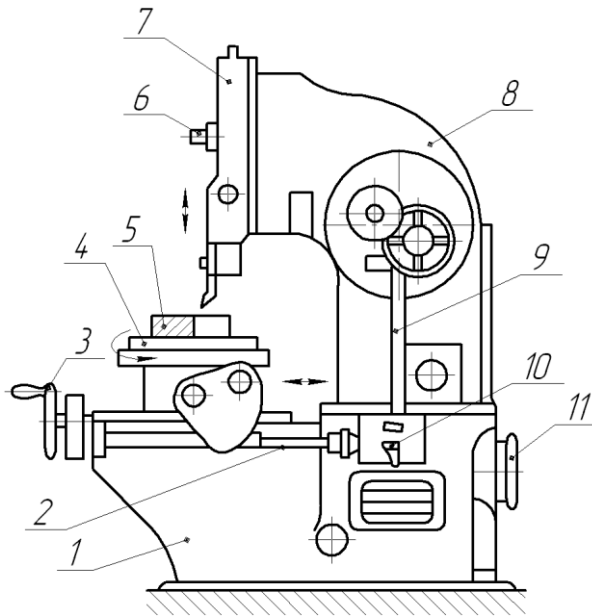


Рисунок 7.9 – Загальний вигляд довбального верстата:

1 – станина; 2 – валик; 3 – ручка; 4 – стіл; 5 – заготовка; 6 – затискач;
7 – довбальна головка; 8 – колона; 9 – вал; 10 – коробка, 11 – електродвигун

Процес оброблення на довбальних верстатах відбувається при зворотно-поступальному русі V різального інструменту, що здійснюється у вертикальній площині і русі подачі S_n заготовки в горизонтальній площині (рис. 7.4, в; 7.9). Теоретично процеси стругання і довбання аналогічні.

При обробленні площин корпусних деталей широко застосовується метод фрезерування, який характеризується високою продуктивністю і порівняно високою точністю. Фрезерування в два переходи (чорновий і чистовий) дозволяє досягти точності розмірів до дев'ятого квалітету; шорсткості поверхні – $Ra\ 6,3 - 0,8\ \mu\text{м}$; відхилення від площинності – $40-60\ \mu\text{м}$.

7.2. Оброблення корпусних деталей фрезеруванням

У масовому і серійному виробництві фрезерування є більш продуктивним ніж стругання і довбання. При фрезеруванні поверхні обробляються не однолезовим, а багатолезовим обертовим інструментом – фрезою.

Фреза – багатолезовий інструмент, що представляє собою тіло обертання, на боковій поверхні якого, а іноді і на торці, розміщені різальні зуби (рис. 7.10).

За технологічною ознакою розрізняють фрези для оброблення площин, пазів, шліців, фасонних поверхонь, тіл обертання, зубчастих і різьблених, поверхонь, розрізування матеріалу та ін.

За конструктивними ознаками фрези поділяють таким чином: 1 – за розташуванням зубів на тілі фрези (торцеві, циліндричні, дискові, двосторонні, кутові, фасонні, кінцеві та ін.); 2 – за конструкцією зуба (з гостро заточеними і затилованими зубами); 3 – за напрямом зуба (з прямими, похилими, гвинтовими, рівно направленими зубами); 4 – за конструкцією фрези (цілісні, збірні, зі вставними зубами, збірні); 5 – за способом кріплення (насадні, кінцеві з конічним або циліндричним хвостовиком); 6 – за видом матеріалу ріжучої частини (зі швидкорізальної сталі, твердих сплавів, ріжучої кераміки, надтвердих матеріалів). За напрямком руху фрези поділяються на праві та ліві. Основні типи фрез зображені на рис. 7.10.

Циліндричні (рис. 7.11) та торцеві фрези призначені для обробки площин.

Зуби циліндричних фрез розміщені по гвинтовій лінії з певним кутом нахилу гвинтової канавки. Циліндричні фрези виготовляються з дрібними зубами (рис. 7.11, *a*), з крупними зубами (рис. 7.11, *б*), з вставними ножами (рис. 7.11, *в*). Збірні фрези зі вставними ножами (рис. 7.11, *г*), оснащені гвинтовими пластинами з твердого сплаву (рис. 7.11, *д*).

Основними параметрами циліндричної фрези є довжина фрези L , діаметр фрези D , діаметр отвору d та число зубів Z .

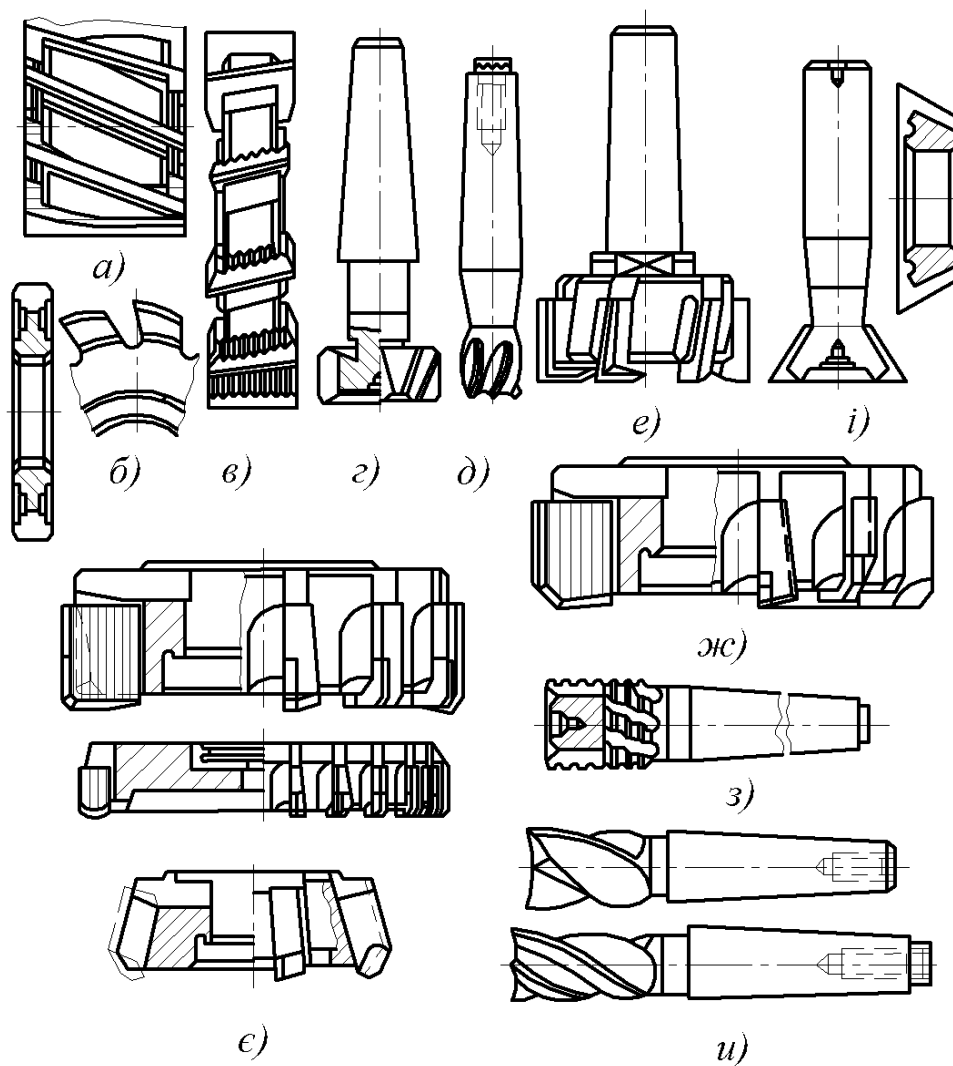


Рисунок 7.10 – Основні типи фрез:

a – циліндрична; *б* – дискова; *в, з* – Т-подібна; *д* – кінцева; *е* – торцева з хвостовиком; *є* – торцева насадна; *ж* – торцева ступінчата; *з* – кінцева обдирна; *и* – шпонкова; *і* – кутова

Дискові фрези (пазові, двосторонні, тристоронні) застосовують для фрезерування пазів, уступів і бічних площин. Прорізні і відрізні фрези використовують для прорізання вузьких пазів і розрізання матеріалів. Кінцеві фрези застосовують для обробки пазів, уступів і площин шириною $B < 0,8 \cdot D$, де D – діаметр кінцевої фрези. Кутові фрези застосовують в основному для фрезерування стружкових канавок різальних інструментів і скосів. Фасонні фрези призначені для фрезерування фасонних поверхонь.

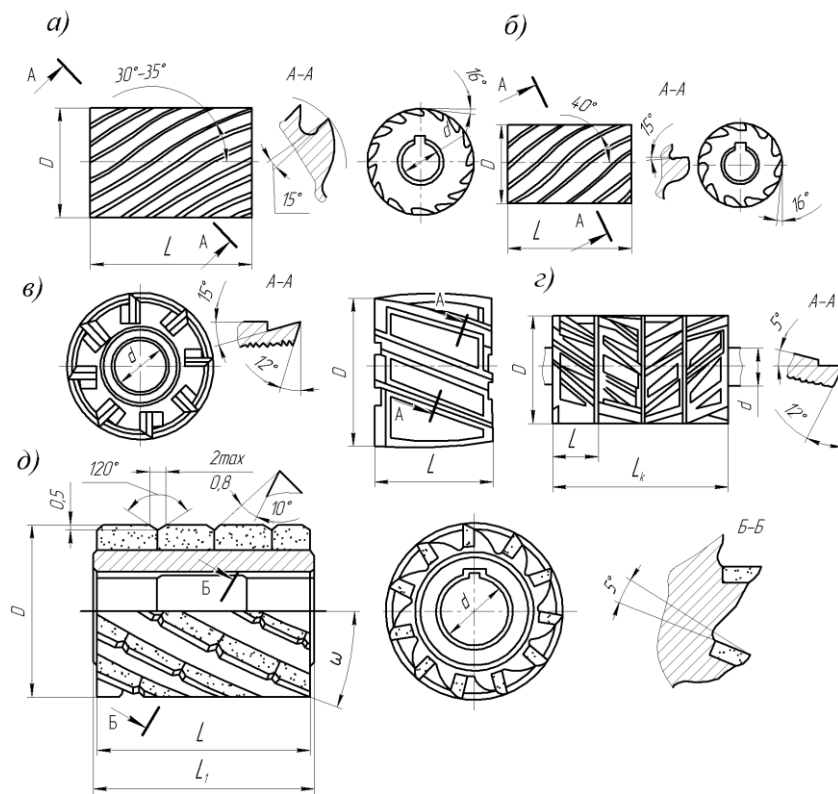


Рисунок 7.11 – Різновиди циліндричних фрез

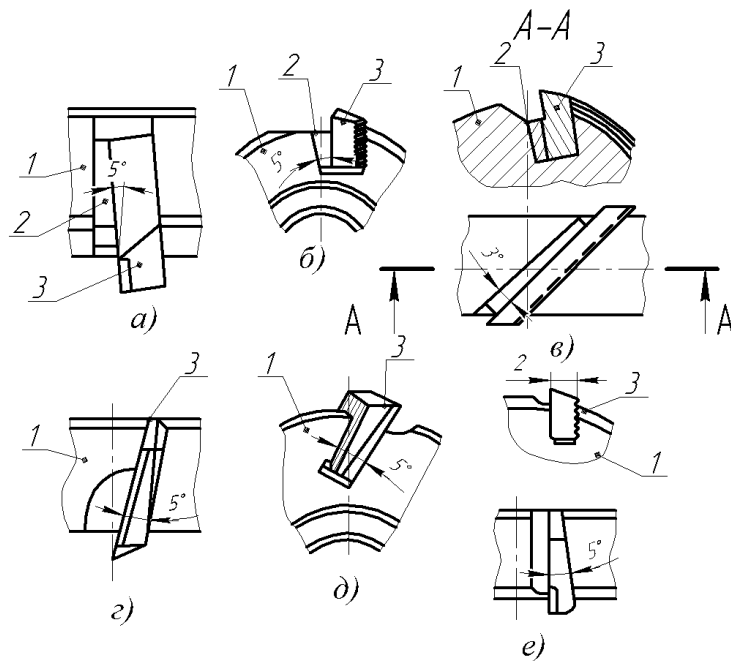


Рисунок 7.12 – Фрези з вставними зубами:

1 – корпус фрези; 2 – клин; 3 – ніж

Фрези виготовляють суцільними і збірними (корпус з конструкційної сталі, а різальні зуби з швидкорізальної сталі або твердого сплаву). Циліндричні

фрези діаметром до 90 мм, торцеві насадні фрези діаметром до 110 мм, дискові трибічні фрези з дрібним зубом, дискові пазові, кутові, фасонні, відрізні, прорізні, кінцеві і шпонкові фрези виготовляють цільними. Циліндричні торцеві і дискові фрези діаметром більше 75 мм і торцеві фрезерні головки виготовляють зі вставними зубами

Широкого поширення набули збірні фрези зі вставними ножами з швидкорізальної сталі або твердого сплаву (рис. 7.12) і з механічним кріпленням різальних пластин.

Для одночасного фрезерування кількох поверхонь застосовують набір фрез. Набір фрез представляє собою групу фрез, підібраних за профілем та розмірами оброблюваної поверхні деталі і закріплених на одній загальній оправці (рис. 7.13). При цьому одночасно обробляється ряд поверхонь однієї або кількох заготовок. Скорочення числа операцій, установок і переходів підвищує продуктивність оброблення. Застосування наборів фрез забезпечує також більш високу точність і якість деталей, у порівнянні з обробленням окремими фрезами.

При проектуванні набору фрез задаються діаметром найменшої фрези, а діаметри інших фрез визначаються виходячи з розмірів і взаємного розташування оброблюваних поверхонь. По можливості, слід, уникати великої різниці в діаметрах фрез, оскільки в цьому випадку важко забезпечити оптимальні режими різання для всіх фрез набору. Наприклад, число обертів оправки, вибране з умови оптимальної швидкості різання для найменшої за діаметром фрези, не буде оптимальним для фрези більшого діаметру, якщо обидві фрези виготовлені з одного інструментального матеріалу. Крім цього, важко забезпечити розміри діаметрів посадкових отворів для всіх фрез набору.

Для розташування фрез на оправці і забезпеченні при цьому необхідної відстані між ними користуються установними кільцями різної ширини.

Кільця можуть бути регульовані і нерегульовані. Регульовані кільця дозволяють без демонтажу фрез змінювати відстань між ними.

Плавна робота набору досягається спеціальним встановленням зубів фрез

відносно один одного. Для цього шпонкові канавки у фрезах виконують таким чином, щоб вони були зміщені по відношенню до зуба на різні кути. У результаті цього зуби окремих фрез входять в роботу в різні моменти часу, і набір утворює, як би одну фрезу з гвинтовим зубом. При виготовленні і переточуваннях, фрези набору забезпечуються другою шпонковою канавкою, яка у всіх фрез розташовується однотипно стосовно до зуба.

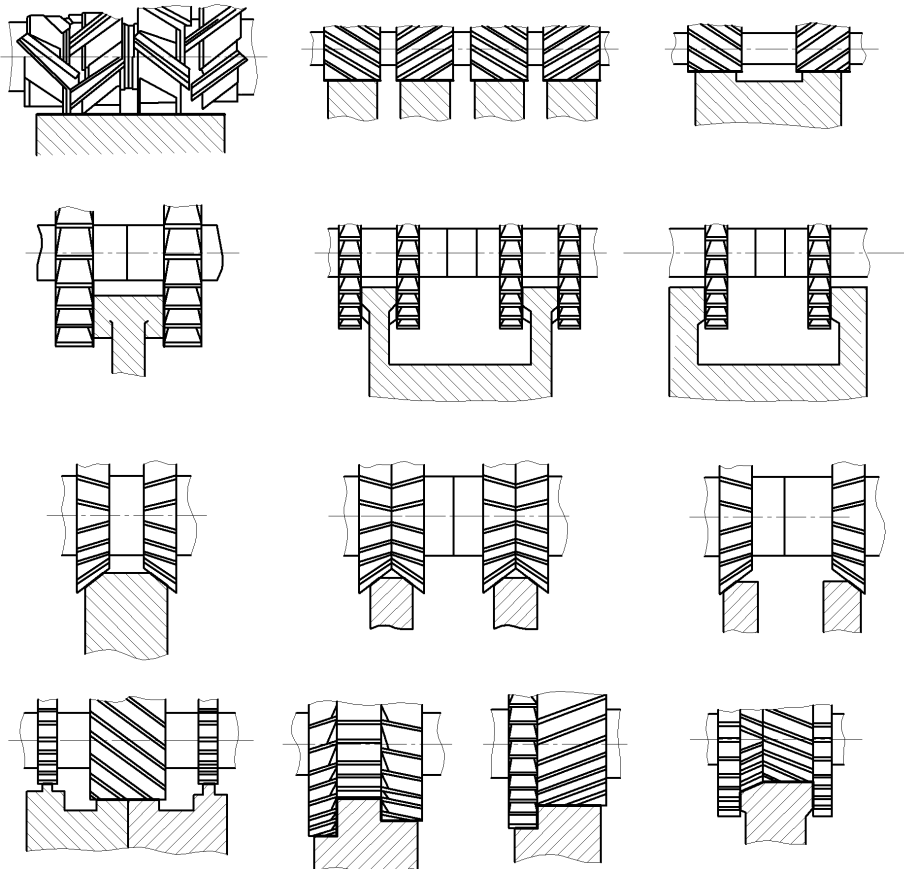


Рисунок 7.13 – Схеми обробки наборами фрез

Набори фрез доцільно збирати з фрез з гостро заточеними зубами або з фрез з затилкованими зубами. У різномісних фрез, при переточуванні їх діаметри змінюються за різними законами, що може призвести до спотворення профілю деталі. Набори фрез використовуються як при обробленні переривчастих, так і при обробленні суцільних профілів деталі. Для суцільного профілю необхідне перекриття зубів двох сусідніх фрез, щоб уникнути

утворення задрів і рисок на деталі, та відновлення осьових розмірів профілю набору, які можуть змінюватися в результаті переточувань.

Перекриття зубів фрез набору може забезпечуватися різними способами (рис. 7.14) за допомогою торцевих кулачкових виступів (рис. 7.14, а, б), що входять у відповідні пази сусідньої фрези; похилих торцевих площин сусідніх фрез; розташуванням виступаючих з корпуса зубів збірної фрези в западинах сусідньої фрези (рис. 7.14, в).

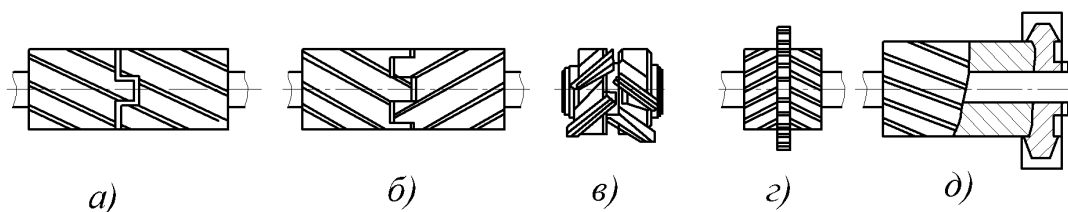


Рисунок 7.14 – Способи перекриття зубів фрез набору

У тому випадку, коли набір складається з фрез різного діаметру, обмежуються піднутренням (рис. 7.14, з), або виточкою на торці великої фрези (рис. 7.14, д), куди входить фреза меншого діаметра, створюючи перекриття зубів.

Набори фрез застосовують, головним чином, на горизонтально-фрезерних, верстатах. Конструюючи набір фрез і уточнюючи сферу його раціонального застосування, слід враховувати, що значні зусилля, які спостерігаються при фрезеруванні, не повинні перевищувати допустимих значень за потужністю верстата, міцності і жорсткості оправки і деталі, та міцності кріплення деталі в пристосуванні. З цієї точки зору не слід застосовувати набори фрез з широким профілем при обробленні нежорстких деталей, які легко деформуються. При високих вимогах до точності або значній глибині різання доцільно вести оброблення в кілька проходів чорновими і чистовими наборами.

При обробленні плоских поверхонь широко застосовують збірні конструкції фрез з не переточуваними твердосплавними пластинами.

Механічне кріплення пластин дає можливість їх повертати для поновлення різальної здатності кромки і дозволяє використовувати фрези без переточування. Після повного зношування пластину замінюють новою.

Торцеві фрези загального призначення оснащують круглими, шестигранными, п'ятигранними, чотиригранними, тригранними твердосплавними пластинами. Торцева фреза (рис. 7.15) складається з корпуса 1, клинів 2 і 3, різальної пластини 4, вставки 5 і опори 6.

Фрезеруванням можна обробляти різні види поверхонь (рис. 7.16; 7.19). Головний рух (рух різання) при фрезеруванні обертовий, його здійснює фреза. Рух подачі прямолінійний і його може мати заготовка або фреза (рис. 7.19).

При фрезеруванні з великими припусками використовують різцеві головки ступінчастого різання. Вони дозволяють знімати припуски 18 – 22 мм за один робочий хід замість двох або трьох при фрезеруванні звичайними фрезами. Припуск ділиться між окремими зубами фрези, тому фрезерування протікає без вібрацій. Випускають торцеві фрези з механічним кріпленням пластин з композиту. Ці фрези дозволяють знімати припуск 4 - 16 мм при швидкості різання 800 - 2000 м/хв і подачі 2000 - 3000 мм/хв.

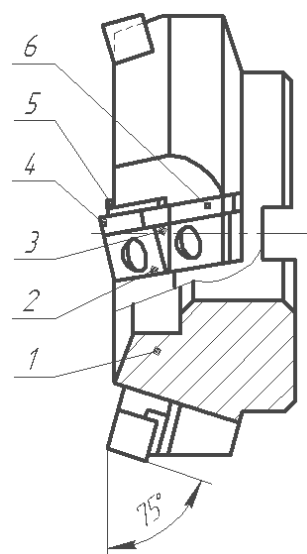


Рисунок 7.15 – Торцева фреза з механічним кріпленням різальних пластин з твердого сплаву

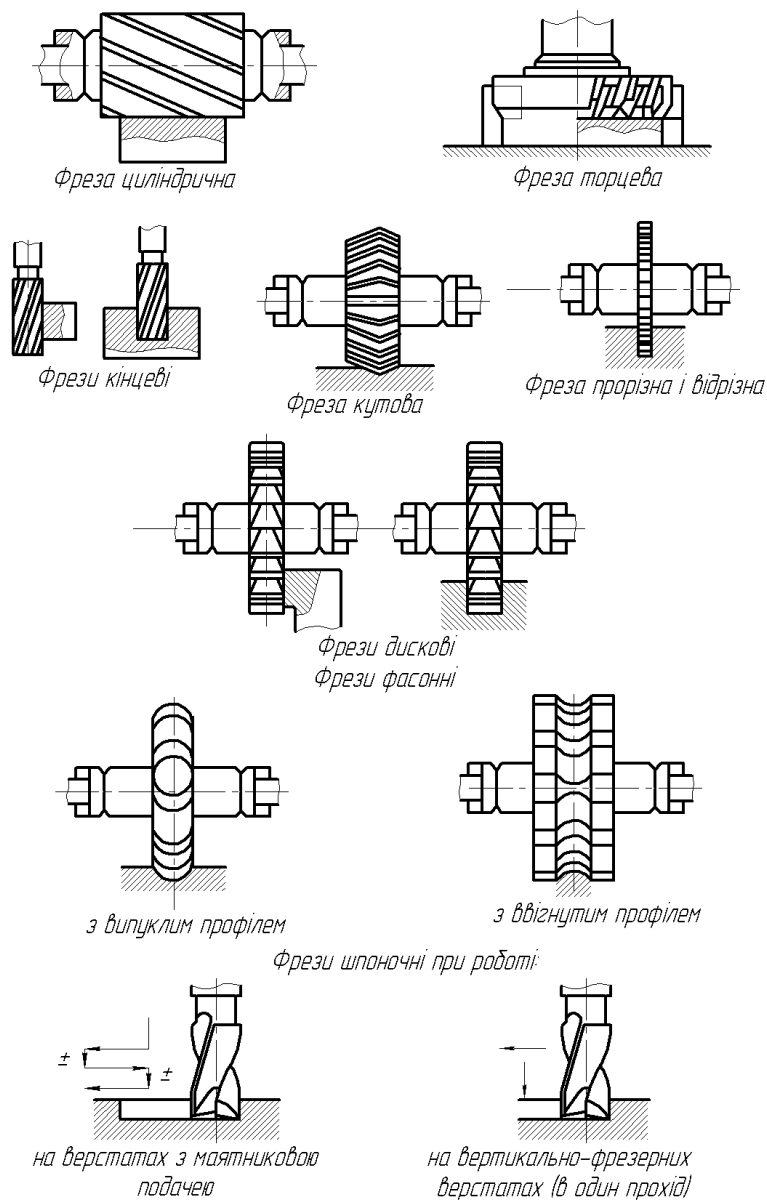


Рисунок 7.16 – Види фрез і поверхні, які обробляються ними

Конструкція фрези визначає спосіб її закріплення на верстаті. Фрези з осьовим отвором кріплять на оправках і називаються насадними. Фрези, що мають циліндричний або конічний хвостовик, називаються хвостовими. Насадну фрезу 1 (циліндричну, дискову, кутову та ін.) закріплюють на центровій оправці 2 (рис.7.17, а), яку встановлюють в конічний отвір шпинделя 3 та затягують болтом 4. Сухарі 5, що входять в пази фланця шпинделя й оправки, утримують її від провертання. Обертання фрези передається через шпонку 6, Правий кінець оправки підтримують підшипник 7 і сережка 8.

Осьове положення фрези на оправці фіксують гайкою 9 і установними кільцями 10. Цей спосіб закріплення використовують в основному на горизонтально-фрезерних верстатах.

Торцеві і дискові фрези закріплюють на кільцевій оправці 11 за допомогою шпонки 12 і гвинта 13 (рис. 7.17, б). Фрези з конічним хвостовиком закріплюють або безпосередньо в конічному отворі шпинделя, або через перехідну втулку 14 (рис. 7.17, в). Торцеві фрези можуть закріплюватися безпосередньо на шпинделі гвинтами 15 (рис. 7.17 з). Для закріплення фрез з циліндричним хвостовиком використовують різні за конструкцією патрони: цангові (рис. 7.17, д), з регульованим ексцентриситетом втулки 18 і корпуса оправки 19 (рис. 7.17, е), які встановлюють в шпинделі верстата як кінцеві оправки. При загвинчуванні гайки 16, остання стискує цангу 17, яка закріплює фрезу.

Плоскі поверхні можна фрезерувати торцевими та циліндричними фрезами. Фрезерування торцевими фрезами більш продуктивне. Це пояснюється можливістю застосування фрез великого розміру. Такі фрези можуть досягати достатньо великих діаметрів і називаються фрезерними головками (торцевими фрезами зі вставними ножами). Їх використання дає великі переваги в порівнянні з фрезеруванням циліндричними фрезами.

Застосуванням фрез великих діаметрів підвищує продуктивність обробки за рахунок одночасної участі в процесі обробки великої кількості зубів, що в свою чергу забезпечує і більш плавну роботу, а відсутність довгих оправок, забезпечує більшу жорсткість кріплення інструменту, що дає можливість працювати з великими подачами (глибинами різання).

Фрезерування циліндричними фрезами проводять двома способами: зустрічним і попутним фрезеруванням. При зустрічному способі обертання фрези спрямоване проти подачі, при попутному способі напрям обертання фрези співпадає з напрямом подачі (рис. 7.18).

При зустрічному фрезеруванні товщина шару, що зрізується поступово збільшується від нуля (при вході зуба в матеріал заготовки) до максимального

значення. В процесі різання навантаження на зуб фрези зростають плавно і поступово.

При зустрічному фрезеруванні товщина шару, що зрізується, поступово збільшується від нуля (при вході зуба в матеріал заготовки) до максимального значення. В процесі різання навантаження на зуб фрези зростають плавно і поступово.

При попутному фрезеруванні в момент входу зуба навантаження різко зростає, спостерігається явище удару.

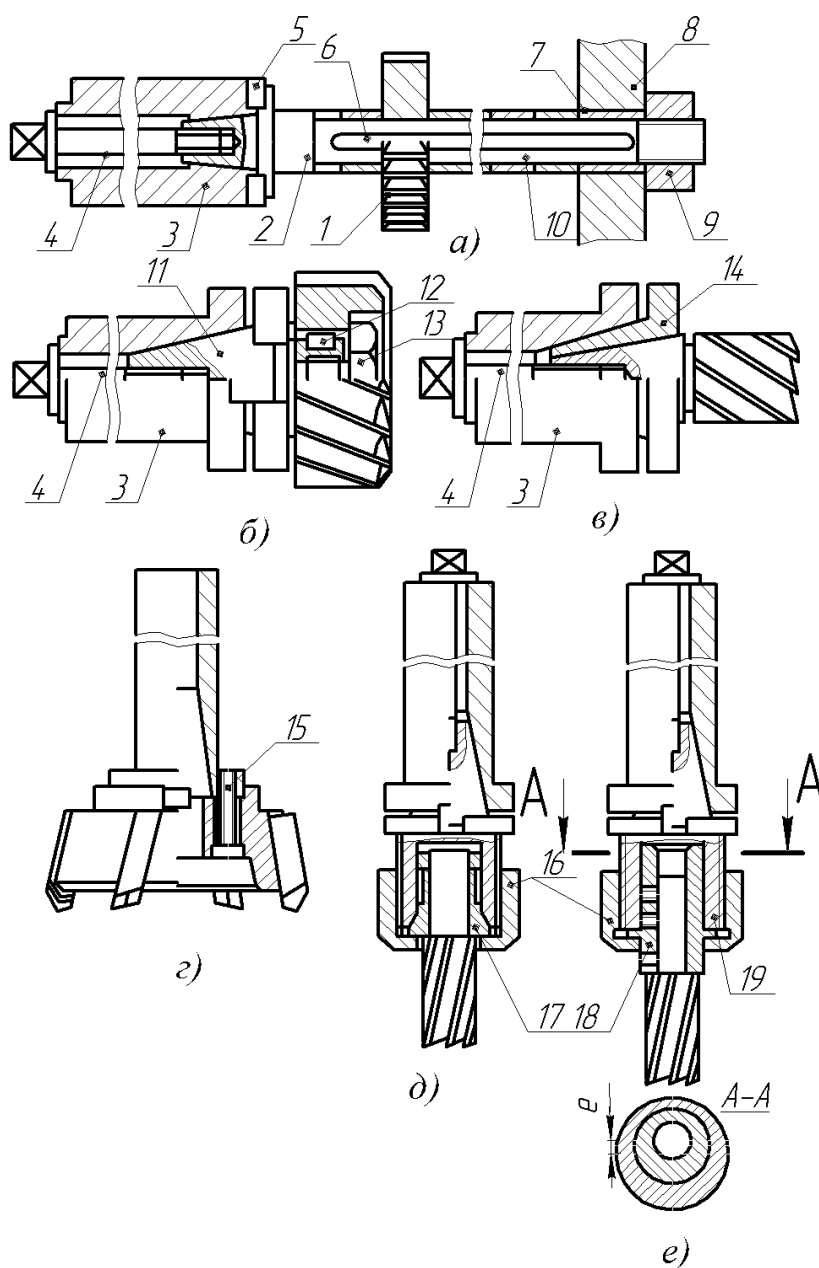


Рисунок 7.17 – Схеми закріплення фрез

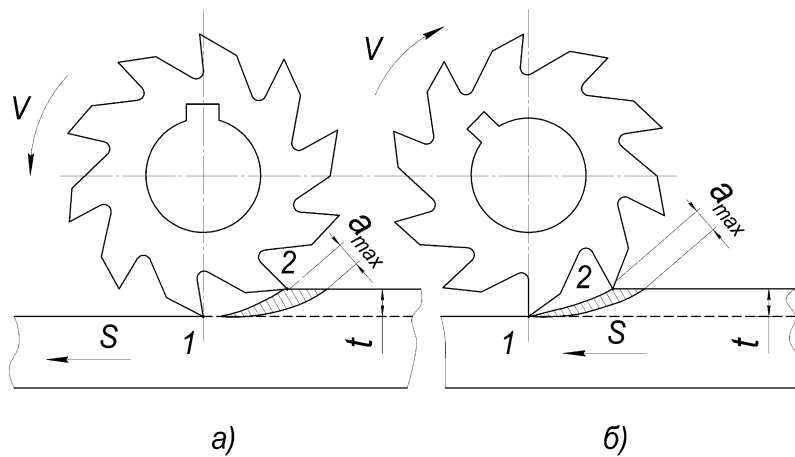


Рисунок 7.18 – Схеми зустрічного (а) і попутного (б) фрезерування

Тому попутне фрезерування можна проводити на верстатах, що мають достатню жорсткість і вібростійкість і, головним чином, за відсутності зазору в сполученні ходовий гвинт-гайка поздовжньої подачі стола, а конструкція фрези повинна витримувати ударні навантаження. Однак цей спосіб більш продуктивний і забезпечує більш високу якість поверхні, що обробляється.

При обробленні заготовок з чорною поверхнею попутне фрезерування застосовувати не слід, оскільки при врізанні зуба фрези у тверду поверхню необробленої заготовки відбувається передчасне зношування і вихід з ладу фрези. При фрезеруванні заготовок з попередньо обробленими поверхнями попутне фрезерування краще зустрічного, що пояснюється таким. При попутному фрезеруванні заготовка притискається до столу, а стіл до направляючих, завдяки чому підвищуються жорсткість інструменту та якість обробленої поверхні. При зустрічному ж фрезеруванні фреза прагне відірвати заготовку від поверхні столу. Як при попутному, так і при зустрічному фрезеруванні можна працювати при ході столу в обох напрямках, що дозволяє виконувати чорнове і чистове фрезерування за одну операцію.

Фрезерні верстати поділяють на такі види: горизонтально-фрезерні; вертикально-фрезерні; універсально-фрезерні; поздовжньо-фрезерні; карусельно-фрезерні; барабанно-фрезерні; спеціальні (шпонково-фрезерні, різь-фрезерні, фрезерно-центрувальні).

Фрезерні верстати перших трьох видів є верстатами загального призначення і застосовуються у всіх видах виробництва. Інші відносяться до високопродуктивних верстатів і використовуються в серійному, крупносерійному і масовому виробництвах.

Горизонтально- або вертикально-фрезерні верстати називають у відповідності до того, як у них розміщена вісь обертання фрези. Обертання фрези – це головний рух. Стіл може переміщатися в трьох взаємно перпендикулярних напрямках. Універсальні верстати, крім цього, мають поворотний стіл або поворотну головку.

При фрезеруванні на горизонтально-фрезерних верстатах, як правило, використовують поздовжню, рідше поперечну, і вертикальну подачі. На вертикально-фрезерних верстатах використовують поздовжню і поперечну подачі залежно від просторового розташування оброблюваної поверхні, а вертикальну подачу практично не використовують.

Вертикальні поверхні на горизонтально-фрезерних верстатах (рис. 7.19, *а*) обробляють торцевими насадними фрезами або фрезерними головками, а на вертикально-фрезерних (рис. 7.19, *з*) – кінцевими фрезами.

Горизонтальні поверхні обробляють циліндричними фрезами на горизонтально-фрезерних верстатах (рис. 7.19, *б*) і торцевими насадними фрезами на вертикально-фрезерних верстатах (рис. 7.19, *в*).

Вузькі похилі поверхні на горизонтально-фрезерних верстатах виконують кутовою фрезою (рис. 7.19, *д*). Широкі похилі поверхні зручніше обробляти на вертикально-фрезерних верстатах з поворотною шпиндельною головкою (рис. 7.19, *е*) торцевою насадкою або кінцевими фрезами. Уступи і прямокутні пази на горизонтально-фрезерних верстатах обробляють відповідно дисковими двосторонніми (рис. 7.19, *є*) і тристоронніми (рис. 7.19, *й*), а на вертикально-фрезерних верстатах – кінцевими фрезами (рис. 7.19, *ж, й*). Фасонні поверхні обробляють фасонними фрезами (рис. 7.19, *і*).

Пази типу «ластівчин хвіст» і «Г-подібні» обробляють на вертикально-фрезерних верстатах: спочатку фрезерують прямокутний паз кінцевою фрезою,

а потім кінцевою кутовою (рис. 7.19, і) або Т-подібною фрезою (рис. 7.19, м). На горизонтально-фрезерних верстатах шпонкові пази обробляють дисковими фрезами (рис. 7.19, к), а на вертикально-фрезерних – кінцевими або шпонковими фрезами (рис. 7.19, з). Одночасну обробку кількох поверхонь виконують набором фрез (рис. 7.20, а).

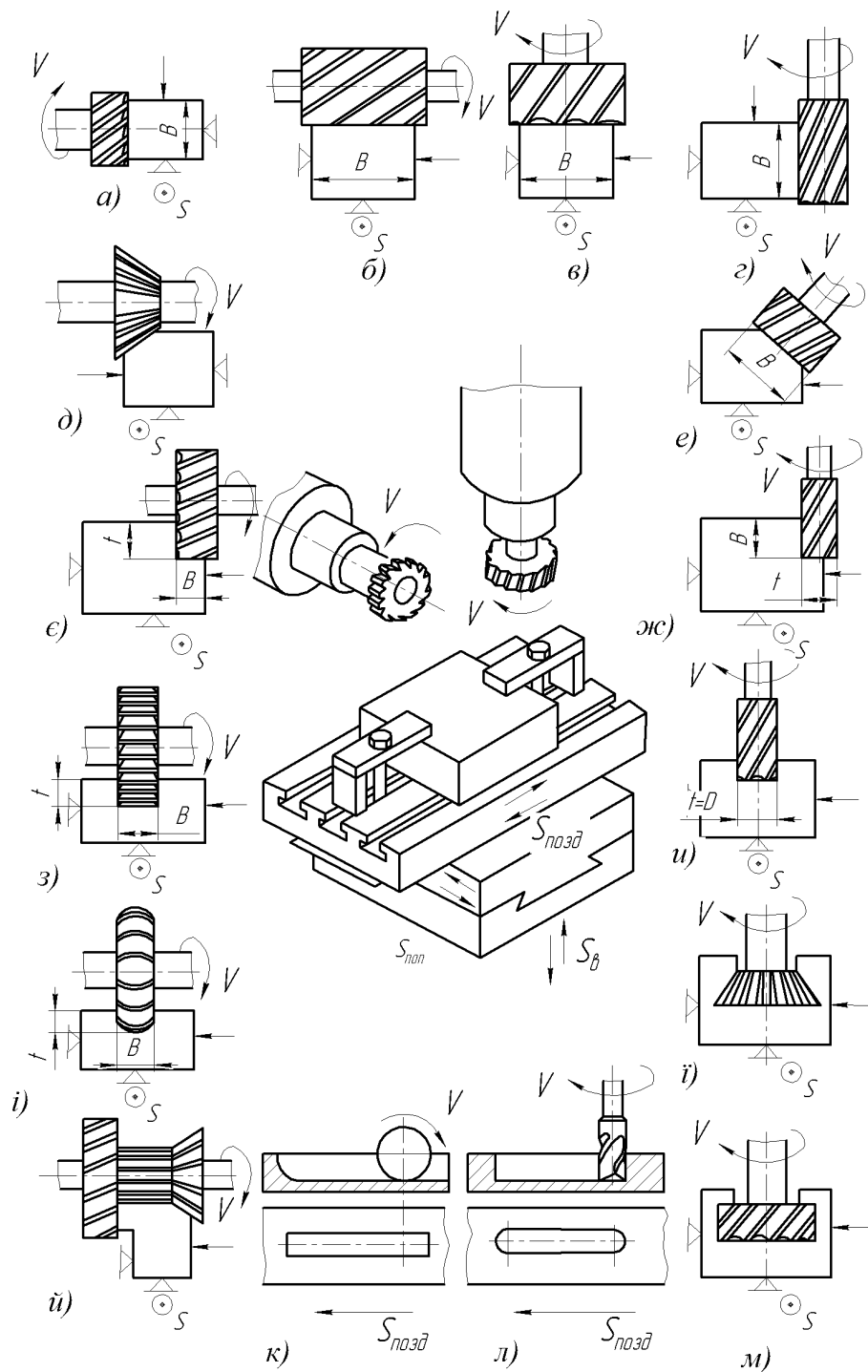


Рисунок 7.19 – Схеми руху фрези і заготовки при фрезеруванні:

S_n – поздовжня подача; S_{no} – поперечна подача; S_v – вертикальна подача

На поздовжньо-фрезерних верстатах торцевими і насадними фрезами обробляють вертикальні, горизонтальні, похилі поверхні, уступи і пази. Можна вести одночасне оброблення декількох поверхонь (рис. 7.20, а).

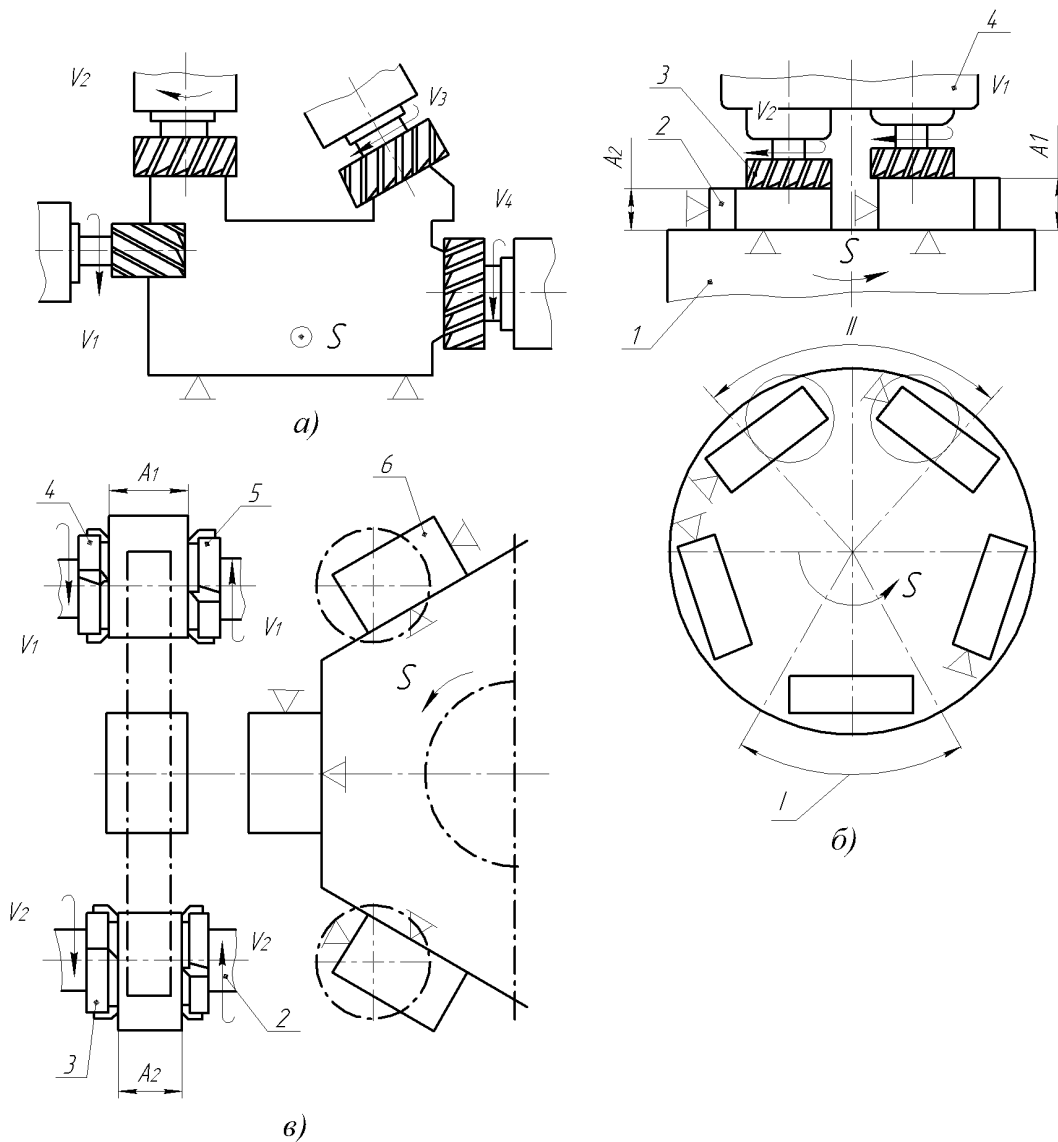


Рисунок 7.20 – Схеми фрезерування:

а – на поздовжньо-фрезерному верстаті; б – на карусельно-фрезерному верстаті: 1 – стіл; 2 – заготовка; 3 – фреза; 4 – фрезерна головка; I – зона завантаження; II – зона оброблення; в – на барабанно-фрезерному верстаті: 1 – барабан; 2,3,4,5 – фрези; 6 – заготовка

В крупносерійному і масовому виробництві отримав застосування високопродуктивний спосіб оброблення – неперервне фрезерування, який виконується на карусельно-фрезерних, барабанно-фрезерних верстатах

(рис. 7.21), а також на безконсольно-фрезерному верстаті (наприклад, типу 656 П) з поворотним столом.

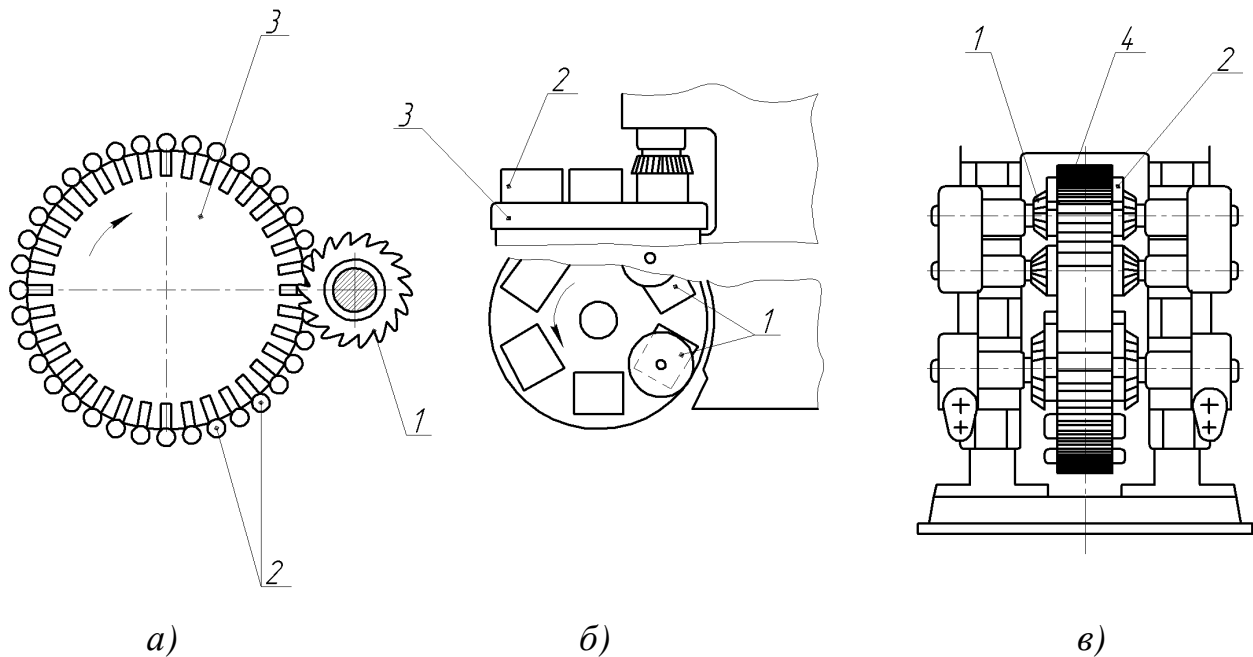


Рисунок 7.21 – Розміщення заготовок при обробленні на карусельно-фрезерному верстаті з одним шпинделем (а); карусельно-фрезерному верстаті з двома шпинделями (б); барабанно-фрезерному верстаті (в):

1 – фреза; 2 – заготовка; 3 – стіл; 4 – барабан

Використання таких верстатів дає можливість забезпечити неперервний цикл оброблення.

На карусельно-фрезерних верстатах оброблення горизонтальних поверхонь (в основному торцевими насадними фрезами) ведуть при неперервному обертанні стола (рис. 7.20, б; 7.21, а, б). Одна фреза (рис. 7.20, б) виконує чорнове оброблення в розмір A_1 , друга – остаточне оброблення в розмір A_2 .

Карусельно-фрезерні верстати оснащені круглим столом великого діаметру, що обертається і одним або двома вертикальними шпинделями (рис. 7.21, а, б). Їх застосовують для оброблення невеликих корпусних деталей. На столі верстата по колу встановлюють пристосування (рис. 7.21), їх кількість

залежить від розмірів стола, конфігурації і розмірів заготовки. В кожному пристосуванні встановлюється заготовка. Фрезерування здійснюють при безперервному обертанні стола. При цьому проводиться паралельно-послідовне чорнова і чистове оброблення. Оскільки зміна заготовки відбувається поза зоною фрезерування при обертанні стола, допоміжний час повністю перекривається машинним часом.

В барабанно-фрезерних верстатах стіл-барабан має горизонтальну вісь обертання; фрези верхніх фрезерних головок виконують попереднє оброблення (рис. 7.20, в) в розмір A_1 , а фрези нижніх головок – остаточне оброблення в розмір A_2 . Вертикальні поверхні обробляють торцевими насадними фрезами зі вставними ножами, а складні фасонні поверхні – на копіювально-фрезерних верстатах.

На барабанно-фрезерному верстаті оброблення ведуть торцевими фрезами при безперервному обертанні барабана відносно горизонтальної осі (рис. 7.21, в). Зміну заготовок здійснюють при безперервному обертанні барабана.

Оскільки столи карусельно-фрезерних і барабанно-фрезерних верстатів обертаються повільно, здійснюючи рух подачі, для забезпечення неперервності фрезерування, оброблювані поверхні слід розміщати близько одну від одної. В такому випадку оброблення буде економічним.

Поздовжньо-фрезерні верстати можуть мати кілька горизонтальних і вертикальних шпинделів (рис. 7.22) Це одностійкові або двостійкові верстати великого розміру, з поздовжньою подачею стола. На рис. 7.22 показано загальний вигляд поздовжньо-фрезерного верстата і приклад оброблення направляючих станини (рис. 7.23).

Підвищення продуктивності при фрезеруванні досягають збільшенням кількості одночасно оброблюваних заготовок і задіяних інструментів (паралельне, послідовне або безперервне фрезерування з маятниковою подачею). Крім цього, одним з шляхів скорочення основного часу обробки при фрезеруванні є впровадження швидкісного і силового фрезерування. Швидкісне

фрезерування характеризується підвищенням швидкостей різання: при обробленні сталі – до 350 м/хв, чавуну – до 450 м/хв, кольорових металів – до 2000 м/хв при невеликих подачах на зуб фрези: 0,05 – 0,12 мм/зуб – при обробленні сталей, 0,3 – 0,8 мм/зуб – при обробленні чавуну і кольорових сплавів.

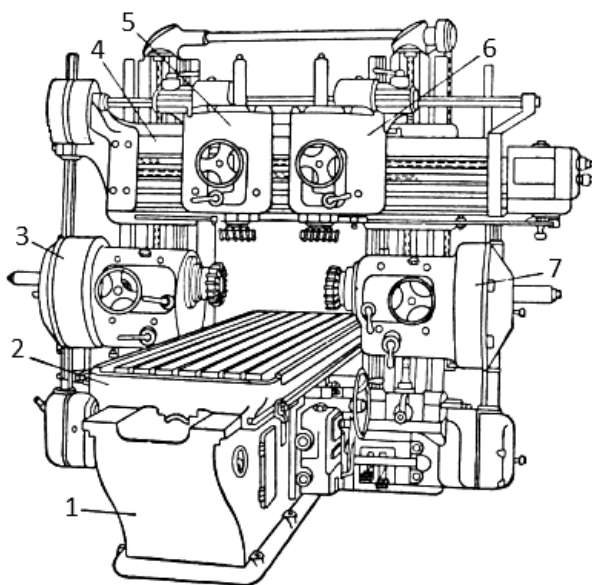


Рисунок 7.22 – Поздовжньо-фрезерний верстат:

1 – станина; 2 – стіл; 3,5,6,7 – шпинделі; 4 – поперечина

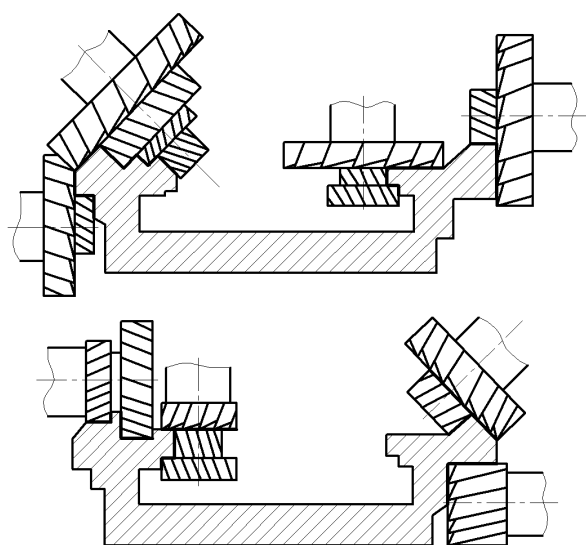


Рисунок 7.23 – Оброблення напрямних на поздовжньо-фрезерному верстаті

Силове фрезерування характеризується великими подачами на зуб фрези (більше 1 мм). Як швидкісне, так і силове фрезерування, виконується фрезами, оснащеними твердосплавними і керамічними пластинами.

Тонке фрезерування характеризується малими глибинами різання (менше 0,1 мм), малими подачами (0,05 – 0,10 мм/зуб) і великими швидкостями різання.

7.3. Протягування

Протягування є найбільш продуктивним методом оброблення плоских поверхонь. Протягування зовнішніх плоских поверхонь, завдяки високій продуктивності і прийнятній собівартості, знаходить широке застосування у серійному і масовому виробництвах. При обробленні зовнішніх, попередньо не оброблених поверхонь, за один хід протяжки досягаються висока точність розмірів і чистота поверхні (точність розмірів за сьомим – дев'ятим квалітетом, шорсткість поверхонь Ra 3,2 – 0,8 мкм).

Основними перевагами протягування, у порівнянні з фрезеруванням, є: висока продуктивність; висока точність; висока стійкість інструменту. Обмеженнями широкого застосування протягування є його висока вартість і складність виготовлення інструменту.

В процесі протягування кожен різальний зуб протяжки знімає шар металу, що становить частину припуску, а калібруючі зуби зачищають поверхню, при цьому вони довго не втрачають своєї форми і різальної здатності.

При обробленні плоских поверхонь застосовують звичайні і прогресивні протяжки (рис. 7.24).

В звичайних протяжках кожен зуб знімає стружку по всій ширині оброблюваної поверхні. В прогресивних протяжках різальні зуби виготовляють змінної ширини, що поступово збільшуються, і кожен зуб зрізає метал не по всій ширині оброблюваної поверхні, а смугою, причому ширина цих смуг з

кожним зубом збільшується, і тільки калібруючі зуби зачищають поверхню, яка обробляється, по всій ширині.

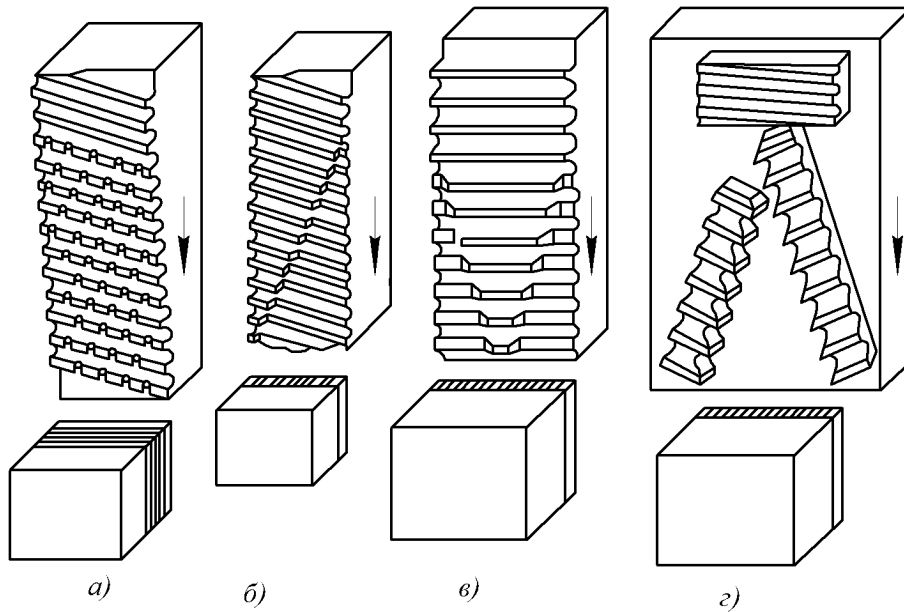


Рисунок 7.24 – Види плоских протяжок:

a – звичайні; *б, в, г* – прогресивні

При протягуванні необроблених поверхонь виливків та поковок звичайними плоскими протяжками, їх різальні кромки швидко затуплюються і викришуються. У прогресивних протяжок зуби служать довше. При протягуванні сталі за прогресивною схемою різання, зуби протяжки мають криволінійну увігнуту спинку, що сполучається з стружковою канавкою (рис. 7.25, *a*).

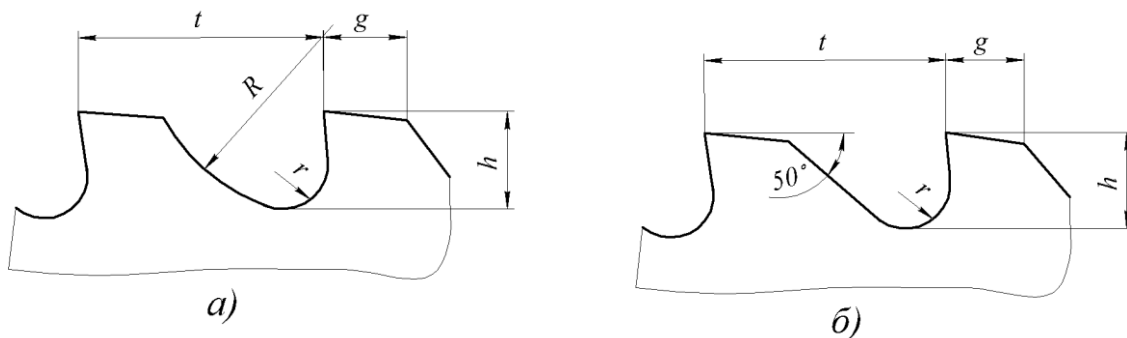


Рисунок 7.25 – Форми зубів протяжок:

a – з криволінійною спинкою; *б* – з прямолінійною спинкою

При протягуванні чавуну і кольорових металів, а також сталі за профільною схемою різання, застосовують зуби з прямолінійною спинкою (рис. 7.25, б), які простіші у виготовленні. Зуби з криволінійною спинкою дозволяють більш плавно і в більшому обсязі відводити стружку.

Для оброблення широких площин встановлюють декілька протяжок поруч. Протяжки для зовнішнього протягування зазвичай виконуються збірними, які складаються з корпусу і робочої частини. На рис. 7.26 показана зовнішня протяжка для горизонтально-протяжних верстатів загального призначення.

Протяжка має корпус з хвостовиком для закріплення в патроні тягової головки верстата. У корпусі кріпляться секції, які можна змінювати в міру затуплення.

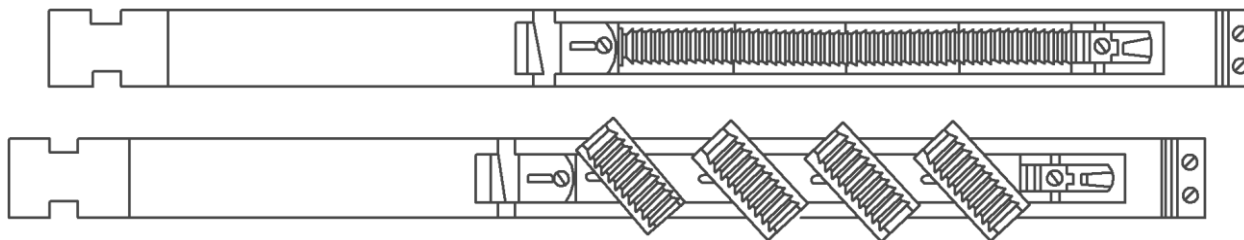


Рисунок 7.26 – Зовнішня збірна протяжка з хвостовою частиною для роботи на горизонтально-протяжних верстатах

Протягування зовнішніх поверхонь може здійснюватися на горизонтально-протяжних, вертикально-протяжних, карусельно-протяжних і протяжних верстатах безперервної дії. На горизонтально-протяжних верстатах рух різання здійснюється деталлю або протяжкою, на вертикально-протяжних верстатах рухається протяжка. Вертикально-протяжні верстати отримали широке поширення завдяки своїй компактності.

Висока продуктивність протягування забезпечується застосуванням верстатів безперервної дії різної конструкції. Верстати з ланцюговим приводом мають ланцюг, який переміщає закріплені на ній деталі відносно протяжки,

встановленої зверху. На карусельному і барабанно-протяжних верстатах деталі розміщуються по периметру столу або барабана, обертанням яких здійснюється різання металу (рис. 7.27).

Зазвичай, при протягуванні використовуються такі режими різання: подача на зуб $s_z = 0,1 - 0,4$ мм/зуб; швидкість різання $v = 6 - 12$ м/хв з максимальним припуском до 4 мм і шириною протягування до 350 мм.

7.4. Плоске шліфування поверхонь корпусних деталей

Плоске шліфування є одним з основних методів оброблення площин деталей машин (особливо загартованих) для досягнення необхідної якості і точності. У ряді випадків плоске шліфування може з успіхом замінити фрезерування і стругання.

Схеми оброблення на плоскошліфувальних верстатах зображені на рис. 7.28

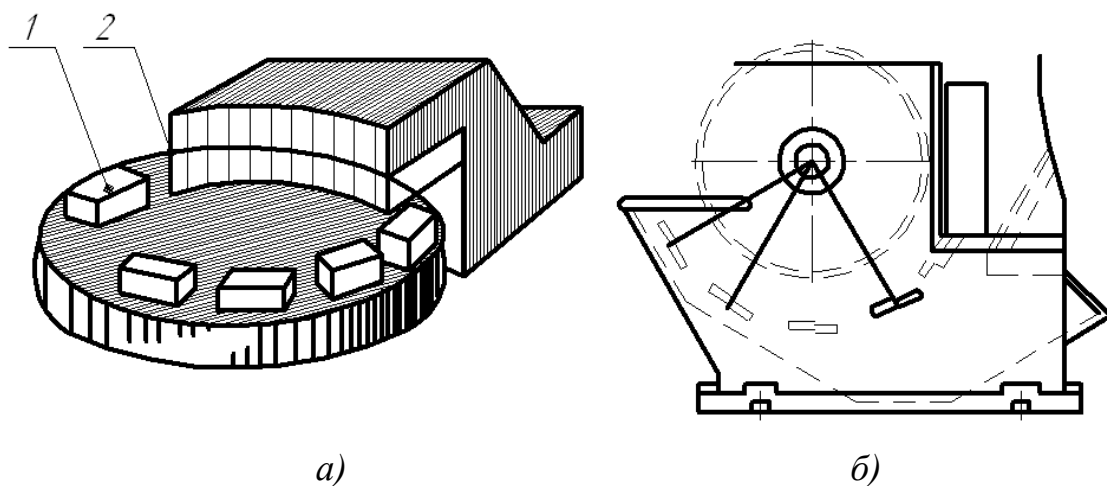


Рисунок 7.27 – Схема протягування на верстатах безперервної дії:
a – карусельному; *б* – барабанному; 1 – заготовка; 2 – протяжка

Шліфування плоских поверхонь застосовується як для обдирного, так і для чорнового та чистового оброблення. Припуск для обдирного шліфування приймається значно менший, ніж для фрезерування або стругання.

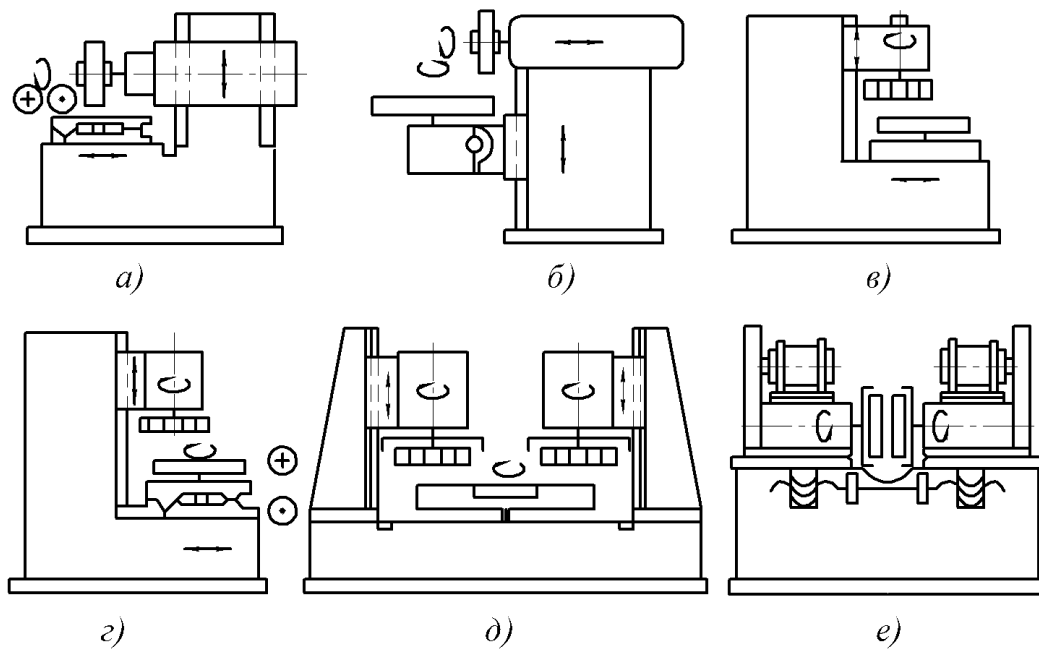


Рисунок 7.28 – Схема оброблювання на плоскошліфувальних верстатах:
a, б – з горизонтальними шпинделями, що працюють периферією шліфувального круга (*a* – з прямокутним столом; *б* – з круглим столом);
в, г – з вертикальними шпинделями, одношпиндельні, що працюють торцем шліфувального круга (*в* – з круглим столом; *г* – з прямокутним столом);
д, е – двошпиндельні верстати, що працюють торцем шліфувального круга (*д* – з двома вертикальними шпинделями; *е* – з двома горизонтальними шпинделями)

Обдирне шліфування застосовують при наявності твердої кірки або великої твердості оброблюваного матеріалу, що ускладнює фрезерування або стругання. Чорнове і чистове шліфування дозволяє отримати високу точність і чистоту поверхні.

Плоскошліфувальні верстати мають прямокутний або круглий стіл, причому верстати з круглим столом більш продуктивні. На них, у випадку малих припусків, можна виконувати безперервне шліфування. Переваги плоского шліфування особливо відчутні при обробленні неперервних поверхонь складного профілю. Фрезерування і стругання таких поверхонь здійснюється на понижених режимах, оскільки зуб фрези чи різець пересікає

ливарну кірку, що знижує стійкість інструменту. Крім цього, в чавунних деталях викришується метал на вихідних кромках, спостерігаються вібрації верстата. При шліфуванні таких явищ не виникає. Тому при проектуванні технологічних процесів механічного оброблення корпусних деталей необхідно враховувати переваги шліфування.

Шліфування проводиться торцевою частиною або периферією круга. При шліфуванні торцем круга застосовують чашкові або тарілчасті круги. (табл. 7.2).

Шліфування торцем круга більш продуктивне, ніж шліфування периферією, оскільки в процесі оброблення торцем круга, значна частина площі круга знаходиться в контакті з оброблюваною поверхнею.

При шліфуванні периферією круга досягається більш висока точність, ніж при шліфуванні торцем круга, тому шліфування периферією застосовують для остаточного оброблення точних деталей.

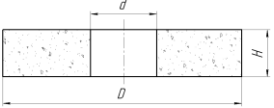
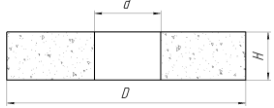
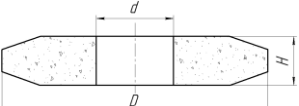
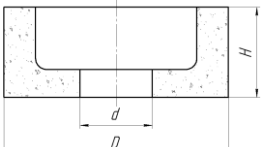
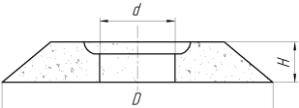
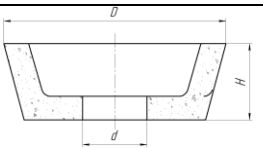
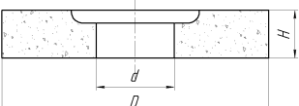
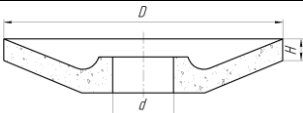
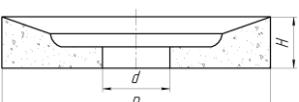
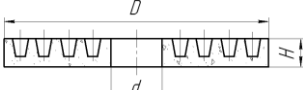
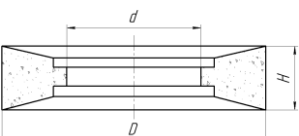
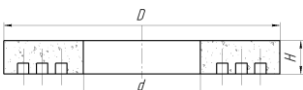
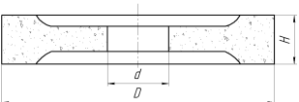
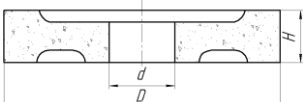
При шліфуванні периферією круга на верстатах з горизонтальною віссю шпинделя стіл верстата може здійснювати зворотно-поступальний і обертовий рух (рис. 7.29, *а, б*). При зворотно-поступальному русі столу (рис. 7.29, *а*) шліфувальний круг здійснює обертовий рух і рух поперечної подачі на кожен подвійний хід столу, а також радіальну подачу для переміщення його на глибину шліфування.

При обертовому русі столу (рис. 7.29, *б*) шліфувальний круг здійснює обертовий рух і одночасно зворотно-поступальний рух паралельно поверхні, яка обробляється.

Шліфування торцем круга здійснюють на плоскошліфувальних верстатах з вертикальною віссю шпинделя. Стіл верстата залежно від типу верстата (поздовжнього або карусельного типу) здійснює зворотно-поступальний або обертовий рух (рис. 7.29, *в, з*).

Шліфування периферією круга може здійснюватися трьома способами: 1 – багаторазовими робочими ходами, 2 – встановленим на розмір кругом, 3 – ступінчастим кругом.

Таблиця 7.2 – Типи абразивних кругів

Тип круга	Форма круга	Тип круга	Форма круга
ПП – прямого профілю		К – кільцеві	
2П – з двобічним конічним профілем		ЧЦ – чашкові циліндричні	
3П – з конічним профілем		ЧК – чашкові конічні	
ПВ – з виточкою		1Т – тарілчасті	
ПВК – з конічною виточкою		ПР – спеціальні	
ПВДК – з двосторонньою конічною виточкою		ПН – з запресованим кріпильним елементом	
ПВД – з двосторонньою виточкою		ПВДС – з двосторонньою виточкою і маточиною	

При першому способі (рис. 7.29, а) поперечний рух подачі круга проводиться після кожного поздовжнього ходу столу, а вертикальний – після робочого ходу по всій поверхні деталі.

При другому способі шліфувальний круг встановлюють на глибину (розмір), що дорівнює припуску, і при малій швидкості переміщення столу обробляють заготовку по всій довжині. Після кожного робочого ходу

шліфувальний круг переміщується в поперечному напрямку від 0,7 – 0,8 висоти круга. Для чистового робочого ходу залишають припуск 0,01 – 0,02 мм і знімають його першим способом. Цей спосіб застосовують при обробленні на потужних шліфувальних верстатах.

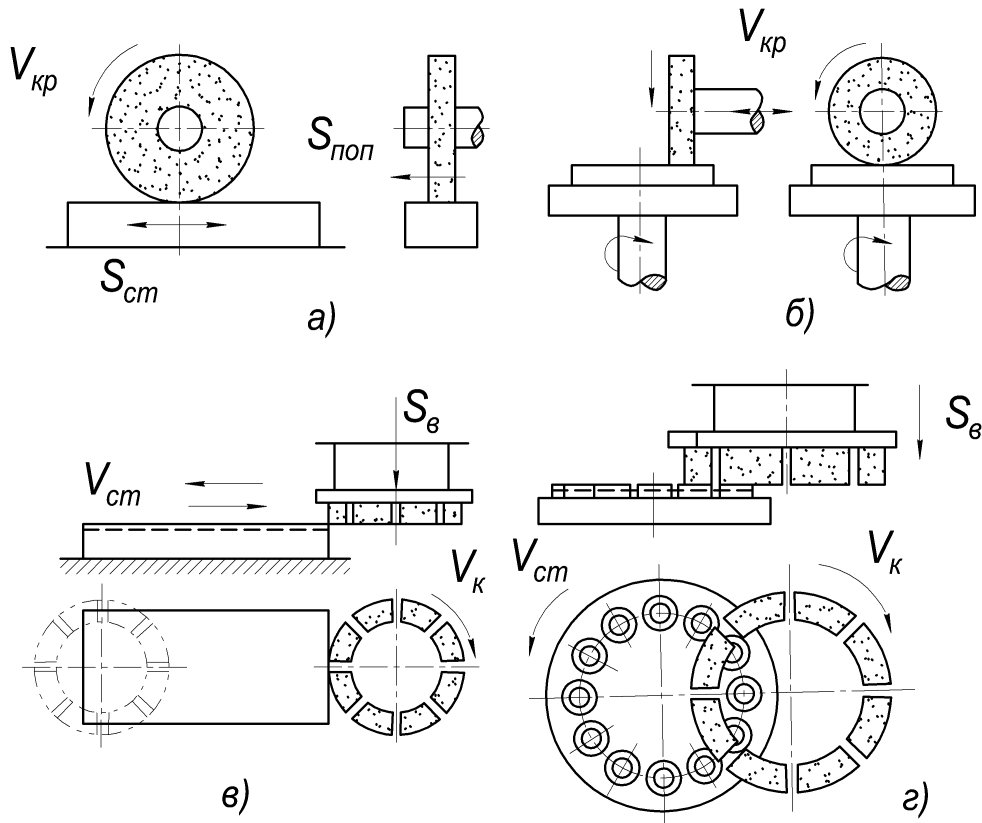


Рисунок 7.29 – Типові схеми шліфування площин:

а – периферією круга при зворотно-поступальному русі стола; *б* – периферією круга на обертовому столі; *в* – торцем круга при зворотно-поступальному русі стола; *г* – торцем круга на обертовому столі

При шліфуванні третім способом (рис. 7.30) круг профілюють ступінчасто.

Припуск на шліфування розподіляють між окремими ступенями круга і знімають за один робочий хід.

Плоским шліфуванням забезпечуються такі параметри точності розмірів та шорсткість. Напівчистове шліфування: шорсткість – Ra 3,2 мкм; квалітет точності – 8-11; площинність і прямолінійність (ступінь точності) – 7-8.

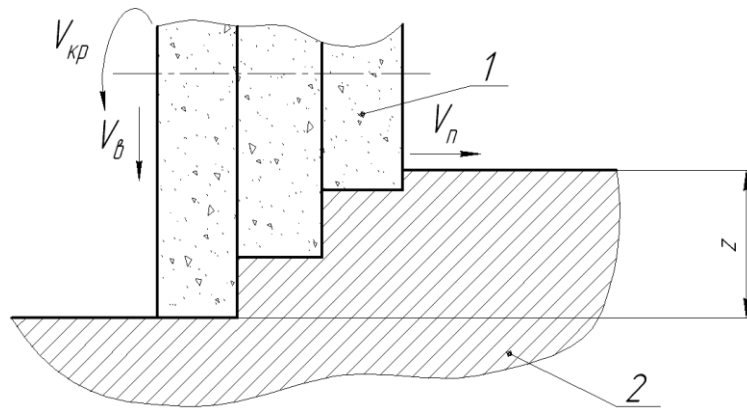


Рисунок 7.30 – Схема шліфування профільованим кругом:

1 – шліфувальний круг; 2 – оброблювальна поверхня

Чистове шліфування: шорсткість – Ra 0,8–1,6 мкм; квалітет – 6 - 8; площинність і прямолінійність (ступінь точності) – 5 – 6.

Тонке шліфування: шорсткість – Ra 0,2 (0,1) – 0,4 мкм; квалітет – 6 – 7; площинність і прямолінійність (ступінь точності) – 3 – 4.

Шліфування, як правило, проводять з використанням змащувально-охолоджувальних рідин.

7.5. Шабрування

Шабрування відносять до викінчувальних методів оброблення плоских поверхонь.

Суть шабрування полягає у зрізанні шаберами шарів металу (товщиною близько 0,005 мм) для отримання рівної поверхні після її чистового попереднього оброблення. Точність шабрування визначають за кількістю плям на площі 25×25 мм. Чим більше плям, тим точніше оброблення. Шабрування називають тонким, якщо при перевірці контрольної плитою число плям після оброблення більше 22 і Ra < 0,08 мкм, і чистовим, якщо число плям 6 – 10 і Ra < 1,6 мкм.

Шабрування виконують вручну або механічним способом за допомогою різального інструменту – шабера. Шабрування, що виконується вручну – мало продуктивний процес, вимагає великої затрати часу та високої кваліфікації робітника, але забезпечує високу точність. Механічний спосіб застосовують на спеціальних верстатах, на яких шабер здійснює зворотно-поступальний рух.

8. Оброблення отворів в корпусних деталях

8.1. Види отворів. Вимоги до внутрішніх циліндричних поверхонь

Отвори в деталях бувають циліндричні гладкі, ступінчасті і фасонні. Під ступінчастими отворами розуміють отвори різних діаметрів, які розташовані на одній осі, послідовно один за одним. Отвори можуть бути відкриті з двох сторін або з однієї сторони (глухі). Отвори вважаються глибокими коли співвідношення довжини отвору до його діаметра більше п'яти.

Основним технологічним завданням при обробленні отворів є забезпечення концентричності (співвісності) отворів з зовнішніми циліндричними поверхнями, перпендикулярність торців деталі до осі отвору, правильність циліндричної форми отвору. Основні похибки – це форма отвору в поздовжньому й поперечному напрямках.

Оброблення отворів (внутрішніх циліндричних поверхонь) займає значне місце серед всіх оброблюваних поверхонь деталей, і представляє собою найбільш відповідальну і трудомістку частину технологічного процесу виготовлення корпусних деталей.

Оброблення отворів більш складне, ніж зовнішніх поверхонь тіл обертання. У зв'язку із цим точність (квалітет) на отвори призначають на один порядок грубіше і, як правило, не точніше 7-го квалітету. Допуски призначають як у плюс, так і в мінус.

Отвори за їх призначенням і способам оброблення можна розділити на такі види.

1 – отвори під кріпильні деталі (болти, гвинти, шпильки, заклепки). Точність виготовлення таких отворів невисока (не вище 11-го квалітету, їх зазвичай отримують свердлінням).

2 – ступінчасті і гладкі отвори різної точності. Вони представляють собою тіла обертання. Їх обробляють свердлінням з подальшим зенкуванням або розвертуванням, розточуванням, шліфуванням.

3 – відповідальні отвори в корпусних деталях точністю до 6–7-го квалітетів. Їх обробляють розточуванням, шліфуванням, хонінгуванням.

4 – профільні отвори (наприклад, отвори з пазами). Їх обробляють протягуванням і прошиванням.

Оброблення отворів може проводитися зі зняттям і без зняття стружки. Оброблення зі зняттям стружки здійснюється лезовим і абразивним інструментом. До оброблення лезовим інструментом відносять свердління, зенкування, розвертування, розточування і протягування. До абразивного оброблення відносять шліфування і хонінгування. Оброблення отворів без зняття стружки проводиться шляхом калібрування за допомогою вигладжуючих прошивок (дорнів) і кульок, а також розкатуванням. В табл. 8.1, 8.2, 8.3 приведені параметри точності і шорсткості в залежності від методів оброблення внутрішніх циліндричних поверхонь.

В загальному випадку послідовність оброблення отворів наступна: свердління, розсвердлювання, зенкування, розточування, розвертування. Залежно від конкретних умов оброблення з цієї послідовності можуть бути вибрані різні поєднання методів оброблення.

Оброблення отворів поділяється на чорнове, чистове і викінчувальне. Для чорнового оброблення використовують високопродуктивне обладнання і інструменти. Чистове оброблення повинно забезпечити точність розмірів, геометричної форми і відносного положення отвору, який обробляється, а також точність положення та прямолінійність його осі. Для чистового оброблення необхідний інструмент високої стійкості, який забезпечує високу точність і чистоту поверхні, а також досить жорстке обладнання.

Таблиця 8.1 – Шорсткість поверхні і квалітети точності при лезовому обробленні внутрішніх циліндричних поверхонь

Метод оброблення	Свердління	Зенкування			Розвертання			Розточування			Протягування	
		чорнове	однократне	чистове	нормальне	точне	тонке	чорнове	чистове	тонке	чорнове	чистове
Квалітет точності	9-13	12-13	11-13	8-10	10-11	7-9	5-6	11-13	8-10	5-7	10-11	6-9
Шорсткість поверхонь Ra, мкм	1,6-2,5	6,3-25	6,3-25	0,8-6,3	0,8-12,5	0,4-6,3	0,1-3,2	1,6-2,5	0,4-6,3	0,2-3,2	0,8-12,5	0,2-6,3

Таблиця 8.2 – Шорсткість поверхонь і квалітет точності при абразивному обробленні внутрішніх циліндричних поверхонь

Метод оброблення	Шліфування			Фінішні методи	
	попереднє	чистове	тонке	Хонінгування	Притирання
Квалітет точності	8-9	6-7	5-6	5-6	4-5
Шорсткість поверхонь Ra, мкм	0,4-6,3	0,3-3,2	0,1-1,6	0,1-1,6	0,1-1,6

Таблиця 8.3 – Шорсткість поверхонь і квалітет точності при обробленні тиском внутрішніх циліндричних поверхонь

Метод оброблення	Оброблення тиском		
	Розтискування	Калібрування	Вигладжування
Квалітет точності	8-10	6-8	5-6
Шорсткість поверхонь Ra, мкм	0,4-6,3	0,1-6,3	0,1-0,4

В деяких випадках планують напівчистове оброблення отворів за допомогою різців, зенкерів або чорнових розверток. Викінчувальне оброблення застосовують у випадку необхідності для підвищення точності і чистоти оброблення.

При чорновому обробленні видаляється основна величина припуску і

забезпечується точність відносного положення осі отвору. Для підвищення точності отвору й зменшення шорсткості поверхні застосовують викінчувальні операції. Види і послідовність оброблення отворів, залежно від необхідної точності, наведені в табл.8.1.

8.2. Оброблення отворів лезовим інструментом

До способів лезового оброблення отворів належать свердління, зенкування, розвертування, розточування та протягування.

8.2.1. Свердління

Різальним інструментом при свердлінні є свердла (рис. 8.1). Найбільшого поширення набули спіральні свердла (рис. 8.1, *а, б*). За конструкцією та призначенням розрізняють свердла нормальні, для глибокого свердління і спеціальні. До нормальних відносять свердла спіральні, перові і центрувальні. До спеціальних свердел належать: напівкруглі – різновид рушничних свердел; одностороннього різання, які застосовуються для оброблення заготовок з чавуну, бронзи, латуні; рушничні – одностороннього різання із зовнішнім чи внутрішнім відводом змащувально-охолоджуючих рідин; кільцеві свердла для свердлення отворів діаметром 80 мм і більше. Для глибокого свердління точних отворів (наприклад, каналів для підведення мастила) застосовують подовжені спіральні свердла зі збільшеним кутом нахилу спіральної канавки.

Під час свердління таких отворів деталь перебуває у ванні з емульсією. Свердління заготовок з сірого чавуну проводять без охолодження. Для виготовлення глибоких отворів діаметром до 30 мм застосовують спеціальні спіральні свердла, що мають внутрішній канал для підведення охолоджуючої рідини. Однак, працювати таким свердлом важко, тому що його необхідно

періодично виводити з отвору для видалення стружки. Тому оброблення таких отворів у крупносерійному і масовому виробництві проводять на агрегатних верстатах з поділом глибини отвору на частини.

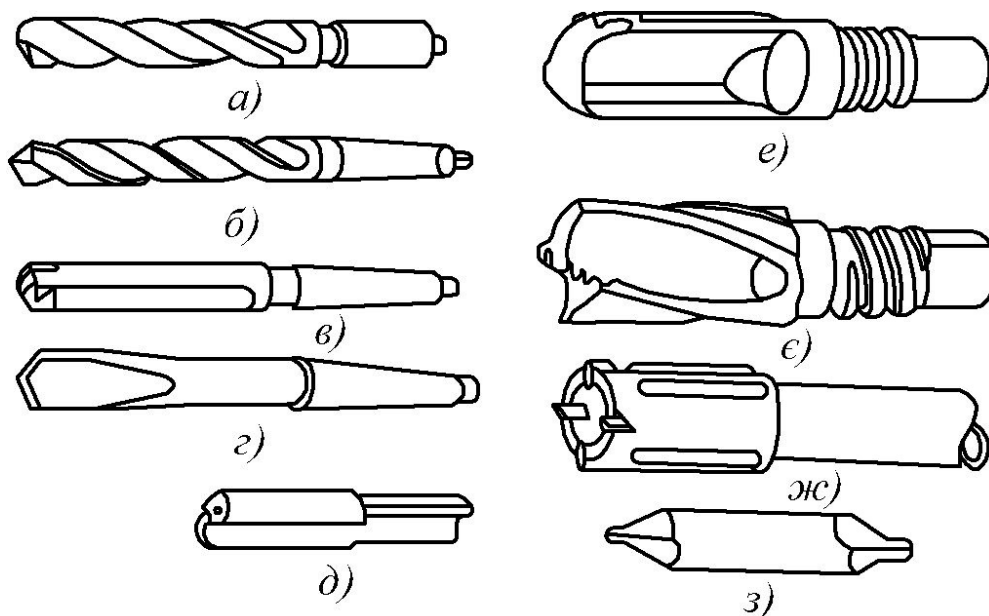


Рисунок 8.1 – Види сверدل:

a, б – спіральні; *в* – з прямими канавками; *г* – перове; *д* – рушничне; *е* – однокромочне; *є* – двокромочне; *ж* – для кільцевого свердління; *з* – центрувальне

Отвори в суцільному металі рекомендується свердлити спіральними свердлами у сталі до 28 мм, у чавуну до 32 мм за один прохід на свердлильних верстатах. При обробленні отворів більших діаметрів (до 80 мм) використовують два і більше переходи – звичайне свердління та розсвердлювання. Операцію розсвердлювання виконують для того, щоб зберегти міжцентрову відстань, коли оброблення отворів одним свердлом великого діаметру може дати значне відхилення осі отвору. Для свердління отворів діаметром понад 80 мм застосовують свердла або свердлильні головки спеціальних конструкцій. Цю операцію, як правило, виконують на розточувальних верстатах.

Перові свердла (рис. 8.1, *г*) застосовують порівняно рідко. Вони

представляють собою круглий стержень, на кінці якого відтягнута плоска лопатка, що має дві різальні крайки. Існують збірні конструкції перових свердел. Їх застосовують для грубого свердління.

Свердла глибокого свердління (рис. 8.1, *д-є*) застосовують для свердління глухих і наскрізних отворів в деталях великої довжини. Це рушничні, однокромочні і двокромочні свердла з внутрішнім відведенням стружки. Рушничні свердла застосовують для свердління отворів малих діаметрів, однокромочні і двокромочні – для отворів середніх і великих діаметрів.

Свердла кільцевого свердління (рис. 8.1, *ж*) застосовують для свердління отворів діаметром 80 – 200 мм і довжиною до 500 мм. Вони представляють собою порожнисту головку, в корпус якої вставляються різці та направляючі шпонки. Ці свердла вирізують у суцільному металі циліндричну поверхню, яка є відходом і може бути використана як заготовка для виготовлення інших деталей (рис. 8.2).

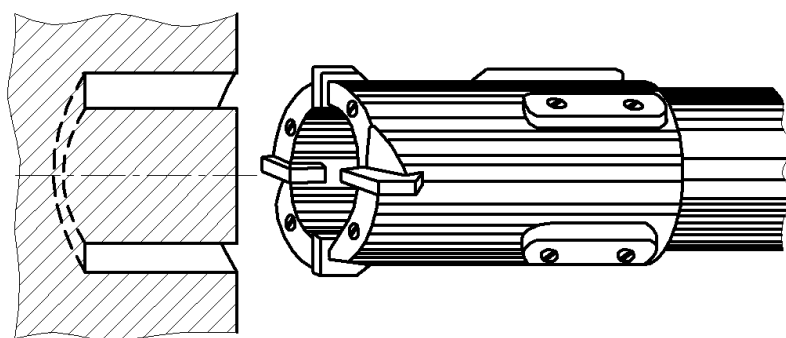


Рисунок 8.2 – Схема оброблення свердлом для кільцевого свердління

Центрувальними свердлами (рис. 8.1, *з*) обробляють центрові отвори.

Виготовляють свердла, оснащені пластинками з твердого сплаву, які мають більшу стійкість і дозволяють обробляти більш міцні і тверді матеріали. Корпус таких свердел виготовляється з інструментальних сталей.

В машинобудуванні найбільш широко поширені спіральні свердла з конічним і циліндричним хвостовиками. Інструментальна промисловість

випускає спіральні свердла із двома видами направляючих канавок – правим і лівим. Ліві свердла мають діаметр від 0,25 до 20 мм і циліндричний хвостовик. Використовують їх на токарних автоматах. Праві свердла з циліндричним хвостовиком в залежності від довжини робочої частини поділяють на довгі, діаметром від 2 до 20 мм і короткі, діаметром від 0,25 до 20 мм.

Спіральні свердла випускають з подовженим конічним хвостовиком діаметром від 6 до 30 мм і вкороченим – діаметром від 6 до 30 мм. Свердла дрібнорозмірні з потовщеним хвостовиком виготовляють діаметром від 0,1 до 1,0 мм.

Свердло, в порівнянні з іншими ріжучими інструментами, в процесі оброблення працює в досить важких умовах, які обумовлені утрудненим відведенням стружки і підведенням змашувально-охолоджувальної рідини. На відміну від різця, свердло не однолезовий, а багатлезовий ріжучий інструмент.

Свердління є основним способом одержання отворів у суцільному матеріалі. Рух різання при свердлінні – обертовий, рух подачі – поступальний.

Оброблення отворів може проводитися двома основними способами:

1) обертається свердло, одночасно здійснюючи подачу, а деталь нерухома, в такий спосіб отвори обробляються на свердлильних верстатах;

2) обертається заготовка, а подача здійснюється інструментом, який не обертається, а лише переміщається в осьовому напрямку, так обробляються отвори на токарних верстатах (рис. 8.3. 8.4).

На рис. 8.3 і 8.4 зображено способи встановлення свердел при обробленні отворів на токарних верстатах. На рис. 8.3 показано оброблення отвору на токарному верстаті, коли заготовка обертається, а свердло нерухоме, закріплене у пінолі задньої бабки, а на рис. 8.4 – закріплення свердла у різцетримачі верстата.

Точність відстані між осями отворів при свердлінні по розмітці становить $\pm (0,2 - 0,5)$ мм. В окремих випадках вона може бути підвищена до $\pm 0,1$ мм.

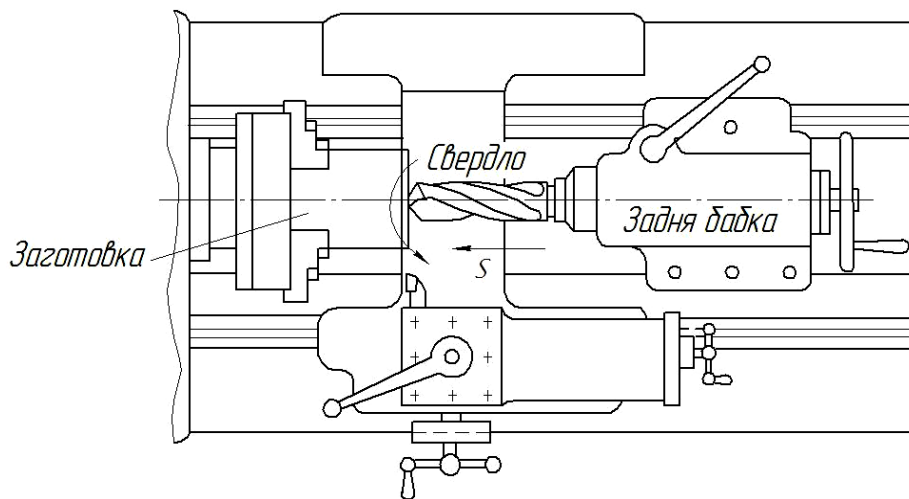


Рисунок 8.3 – Свердління на токарному верстаті зі встановленням свердла у пінолі задньої бабки верстата

Для зменшення відведення осі свердла при обробленні на свердлильних верстатах застосовують кондуктори з напрямними втулками. Оброблення в кондукторах дає добрі результати при відносно невеликій довжині отвору. Зі збільшенням довжини отвору внаслідок значного вільного вильоту ріжучої частини свердла вплив направляючої втулки виявляється недостатнім.

В залежності від розмірів і конструктивних форм деталей і серійності виробництва застосовують різні кондуктори – коробчастого типу, накладні і поворотні, а в одиничному та дрібносерійному – групові або універсальні зі змінними елементами, або виконують свердління по розмітці.

При свердлінні у кондукторі звичайної точності, точність відстаней між осями отворів діаметром від 3 до 80 мм становить $\pm(0,06-0,20)$ мм, а у кондукторі підвищеної точності $\pm(0,04-0,10)$ мм. На свердлильних верстатах з ЧПК точність міжцентрових відстаней – до $\pm 0,1$ мм без кондукторів. При $L=(3-5)d$ – свердлять без кондукторів. Застосування при свердлінні (особливо глибоких отворів) кондукторних втулок зменшує відведення свердла та підвищує точність оброблення до 10 –11-го квалітету.

Для зменшення відведення осі свердла при обробленні отворів у суцільному металі на револьверних верстатах і верстатах-автоматах, перед свердлінням рекомендується робити центрування (рис 8.1, з; 8.5, а).

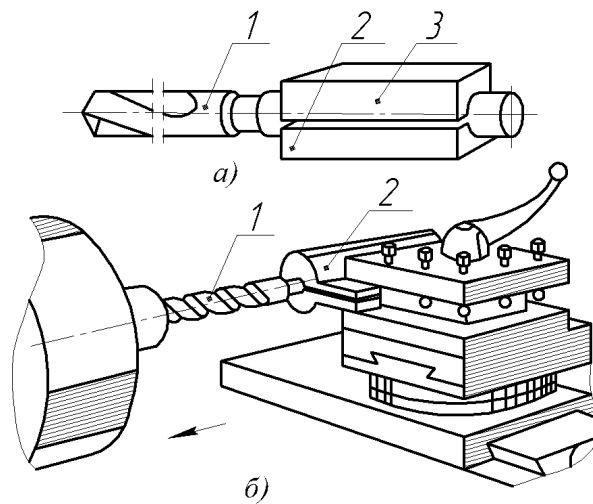


Рисунок 8.4 – Свердління на токарному верстаті із закріпленням свердла в різцетримачі:

a – свердло, яке встановлене в оправки; *б* – свердло з оправками, яке закріплене в різцетримачі; 1 – свердло; 2, 3 – оправки

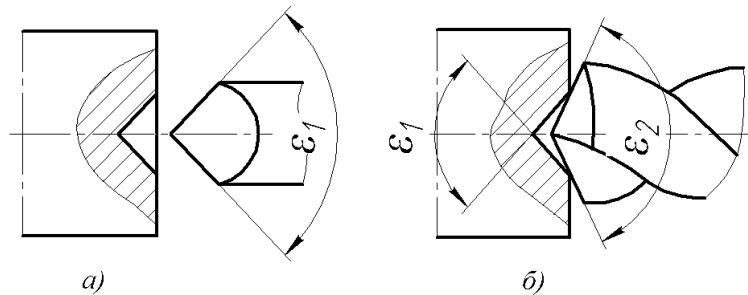


Рисунок 8.5 – Центрування отворів:

a – кут при вершині центрального свердла; *б* – кут при вершині спірального свердла

Кут при вершині ϵ_1 в центрального свердла повинен бути меншим, ніж у спірального (ϵ_2). Зазвичай він становить 90° . Попереднє центрування заготовок забезпечує більш точне напрямлення свердла, оскільки на початку процесу його перемичка не буде брати участь в роботі (рис. 8.5, *б*).

Зменшенню відведення осі свердла також сприяє зменшення осьового зусилля. Тому доцільно застосовувати свердла з підгостреною перемичкою, а при свердленні отворів малих діаметрів (менше 6–8 мм), у зв'язку з недостатньою міцністю й жорсткістю свердла, доцільно працювати з великою

швидкістю різання при невеликих подачах.

При обробленні глибоких отворів ($L/D > 10$) важко забезпечити спрямованість осі отвору щодо її внутрішньої циліндричної поверхні. Чим більша довжина отвору, тим більша можливість відведення інструменту. Для боротьби з відведенням свердла або викривленням осі отвору застосовують такі способи:

- застосування малих подач, ретельне заточування свердла;
- застосування попереднього засвердлювання (зацентрування);
- свердління з допомогою кондуктора;
- свердління заготовки, яка обертається при не обертовому або обертовому свердлі;
- свердління спеціальними свердлами при обертовій або нерухомій заготовці.

Суміщення центру свердла із центром оброблюваного отвору може проводитися як по розмітці, так і за допомогою кондуктора.

Щоб підвищити точність і покращити умови роботи, свердління слід вести в два або три переходи: спочатку по зазначених центрах отворів проводять свердління свердлом малого діаметру (приблизно рівним $0,25 d$, де d – діаметр отвору), потім свердлять свердлом діаметру d , якщо $d \leq 25 - 30$ мм. При роботі свердлами діаметром більше 30 мм, через наявність при вершині свердла перемички великої товщини, виникають значні осьові зусилля. Щоби перемичка другого свердла не брала участь у роботі, а також для більш рівномірного розподілу роботи різання між обома свердлами, діаметр першого свердла, як правило, вибирають рівним $d_1 \approx (0,5 - 0,6) d_2$ де d_2 – діаметр другого свердла. Оскільки перемичка свердла працює у несприятливих умовах і є причиною різкого збільшення осьової сили, її часто підточують різними способами. підточування збільшує передній кут перемички, зменшує її довжину, і тим самим знижує осьову силу різання.

Отвори великого діаметру (понад 60 – 70 мм) доцільно обробляти шляхом кільцевого свердління, тому що при звичайному свердлінні в стружку йде

значна кількість металу. При використанні ж кільцевого свердла (рис. 8.1, ж), більша частина металу залишається у вигляді осердя, придатного для подальшого використання.

Для свердління отворів діаметром понад 80 мм застосовують також свердла або свердлильні головки спеціальних конструкцій.

При свердлінні глибоких отворів оброблення часто проводять при спільному зустрічному обертанні деталі і свердла.

Для підвищення продуктивності праці при обробленні отворів в крупносерійному і масовому виробництві широко застосовують комбіновані різальні інструменти (рис. 8.6; 8.7), які дозволяють виконувати послідовно за один прохід чорнове і чистове оброблення поверхні або суміщати кілька видів оброблення (наприклад, свердління, зенкування, розвертування, підрізання торця), або обробляти кілька поверхонь.

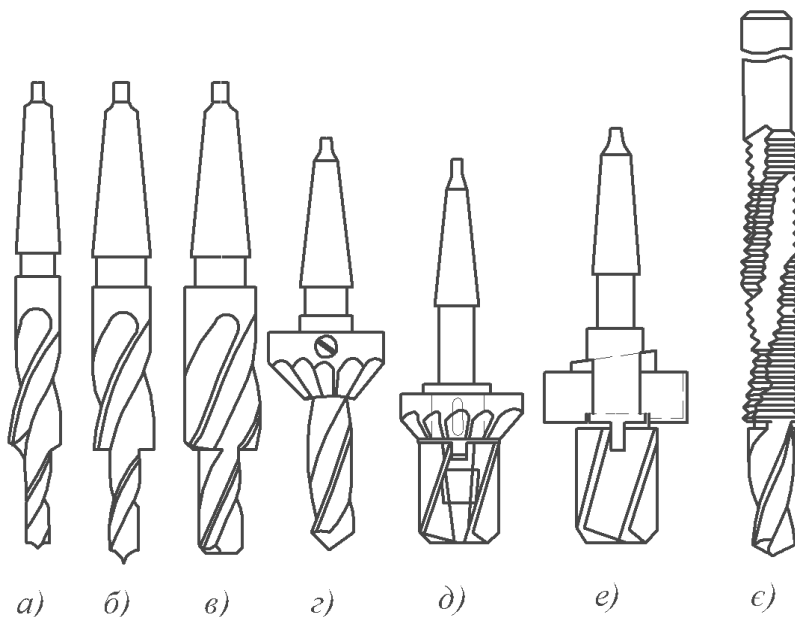


Рисунок 8.6 – Комбіновані інструменти:

a – ступінчасте свердло; *б* – свердло-зенкер; *в* – ступінчастий зенкер; *г* – свердло-зенківка; *д* – зенкер-зенківка; *е* – зенкер-цековка; *є* – свердло-мітчик

Комбіновані свердла при малому перепаді діаметрів ступенів виготовляються перешліфовуванням звичайних інструментів (рис. 8.7). Такі інструменти допускають порівняно невелику кількість переточок та обмежену довжиною ступені.

Одночасна обробка кількох отворів однієї деталі підвищує продуктивність праці завдяки скороченню часу різання й витрат часу на зміну ріжучого інструменту.

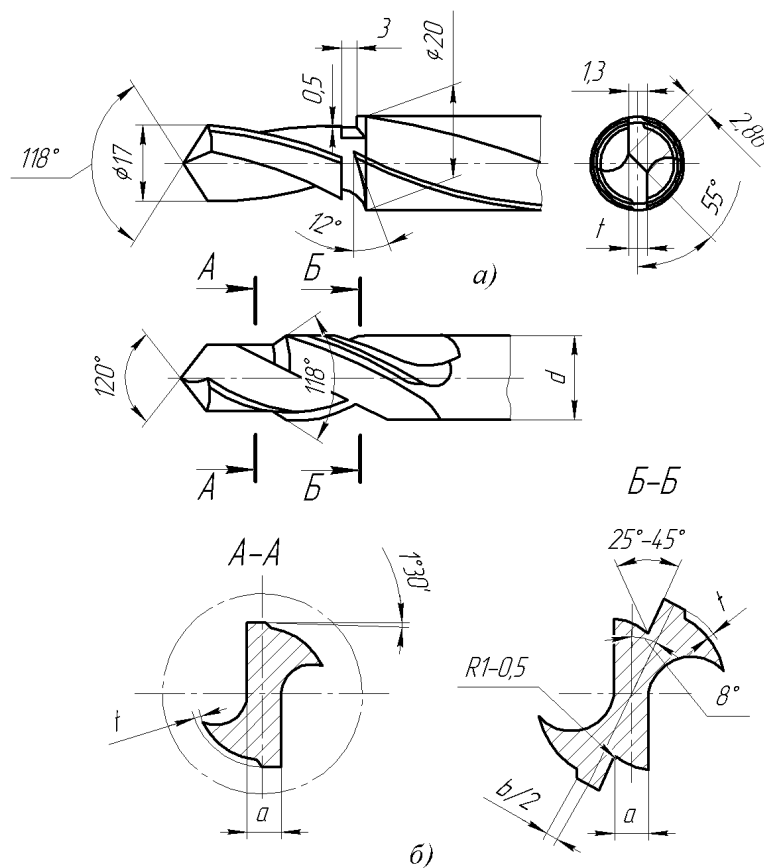


Рисунок 8.7 – Конструкції комбінованих свердл, які використовуються при малих перепадах діаметрів

Основні схеми розташування отворів, які обробляють за допомогою універсальних багатошпіндельних головок, наведені на рис. 8.8.

Якщо отвори розташовані в деталі на одній висоті і мають однакову глибину, то їх обробляють одночасно. Якщо отвори розташовані на різній висоті або глибина їх неоднакова, то оброблення різних отворів може починатися й закінчуватися в різний час. В обох випадках робочий хід головки починається із врізання найближчого до деталі інструмента й завершується по закінченню оброблення всіх отворів.

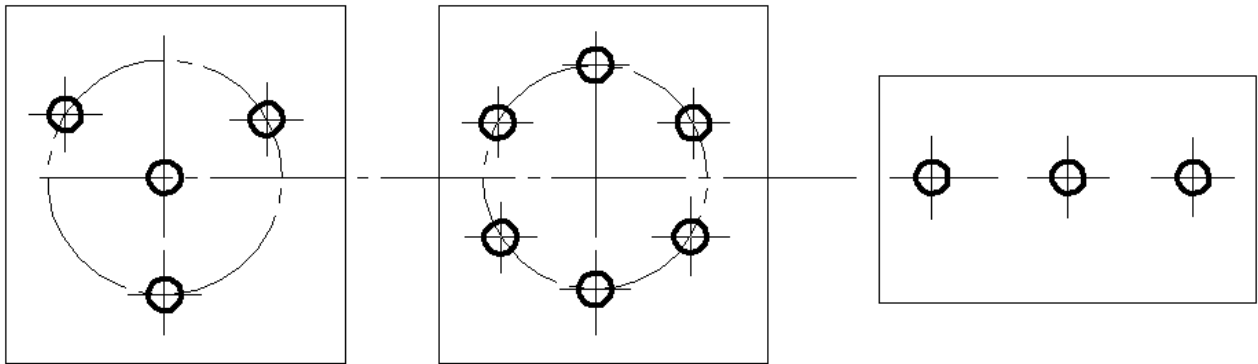


Рисунок 8.8 – Схеми розташування отворів, які обробляють з використанням багатошпindelних свердлильних головок

В більшості універсальних багатошпindelних свердлильних головок усі шпинделі обертаються з однаковою швидкістю, тому умови різання будуть сприятливими тільки при невеликій різниці діаметрів одночасно оброблюваних отворів. Багатошпindelні свердлильні головки також можуть бути використані для одночасного оброблення отворів у кількох деталях одного найменування, закріплених у відповідному пристосуванні. На них можна послідовно здійснювати позиційне оброблення отворів кількома інструментами подібно тому, як це проводиться на агрегатних верстатах. При позиційному обробленні, в той час, коли один отвір свердлять, інший – зенкерують, а, третій – розвертують. Одночасно з цим, у четвертій позиції знімають оброблену деталь і встановлюють нову заготовку. З однієї позиції в іншу деталі переміщуються при повороті круглого стола.

Існують спеціальні багатошпindelні свердлильні головки для оброблення отворів, розташованих по колу.

Для свердління отворів застосовують універсальні свердлильні верстати: вертикально-свердлильні і радіально-свердлильні (рис. 8.9).

Отвори в заготовках масою до 30 кг зазвичай обробляють на вертикально-свердлильних верстатах.

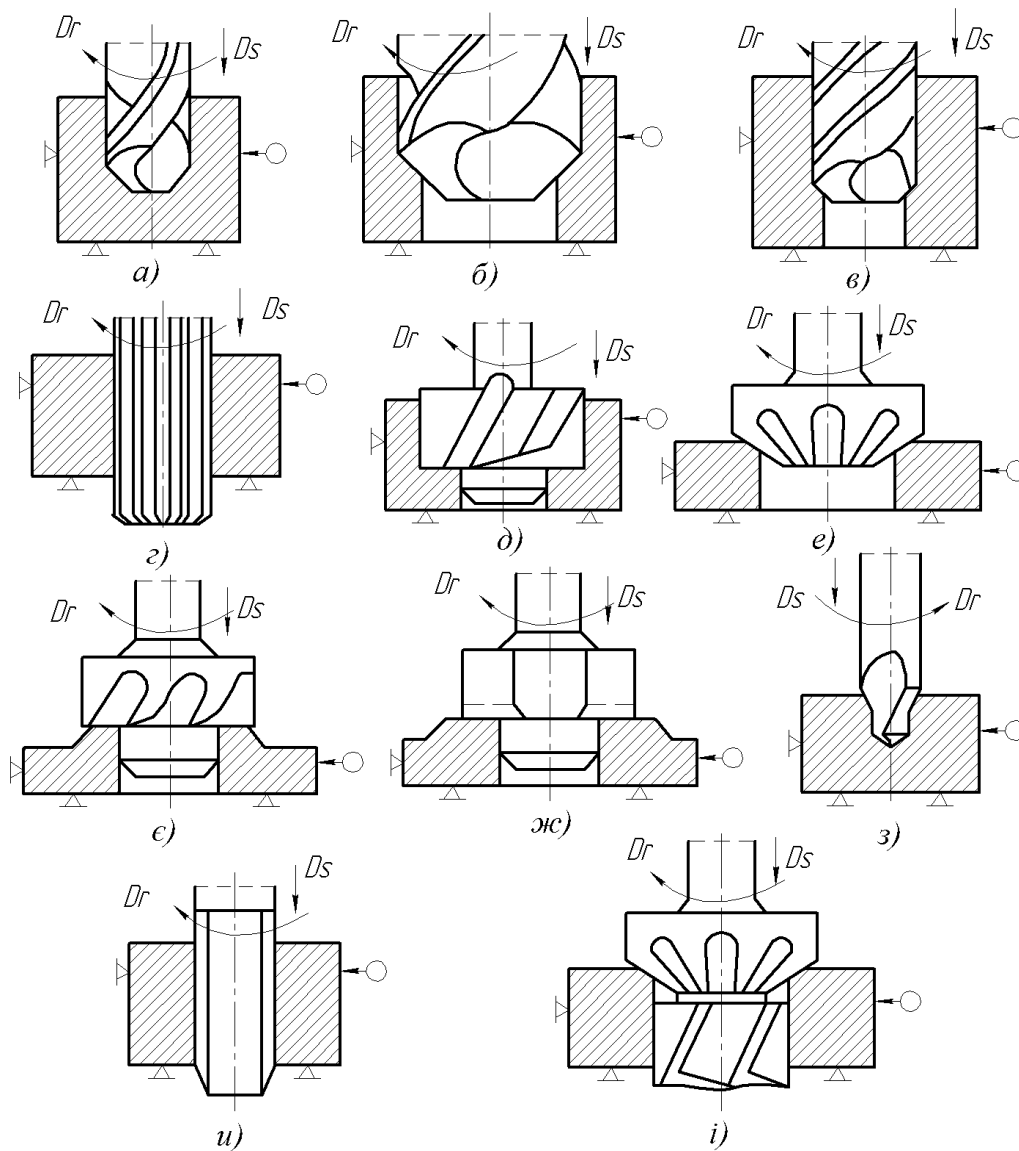


Рисунок 8.9 – Схеми оброблення отворів на свердлильних верстатах:
a – свердління; *б* – розсвердлювання; *в* – зенкування; *г* – розвертування; *д, е* – зенкування; *є, ж* – цекування; *з* – оброблення центровим свердлом; *й* – нарізання різи; *і* – нарізання складних отворів; D_r – рух різання; D_s – рух подачі

При більшій масі заготовок використовують радіально-свердлильні (рис. 8.10) або горизонтально-розточувальні верстати (рис. 8.11). При одиничному виробництві свердління отворів виконують за розміткою.

При обробленні деталей на свердлильних верстатах, коли доводиться застосовувати велику кількість різнойменних інструментів, для скорочення допоміжного часу на встановлення інструменту застосовують швидкозмінні патрони (рис. 8.12) і свердлильні верстати, оснащені револьверними головками.

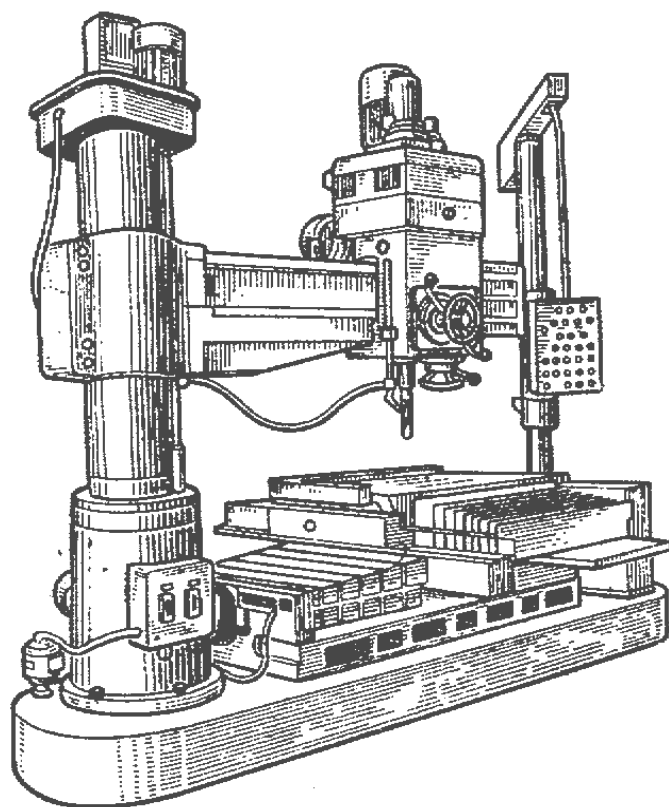


Рисунок 8.10 – Радіально-свердлильний верстат

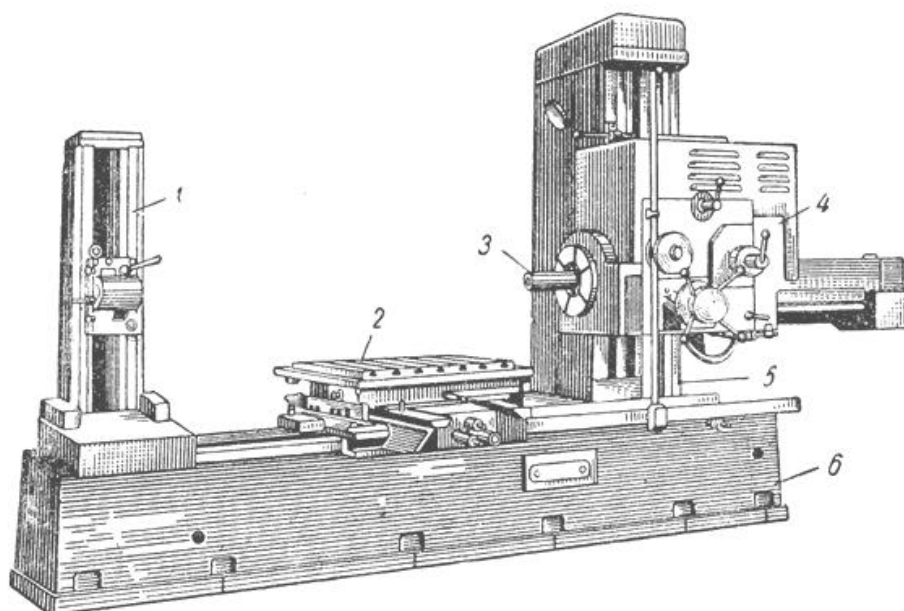


Рисунок 8.11 – Горизонтально-розточувальний верстат:
 1 – задня стійка; 2 – стіл; 3 – шпиндель; 4 – шпиндельна бабка; 5 –
 передня стійка; 6 – станина

На рис. 8.12 зображено послідовність оброблення отвору на одношпindelному вертикально-свердильному верстаті з застосуванням швидкозмінного патрона.

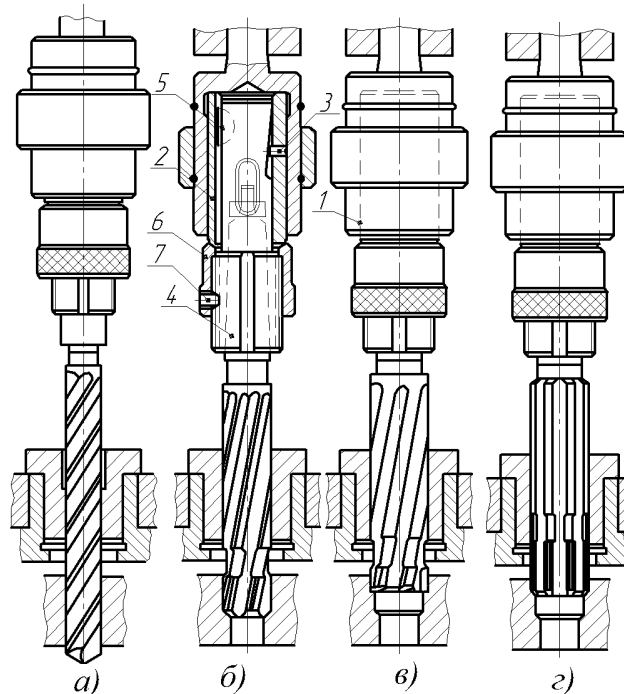


Рисунок 8.12 – Схема послідовного оброблення отворів (свердління, зенкування чорнове, чистове і розвертування) на вертикальному одношпindelному свердильному верстаті з використанням швидкозмінного патрона:

1 – швидкозмінний патрон; 2 – проміжна втулка; 3 – гвинт; 4 – регульовальна втулка; 5 – сегментна шпонка; 6 – гайка; 7 – гвинт

На (рис.8.13) зображений вертикально-свердильний верстат з ЧПК, оснащений шестипозиційною револьверною головкою. Автоматизовані переміщення робочих органів таких верстатів по осях X і Y забезпечують виконання оброблення отворів і фрезерування. Свердильні верстати оснащують позиційними пристроями ЧПК, що дозволяють автоматично встановити робочі органи в позицію, задану програмою. Ріжучий інструмент на свердлувальних верстатах з пристроями ЧПК закріплюють безпосередньо в кінцевому отворі шпинделя або за допомогою проміжних втулок і оправок.

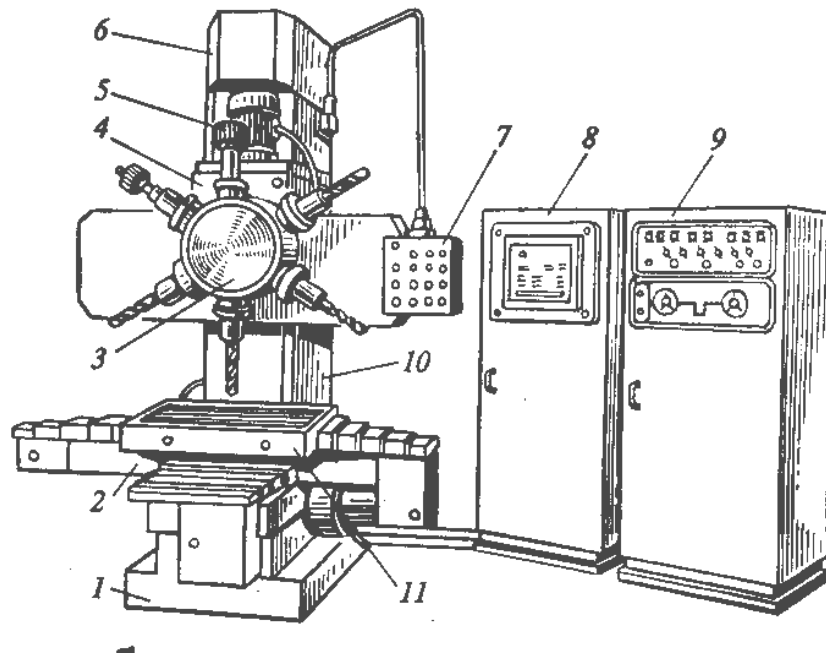


Рисунок 8.13 – Вертикально-свердильний верстат з ЧПК з револьверною
голівкою:

1 – основа; 2 – салазки стола; 3 – револьверна головка; 4 – супорт; 5 – коробка швидкостей; 6 – редуктор подач; 7 – підвісний пульт управління; 8 – електрообладнання; 9 – пристрій ЧПК; 10 – колона; 11 – стіл

В крупносерійному і масовому виробництві для одночасного оброблення кількох отворів використовують спеціальні багатошпindelні свердильні верстати (рис. 8.14) і спеціальні багатошпindelні головки (рис. 8.15), а у серійному – універсальні багатошпindelні свердильні головки. Конструкція свердильних головок, число шпindelів у них і спосіб регулювання відстані між шпindelями визначаються умовами виконуваної операції.

Свердління, зенкування і розвертування можна виконувати і на токарно-револьверних верстатах.

Для оброблення отворів у крупносерійному та масовому виробництві застосовують багатошпindelні агрегатні верстати, які скомпоновані зі стандартних свердильних головок. На цих верстатах можна одночасно

обробляти велику кількість отворів, які розміщені в різних площинах і з різних сторін деталі. Приклади схем компоновок багатошпindelних свердлильних головок приведені на рис. 8.16.

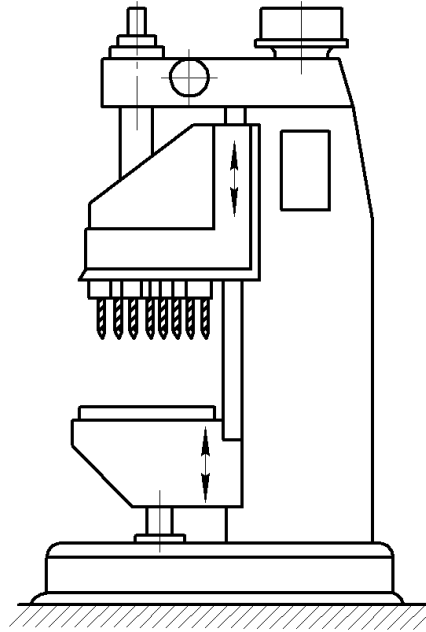


Рисунок 8.14 – Вертикально-свердлильний багатошпindelний верстат

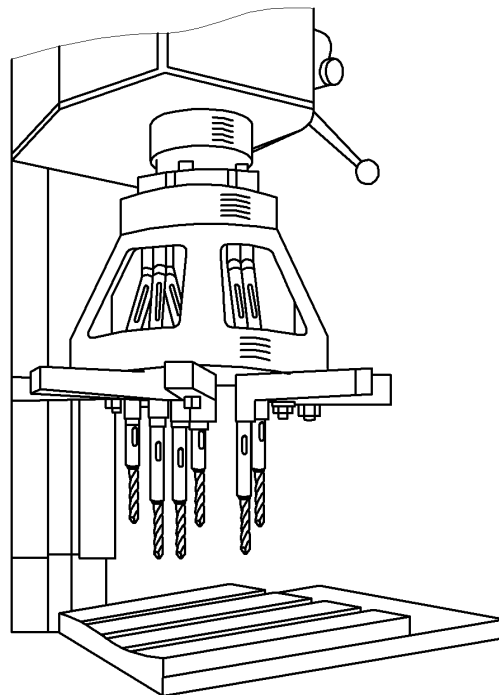
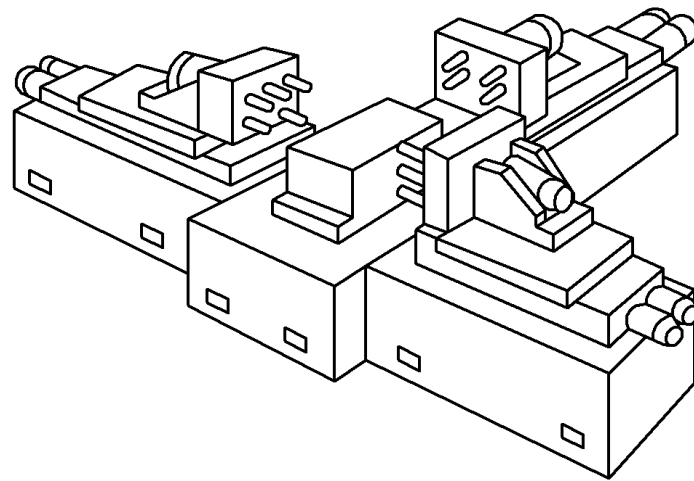
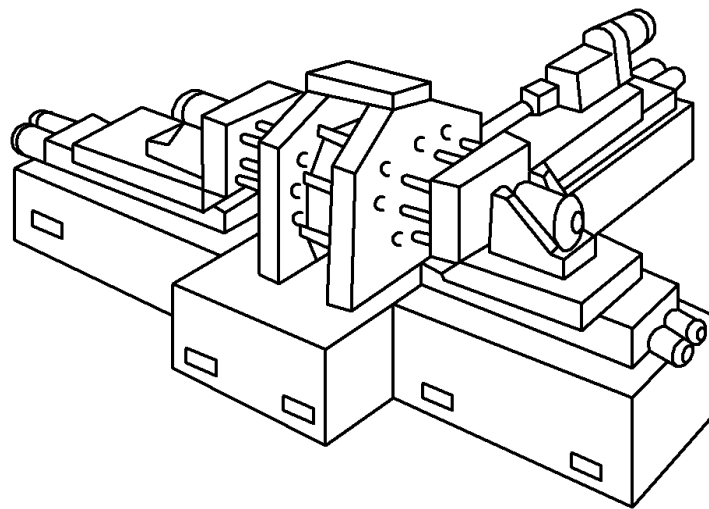


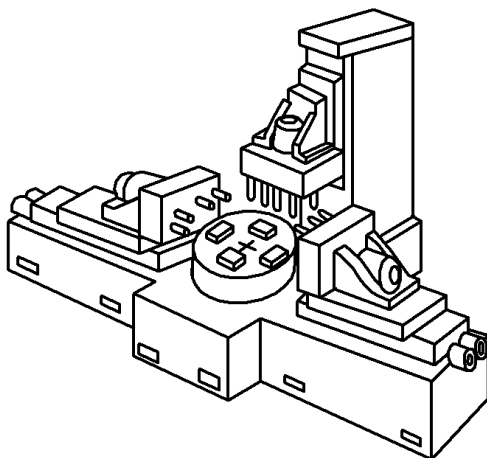
Рисунок 8.15 – Переналаджувана багатошпindelна свердлильна головка



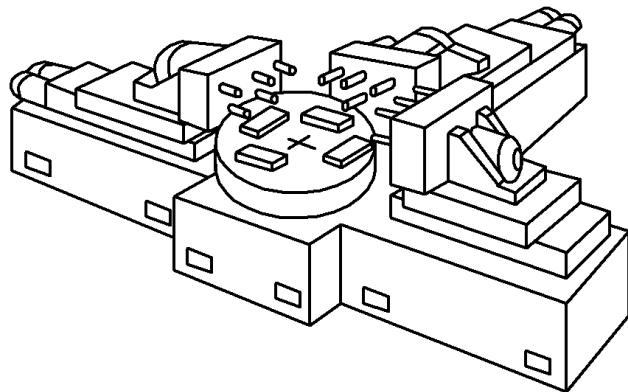
a)



б)



в)



г)

Рисунок – 8.16 – Типові компоновки агрегатних верстатів;
 а – з нерухомим столом; б – з поворотним барабаном; в, г – з поворотним

СТОЛОМ

В крупносерійному і масовому виробництвах отвори обробляють на агрегатних багатошпindelних свердлильних верстатах.

Оброблення отворів в корпусних деталях проводиться і на агрегатно-розточувальних верстатах, на яких можна проводити свердління, зенкування, розточування й розвертування циліндричних і конічних отворів, підрізання торців, зняття фасок, нарізування різі, розточування канавок і т.п. Головки агрегатних верстатів можуть переміщатися у вертикальному, горизонтальному й похилому напрямках. Це дає можливість створювати велику кількість технологічних компонувань верстатів. Для оброблення отворів на агрегатних верстатах широко використовують багатолезові, комбіновані та збірні інструменти, які заздалегідь можуть бути встановлені на необхідний розмір. Точність оброблення отворів на агрегатно-розточувальних верстатах відповідає 8–9 квалітету, а при використанні досить точних різальних інструментів та пристосувань, вона може бути і вищою.

У зв'язку з тим, що агрегатні верстати є спеціальним устаткуванням, то їх застосування вимагає ретельних економічних обґрунтувань.

Свердління, зенкування і розвертування можна виконувати і на токарно-револьверних верстатах.

Швидкість різання для свердел зі швидкорізальних сталей – 24 – 36 м/хв (0,4 – 0,6 м/с), а для твердосплавних свердел – більше 0,8 – 1,2 м/с. Подача свердел для сталей – 0,1 – 0,6 мм/об (для свердел діаметром 5 – 30 мм).

8.2.2. Зенкування

Зенкування служить для попереднього оброблення литих, штампованих або просвердлених отворів для подальшого розвертування, напівчистового розточування або протягування. При забезпеченні необхідної точності і шорсткості оброблених поверхонь (табл. 8.1), зенкування може бути остаточною операцією.

Різальним інструментом при зенкуванні є зенкери. Зенкери відрізняються від спіральних свердел тим, що мають не дві, а три або чотири ріжучі кромки і не мають перемички (рис. 8.17).

Залежно від призначення, зенкери виготовляють суцільними з числом зубів від 3 до 8 штук, діаметром 3 – 40 мм; насадними – 30 – 100 мм; збірними регульованими зі вставними ножами діаметром 40 – 120 мм і комбінованими (рис. 8.17; 8.18). Насадні зенкери найбільш часто застосовуються при обробленні декількох отворів діаметром більш 30 мм, які знаходяться на одній осі.

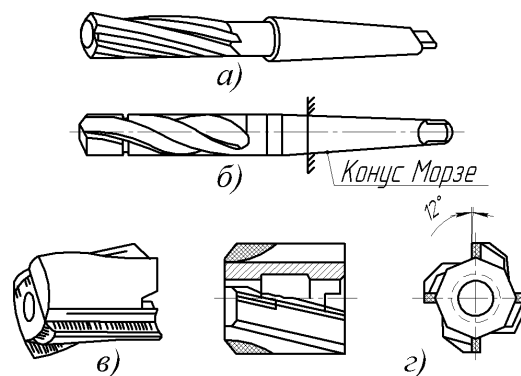


Рисунок 8.17 – Види зенкерів:

a – спіральний; *б* – спіральний з пластинками з твердого сплаву; *в* – насадний; *г* – насадний з пластинами із твердого сплаву

Зенкери поділяють на спіральні, циліндричні та конічні. Спіральні зенкери служать для оброблення наскрізних циліндричних отворів. Зенкери діаметром 12 – 35 мм виготовляють суцільними з конічними хвостовиками із трьома різальними зубами, а діаметром 25 – 80 мм – насадними з чотирма (рідше шістьма) різальними зубами. Насадні зенкери діаметром 60 – 175 мм виготовляють зі вставними рифленими ножами, які оснащені пластинками із твердих сплавів. Для зенкування отворів великого діапазону діаметрів – від 30 до 200 мм – застосовуються насадні двозубі зенкери.

Циліндричні зенкери призначені для оброблення торців в литих бобишках і отворів під циліндричні головки гвинтів.

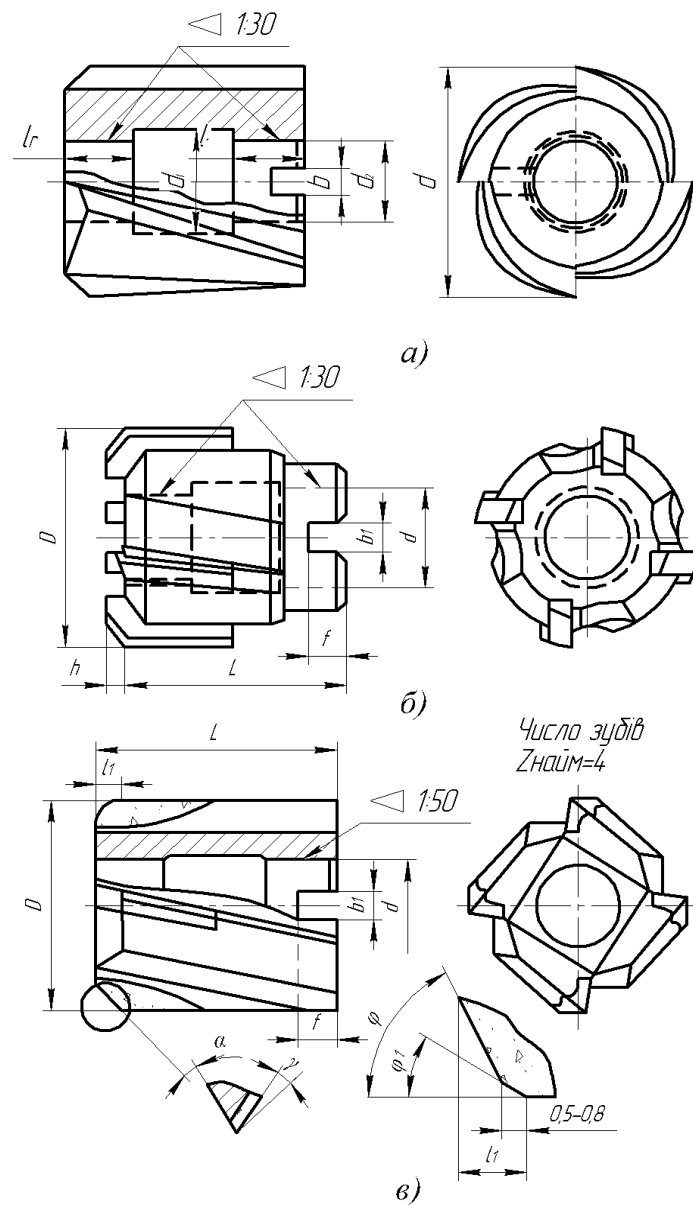


Рисунок 8.18 – Конструкція насадних зенкерів для розширення циліндричних отворів:

a – зенкер з гвинтовими канавками; *б* – зенкер збірний зі вставними ножами з швидкорізальної сталі; *в* – зенкер зі вставними ножами із твердого сплаву

Зенкер, що має, принаймні, три різальні кромки, значно міцніший від свердла, внаслідок чого оброблення отвору зенкером більш продуктивне від розточування та розсвердлювання. При зенкуванні краще забезпечуються прямолінійність осі отвору і правильність її положення. Однак, при нерівномірному припуску, неоднаковій твердості оброблюваного матеріалу, а також при наявності в ньому твердих включень, можливе відведення осі

зенкера, причому в чавунних деталях відчутніше, ніж у сталевих. Він може бути значним і на початку процесу зенкерування відлитих або прошитих отворів. Для попередження відведення інструменту, зенкуванню таких отворів повинно передувати розточування їх різцем до діаметра зенкера і на глибину, яка приблизно дорівнює половині його довжини.

Поверхня отвору, який оброблений зенкером, виходить більш чистою, ніж при свердлінні та розсвердлюванні. Точність діаметра отвору, який оброблений зенкером під наступне розвертування, досягається значно простіше, ніж при розточуванні. Це пов'язано з тим, що при зенкуванні відсутнє встановлення різального інструменту на необхідний розмір.

Зенкування застосовують також для оброблення фасок циліндричних і конічних заглиблень під головки заклепок, гвинтів, болтів і зачищення торцевих поверхонь.

Крім зенкерів, для оброблення фасок в отворах, застосовують зенківки і цековки (циліндричні зенківки) для оброблення гнізд під болти.

Конічними зенківками обробляють конічні гнізда під болти і заклепки та центрові отвори.

Циліндричні заглиблення та торцеві поверхні під головки болтів і гайок виконують цековками у вигляді насадних головок із чотирма зубами або спеціальних пластин (рис. 8.19). Цековки мають напрямні цапфи, що служать для забезпечення їх співвісності з оброблюваними отворами (рис. 8.19).

При чорновому зенкуванні забезпечується 12–13 квалітет точності при шорсткості Ra 25 мкм, після чистового зенкування 8–10 квалітет точності і Ra 6,3–0,4 мкм. Допуск призначають як у плюс, так і в мінус.

Припуск під зенкування попередньо просвердлених або розточених отворів становить приблизно $1/8 - 1/10$ діаметра отвору. Швидкість різання для твердосплавного інструменту при обробленні сталі – 25–120 м/хв, подача – 0,4–0,5 мм/об. Для чавунних заготовок відповідно швидкість різання становить 50–150 м/хв і подача – 0,3–0,6 мм/об. Отвори діаметром до 12 мм не зенкують, а відразу розвертають чорновими розвертками.

Глибина різання при зенкуванні дорівнює $(0,05 - 0,1) d_3$. Подача на зуб до $0,02 d_3$.

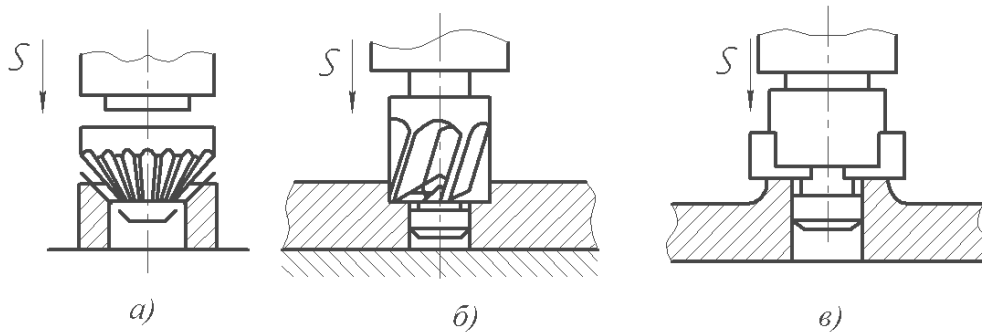


Рисунок 8.19 – Оброблення поверхонь за допомогою зенківок і цеківок:

a – оброблення фаски зенківкою; *б* – оброблення циліндричного заглиблення цеківкою з направляючою частиною; *в* – оброблення торцевої поверхні цеківкою з напрямною частиною

Для наскрізних отворів після свердління або ще не оброблених отворів у вихідній заготовці, застосовують спіральні зенкери, що працюють по «кірці».

Отвори під болти обробляють циліндричним свердлом і зенкерами. Конічні поверхні обробляють конічними зенківками.

Для зняття фасок або притуплення гострих кромek в отворі заготовок одним інструментом, використовується пружинний зенкер.

При обробленні високоміцних матеріалів ($\sigma > 750$ МПа) в зенкерах використовують твердосплавні різальні елементи, при цьому швидкість різання збільшується в 2 – 3 рази в порівнянні з зенкерами із швидкорізальної сталі.

Зенкування є досить продуктивним методом оброблення, підвищує точність попередньо оброблених отворів, частково виправляє скривлення осі після свердління. Застосування напрямних кондукторних втулок дозволяє значно підвищити точність оброблення.

На рис. 8.20 зображена послідовна обробка отвору в суцільному матеріалі на вертикально-свердильному верстаті з застосуванням направляючих втулок кондуктора.

В дрібносерійному виробництві на свердильних верстатах замість

зенкерів застосовують різці в оправках, вони дешевші у виготовленні, але менш продуктивні, ніж зенкери.

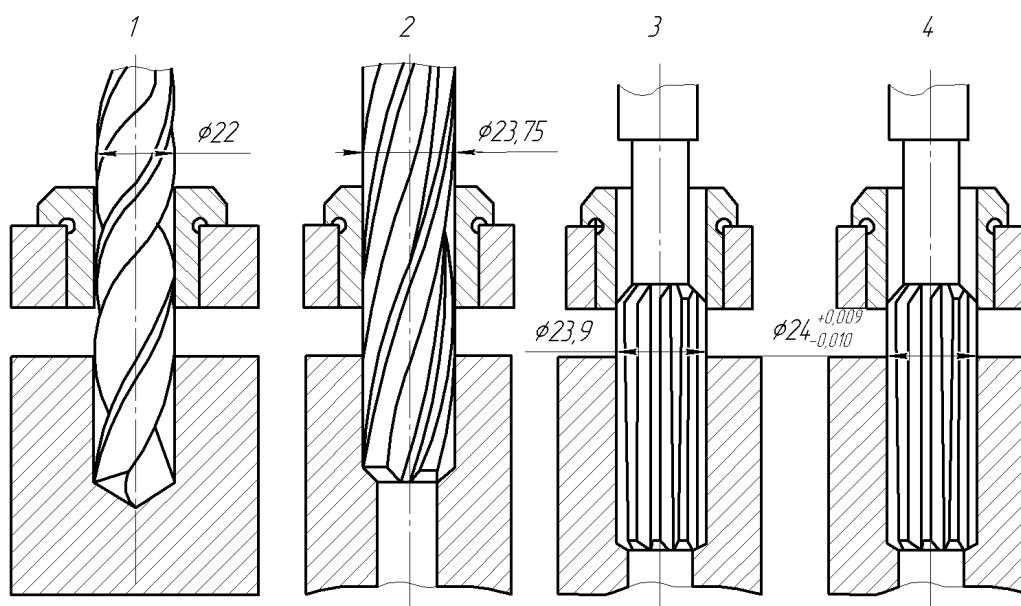


Рисунок 8.20 – Послідовність оброблення отворів у суцільному матеріалі з використанням направляючих втулок кондуктора:

1 – свердління; 2 – зенкування; 3 – чорнове розвертування; 4 – чистове розвертування

Для виправлення положення осі отвору, зменшення відведення її й забезпечення заданої точності, здійснюють зенкування з направленням інструменту в кондукторних втулках.

Розрізняють три способи направлення зенкера – верхнє, нижнє і подвійне (рис. 8.21).

При верхньому направленні (рис. 8.21, а) зенкер може направлятися у втулці 2 або спеціальною циліндричною частиною, або безпосередньо своїми калібрувальними стрічками. Нижнє направлення здійснюється втулкою 2 розташованою попереду деталі 3 (рис. 8.21, б). У цьому випадку на одній осі з зенкером передбачена спеціальна направляюча, виконана заодно із зенкером. Для забезпечення правильної початкової орієнтації зенкера необхідно, щоб його напрямна частина ввійшла у втулку перш, ніж почнеться процес різання.

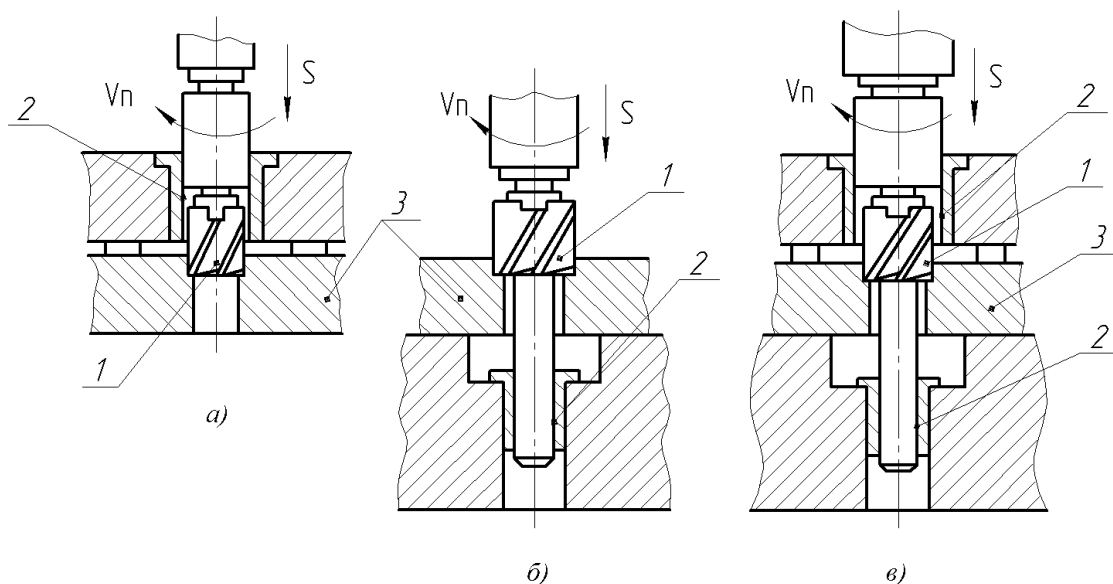


Рисунок 8.21 – Способи направлення зенкера:

a – верхнє направлення; *б* – нижнє направлення; *в* – подвійне направлення;
 1 – ріжуча частина зенкера; 2 – направляючі втулки; 3 – оброблювана деталь

Для оброблення отворів діаметром понад 25 мм доцільно забезпечувати подвійне направлення зенкера (рис. 8.21, в). З цією метою на зенкері передбачаються верхня і нижня направляючі.

При подвійному направленні зенкера виникають деякі труднощі, пов'язані з необхідністю поєднання більшого числа осей технологічної системи.

Для виключення впливу похибок через розбіжність осі шпинделя з осями зенкера й направляючих втулок, через биття шпинделя й інших похибок, пов'язаних з роботою верстата, застосовують шарнірне або плаваюче з'єднання інструменту з верстатом. У цьому випадку положення осі обробленого отвору буде в основному визначатися співвісністю напрямних елементів пристосування й зенкера і точністю їх виготовлення.

Підвищення продуктивності оброблення досягається застосуванням комбінованих зенкерів (рис. 8.22; 8.23). Не рекомендується застосовувати комбіновані зенкери з кількістю ступенів більше п'яти.

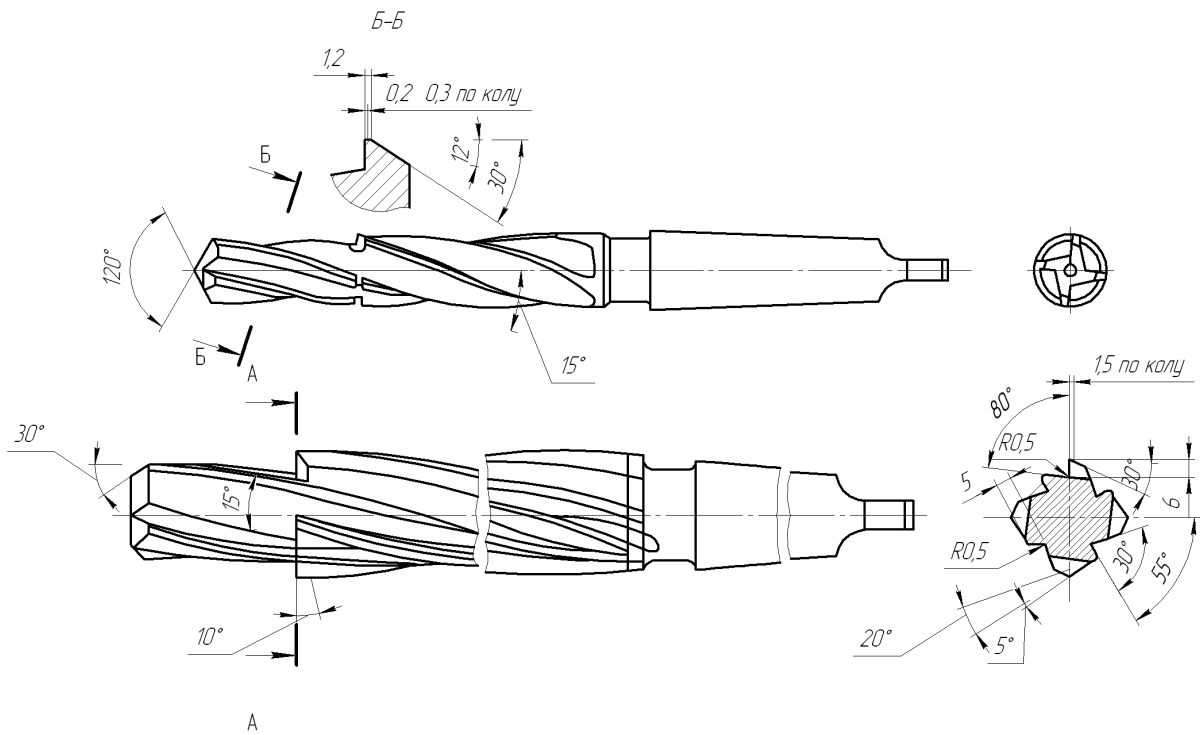


Рисунок 8.22 – Комбіновані зенкери з гвинтовими і прямими зубами

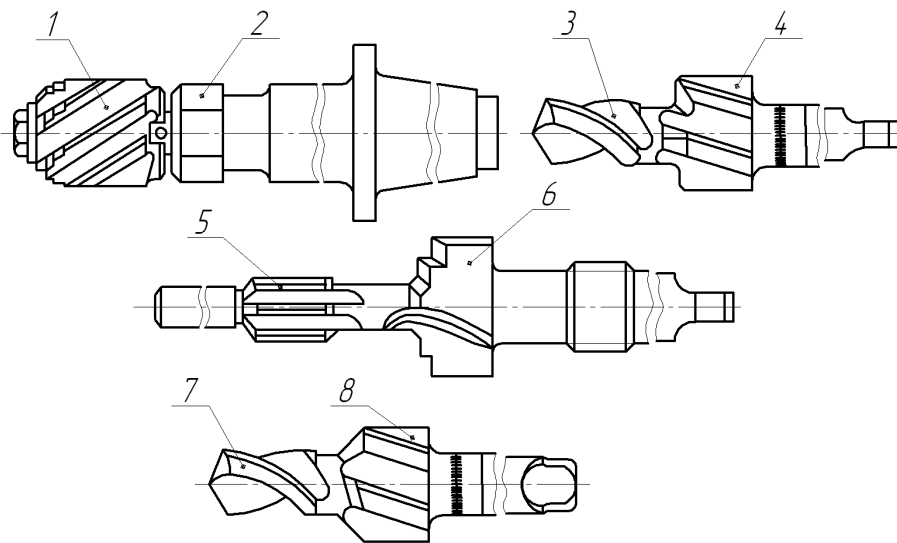


Рисунок 8.23 – Спеціальний комбінований інструмент:

- 1 – зенкер; 2 – зенківка; 3 – свердло; 4 – зенкер; 5 – розвертка; 6 – зенкер;
7 – свердло; 8 – зенківка

В процесі експлуатації зенкер переточують лише по плоскій передній поверхні. Зенкер закріплюється на оправці і центрується втулкою. Передача обертового моменту проводиться двома штифтами, запресованими в оправці.

Інструмент забезпечується вставкою у вигляді короткого свердла з циліндричним хвостом, що закінчується різьбою. Комбінований зенкер-свердло забезпечує виготовлення отворів 12 – 13 квалітетів і діаметром до 100 мм.

8.2.3. Розвертування

Одним з основних методів чистового оброблення отворів діаметром до 400 мм є розвертування. Розвертуванням досягається висока точність діаметральних розмірів і форми, а також мала шорсткість поверхонь. Розвертування дозволяє одержати отвори точністю по 6 – 7-му квалітету, а тонке розвертування (після дворазового розвертування) дає 5-й квалітет та шорсткість R_a 3,2 – 0,1 мкм. Слід зазначити, що оброблений отвір після розвертування виходить трохи більшого діаметру, ніж діаметр самої розвертки. Така різниця може становити 0,005 – 0,08 мм. Розвертуванням обробляють отвори тих самих діаметрів, що й при зенкеруванні. Розвертуванню завжди передуює свердління, зенкування або розточування.

Розвертування застосовують у тих випадках, коли необхідно отримати точність і якість поверхні вищою, ніж це може бути досягнуто зенкуванням. Розвертка має більше різальних кромки, ніж зенкер, тому при розвертуванні зменшується товщина стружки і підвищується точність отворів. В зенкера 3 – 9 різальних кромки забезпечують знімання металу, у розвертки 5 – 14 різальних кромки.

Розвертки бувають циліндричні, ступінчасті і конусні, з прямими і гвинтовими канавками. На рис. 8.24 зображені різновиди розверток. Розвертки з прямими канавками застосовують для оброблення гладких отворів, а розвертки з гвинтовими канавками застосовують для обробки отворів з пазами.

Розвертки бувають ручні та машинні, їх виготовляють суцільними і розсувними. Ручні розвертки мають довгі зуби і довгу конічну заточену частину, яка називається різальною (або забірною).

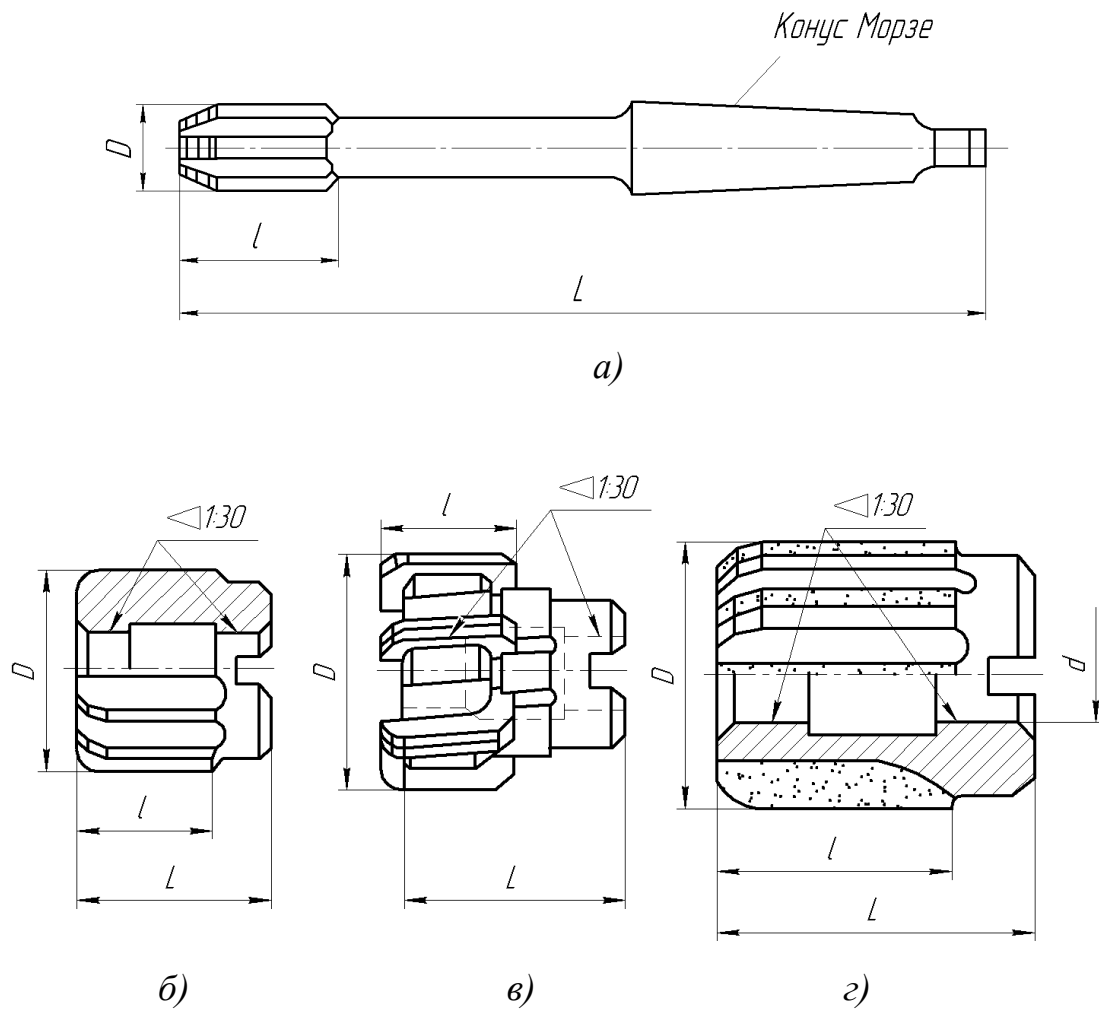


Рисунок 8.24 – Види розверток:

- a* – машинна розвертка з конічним хвостовиком; *б* – насадна розвертка;
в – машинна розвертка з вставними ножами;
г – насадна розвертка з пластинами з твердого сплаву

Ручні циліндричні розвертки з прямими й гвинтовими зубами використовуються для оброблення отворів діаметром від 3 до 50 мм; машинні суцільні з циліндричним і конічним хвостовиками застосовують для отворів діаметром від 25 до 80 мм; машинні зі вставними регульованими ножами – для отворів діаметром від 40 до 100 мм; машинні насадні твердосплавні – для отворів діаметром від 52 до 200мм.

З метою економії інструментальних сталей для оброблення отворів діаметром більш 30 мм застосовують насадні розвертки. Для оброблення

отворів діаметром 35 – 150 мм застосовують розвертки зі вставними ножами.

Технологічні особливості розверток такі, що в процесі роботи вони піддаються впливу значних радіальних й незначних осьових навантажень. Тому розвертки не забезпечують точності напрямку осі отвору, вони самі намагаються встановитися по отвору.

Для забезпечення точності напрямку осі отвору перед розвертуванням його необхідно розточити різцем або іншим інструментом з примусовим центруванням і точним направленням. Це досягається розточуванням різцем або іншими інструментами (різцевою або розточною головкою, зенкером) з примусовим центруванням і надійним направленням.

Закріплюватися розвертка повинна таким чином, щоб під час роботи вона вільно встановлювалася по отвору або мала точне направлення. Це досягається за допомогою самовстановлювальних патронів – коливних і плаваючих. (рис. 8.25).

Коливний патрон (рис. 8.25, *a*) являє собою оправку, на конусну частину якої, насаджують розвертку і закріплюють її торцевою шпонкою. Другий кінець оправки входить в корпус патрона з великим зазором. Цей зазор дозволяє розвертці зайняти правильне положення в оброблюваному отворі завдяки коливанню оправки на осі, закріпленій в корпусі патрона.

В плаваючих патронах розвертка може вільно переміщатися паралельно сама собі, центруючись в оброблюваному отворі. Завдяки цьому навіть при неспівпадінні осей патрона і оброблюваного отвору, вона займає правильне положення.

Одна з конструкцій плаваючого патрона представлена на рис. 8.25, *б*. Оправка 9, в яку вставляють конусний хвостовик розвертки, зв'язана з хвостовиком 1 патрона за допомогою корпуса 7 і упорного кулькового підшипника, що складається з обойми 5, кульок 4 і опорної плити 2. Обертання хвостовика 1 передається оправці 9 через поводок 5 і чотири кульки 6. Пази в оправці 9, в яких знаходяться кульки, дозволяють їй разом з розверткою переміщатися на невелику величину паралельно осі кульок. Для усунення

зазору в упорному підшипнику патрон регулюють шляхом обертання корпусу 7. В потрібному положенні корпус закріплюють гвинтом 8.

Самоустановлювальний патрон, зображений на рис. 8.25, в, дає можливість переміщатися розвертці паралельно самій собі й відхилятися їй на деякий кут. Тут зв'язок між оправкою 9 і хвостовиком здійснюється повідком 5 з шестигранними головками, зміщеними одна відносно одної на 30 градусів. Корпус 7 за допомогою пружини 11 утримує поводок в отворах хвостовика оправки. Між оправкою і хвостовиком розташований упорний кульковий підшипник 4. В осьовому напрямку патрон регулюють гайкою 10.

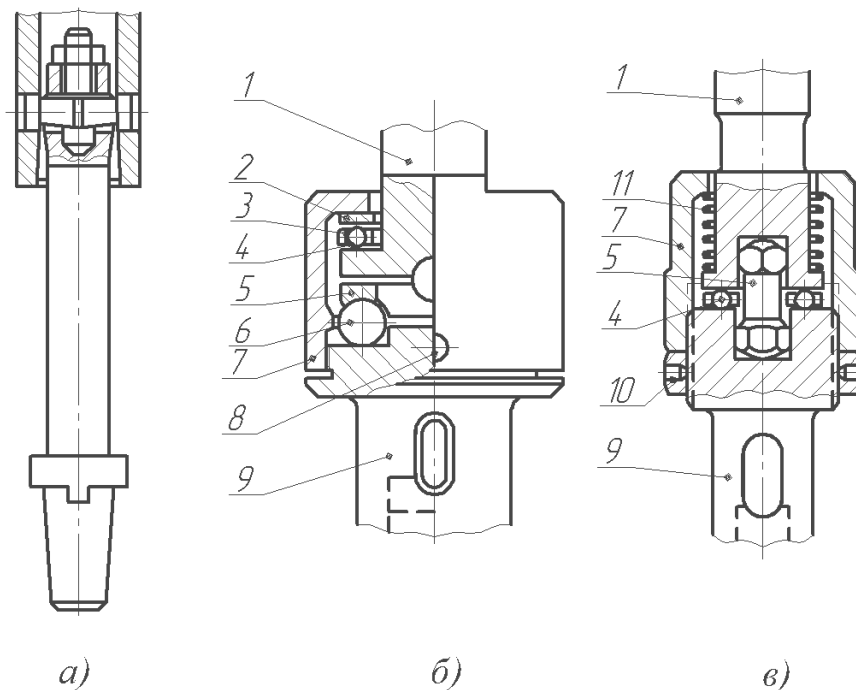


Рисунок 8.25 – Конструкції патронів:

а – коливний; *б* – плаваючий; *в* – самоустановлювальний

Кульові головки повідка дозволяють нахилити оправку 9 разом з розверткою під деяким кутом до вертикалі, а упорний підшипник забезпечує невелике переміщення оправки паралельно її осі.

Іноді розвертку направляють за допомогою кондукторних втулок. Так само як, і при зенкуванні, направлення може бути нижнім, верхнім або подвійним.

Примусове направлення застосовують для запобігання розбивання короткого отвору при вході і виході розвертки.

Залежно від діаметра і необхідної точності отвору розвертування проводять однією або двома розвертками.

Отвори 8-го квалітету точності одержують однократним розвертуванням, 7-го квалітету – дворазовим. При обробленні розвертуванням можна одержувати отвори й 6-го квалітету точності, однак така висока точність економічно не виправдовує себе.

Для одержання отворів підвищеної точності, а також при обробленні отворів з поздовжніми пазами застосовують гвинтові розвертки.

Розвертки розраховані на зняття невеликого припуску. При розвертуванні знімається значно менший припуск, ніж при зенкеруванні, розвертка має кут в плані й більше число зубів. Припуски для чорнового розвертування при звичайних умовах роботи залишають в межах 0,15 – 0,5 мм на сторону.

Чистові розвертки застосовують після зенкерів, їх граничні відхилення відповідають полю допуску $h8$. Під чистове розвертування припуски коливаються в межах 0,02 – 0,3 мм.

Для одержання отворів сьомого квалітету застосовують дворазове розвертування; шостого – триразове. Під остаточне розвертування припуск залишають величиною 0,05 мм і менше.

Для отворів діаметром від 6 до 120 мм загальний припуск на попереднє і чистове розвертування становить 0,2 – 0,4 мм. При попередньому розвертуванні знімається 80% величини припуску, а при чистовому – 20%.

При розвертуванні виділяється велика кількість тепла, що призводить до нагрівання деталі, внаслідок чого – до конусності отвору, який обробляється. Тому точність розмірів отвору буде вищою при розвертуванні на більших подачах з інтенсивним охолодженням.

Чистове оброблення отворів розвертуванням застосовується переважно в одиничному та дрібносерійному виробництві. Пояснюється це високою вартістю виготовлення розверток, які допускають невелике число

переточувань, а також витратами на їх переточування, що значно підвищують вартість виконання операції. Крім того, стійкість розверток невелика – 300 – 500 отворів у чавунних деталях і 80 – 100 – у сталевих.

Недоліком розверток при розвертуванні точних отворів з горизонтально розміщеною віссю є виникнення овальності отвору. Тому при розвертуванні доцільніше вертикальне розміщення вісі оброблюваного отвору.

Розвертки, як правило, не застосовують для розвертування великих отворів, коротких, глухих і з перервними поверхнями.

Глибина різання при розвертуванні становить 0,1 – 0,4 мм або $0,005D$ (D – діаметр отвору).

Для розверток з твердих сплавів рекомендують такі режими: для чавуну – $v = 7 - 20$ м/хв; $s = 2 - 7$ мм/об; $t = 0,15$ мм.

В якості змащувально-охолоджуючої рідини використовується гас. Точність, що досягається: розмірів до шостого квалітету; шорсткість – Ra 1,6 мкм. Для сталі – $v = 4 - 10$ м/хв; $s = 2 - 4$ мм/об; $t = 0,1 - 0,15$ мм (при використанні змащувально-охолоджуючої рідини за точністю досягаються ті ж результати, що й при обробленні чавунних заготовок).

З метою підвищення продуктивності праці при обробленні отворів застосовують комбінований різальний інструмент (рис. 8.26), спеціальні пристосування (кондуктори) і багатошпindelні свердлильні головки на свердлильних, розточувальних і агрегатних верстатах.

8.2.4. Розточування

Якщо діаметр отвору перевищує діаметр стандартних свердел і зенкерів, то такий отвір отримують розточуванням. Розточування також застосовують при обробленні отворів з нерівномірним припуском і отворів з виточками або канавками (рис. 8.27).

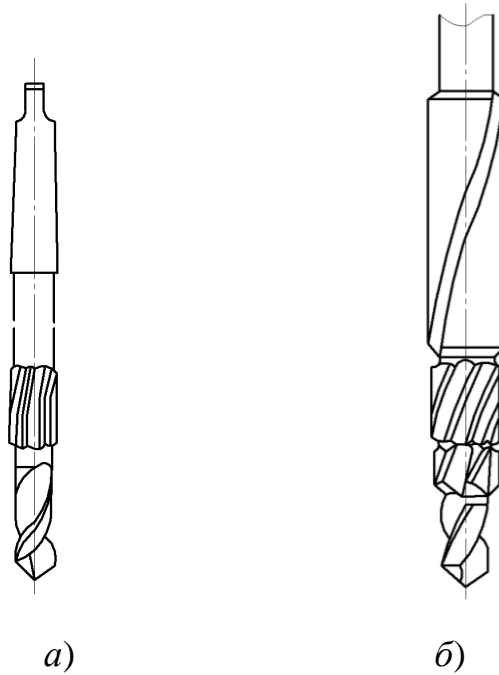


Рисунок 8.26 – Комбінований інструмент для оброблення отворів:

a – свердло-розвертка; *б* – свердло-зенкер-розвертка

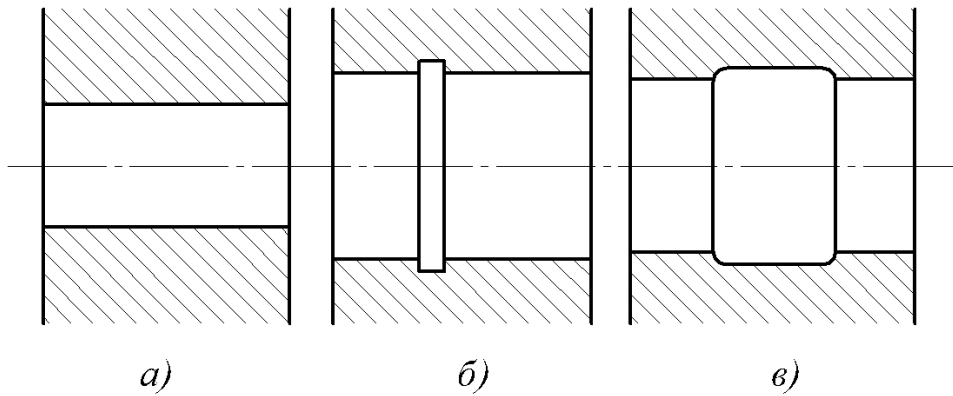


Рисунок 8.27 – Типи отворів, які одержують розточуванням:

a – наскрізні гладкі; *б* – з канавкою; *в* – з виточкою

Розточування циліндричних отворів різцем на відміну від свердління і зенкування дозволяє одержати кращу прямолінійність осі отвору та більш високу точність розмірів. Однак, за якістю оброблення і продуктивністю, розточування поступається розвертуванню. Тому в загальному випадку послідовність оброблення отворів така: свердління, розсвердлювання,

зенкування, розточування, развертування. Залежно від конкретних умов оброблення з цієї послідовності можуть бути вибрані різні поєднання методів оброблення.

Існують два основних види розточування.

1 – розточування на верстатах токарної групи (при обертанні заготовки) (рис. 8.28). Типовими операціями для токарних верстатів є розточування одиничного отвору і розточування співвісних отворів.

2 – розточування на розточувальних верстатах (при обертанні інструменту).

Типовими операціями для розточувальних верстатів є розточування одиничних отворів, співвісних отворів і розточування отворів з паралельними осями.

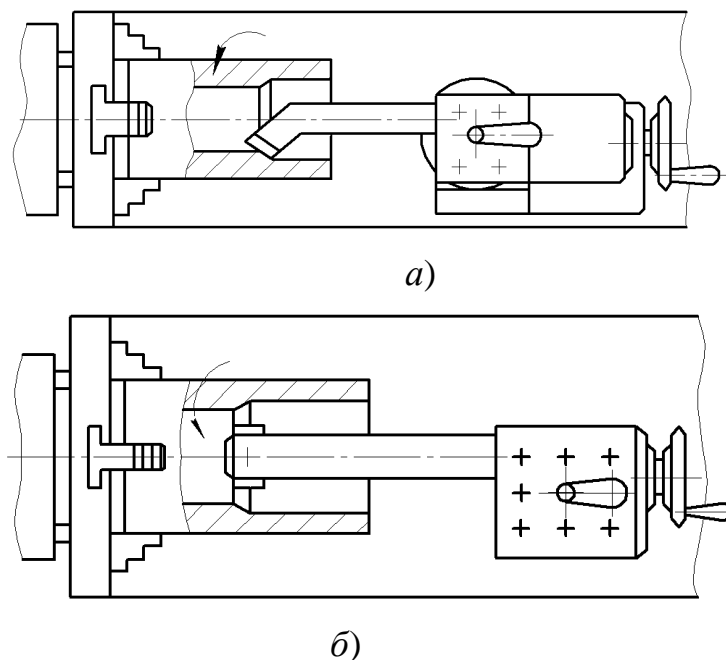


Рисунок 8.28 – Схеми розточування на токарних верстатах:

а – різцем, який закріплений в різцетримачі; *б* – різцем, який закріплений в консольній оправці

Розточування здійснюється спеціальними розточувальними різцями або розточувальними блоками і головками (рис. 8.29; 8.30; 8.31; 8.32; 8.33).

Найменший діаметр отвору, який розточують, при обробленні різцями – 30 – 65 мм. Інструмент кріпиться в патронах, оправках або борштангах.

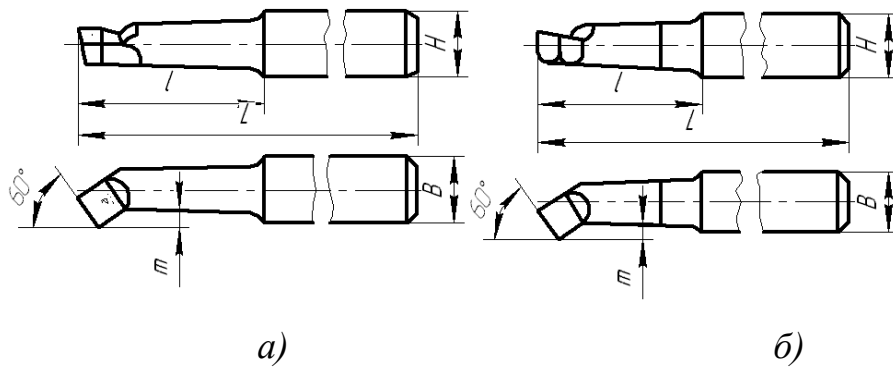


Рисунок 8.29 – Різці розточувальні для оброблення наскрізних отворів:
a – з пластинками твердого сплаву; *б* – з пластинками з швидкорізальної сталі

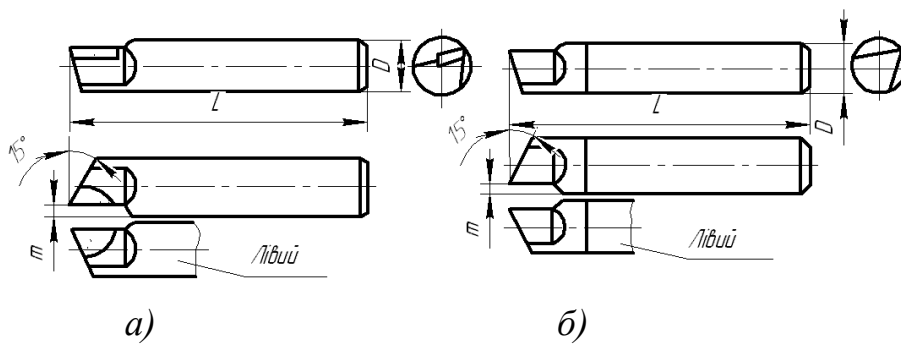


Рисунок 30 – Різці для встановлення в розточувальну головку або в борштангу:
a – з пластинками з твердого сплаву; *б* – з пластинками з швидкорізальної сталі

На розточувальних верстатах найчастіше обробляють корпусні деталі з точними отворами.

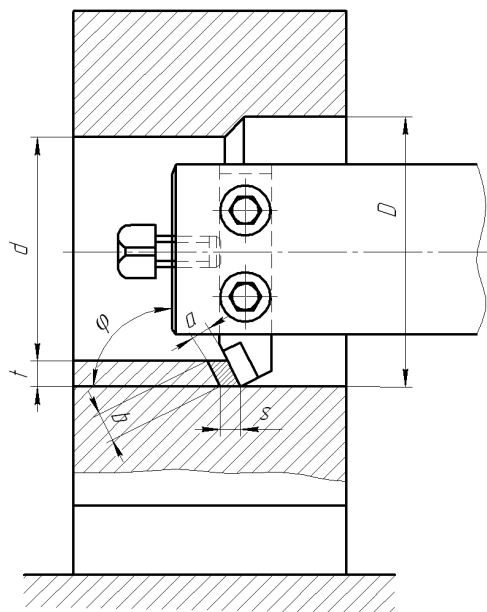


Рисунок 31 – Розточування отвору (різець закріплений в оправці)

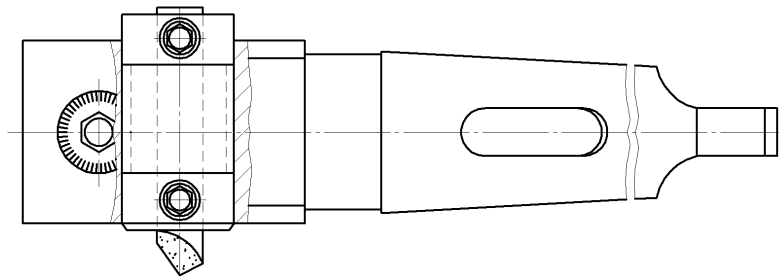


Рисунок 8.32 – Борштанга для розточування отворів

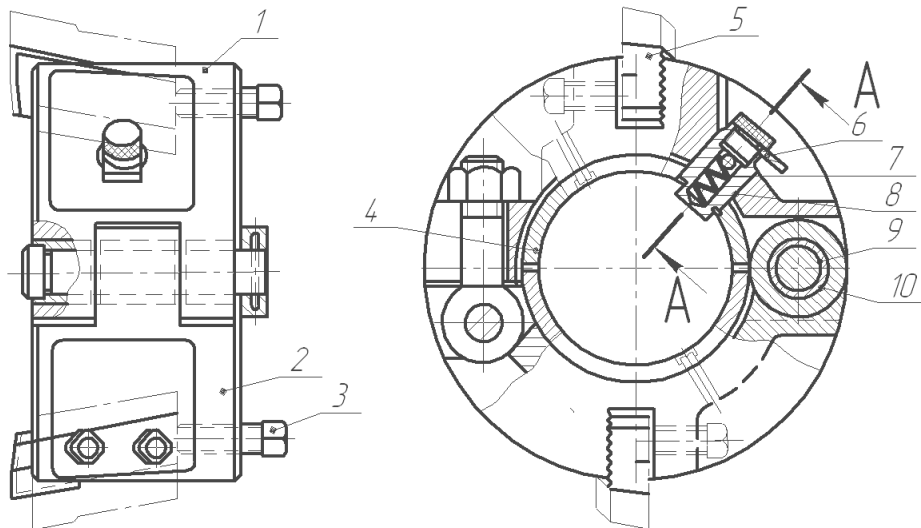


Рисунок 8.33 – Розточний блок:

- 1 – верхня частина; 2 – нижня частина; 3 – регулювальний гвинт;
 4 – напівкільця; 5 – різці; 6 – бірка; 7 – пружина; 8 – рухома шпонка; 9 –
 втулка; 10 – вісь; 11 – установча пробка

Розточування на верстатах токарної групи – це малопродуктивний спосіб оброблення отворів, що обумовлений недостатньою жорсткістю розточувального різця і його поганою тепловідвідною здатністю. Однак, він широко застосовується при обробленні деталей на токарних верстатах. Це пояснюється тим, що при розточуванні отворів різцем можна досягти більшої точності й більш високої якості поверхні, ніж при обробленні свердлінням і зенкуванням.

При розточуванні різцем вдається виправити вісь отвору і надати їй заданого положення, а також обробляти короткі глухі отвори, а також отвори великих діаметрів.

Істотним недоліком процесу розточування є складність встановлення

різця на розмір. Однак на сучасних токарних верстатах, оснащених точними лімбами, установка різця на розмір спрощується.

Для оброблення отворів застосовуються розточувальні швидкорізальні і твердосплавні різці.

Схеми оброблення різних отворів стандартними розточувальними різцями наведені на рис. 8.34. Схема розточування наскрізних отворів діаметром до 100 – 150 мм показана на рис. 8.34, *а*; схеми оброблення ступінчастих і глухих отворів – на рис. 8.34, *б*, *в*, *г*.

При розточуванні отворів підрізаються і внутрішні уступи. Цю операцію можна робити як з поперечною (рис. 8.34, *е*), так і з поздовжньою (рис. 8.34, *з*) подачами. При підрізання з поздовжньою подачею державку різця повертають на кут $\varphi = 5^\circ$.

Наскрізні та глухі отвори глибиною більш 100 – 150 мм розточують державковими різцями. При розточуванні наскрізних отворів тіло різця встановлюється перпендикулярно осі державки (рис. 8.34, *д*), а при обробленні глухих отворів – під кутом 45 або 60° (рис. 8.34, *е*).

Найбільш проста і розповсюджена схема розточування – це оброблення отвору різцем, який консольно закріплений в супорті, при цьому створюються найбільш сприятливі умови для одержання прямолінійної осі отвору, яка співпадає з віссю обертання шпинделя верстата. Тому при обробленні деталей на верстатах токарної групи одним з переходів є розточування отворів, отриманих шляхом литва, штампування або свердління, з метою забезпечення необхідного положення осі. Для зменшення деформації різця при недостатній його жорсткості, застосовують інструменти з більшими кутами в плані, що доходять до 90°. Підвищення точності оброблення і продуктивності досягається при здійсненні багато різцевого розточування. При встановленні різців у державці послідовно один за одним (рис. 8.35), робота різання розподіляється між ними шляхом розподілу ширини зрізу (глибини різання). Для зменшення деформації технологічної системи рекомендується двостороннє розташування різців.

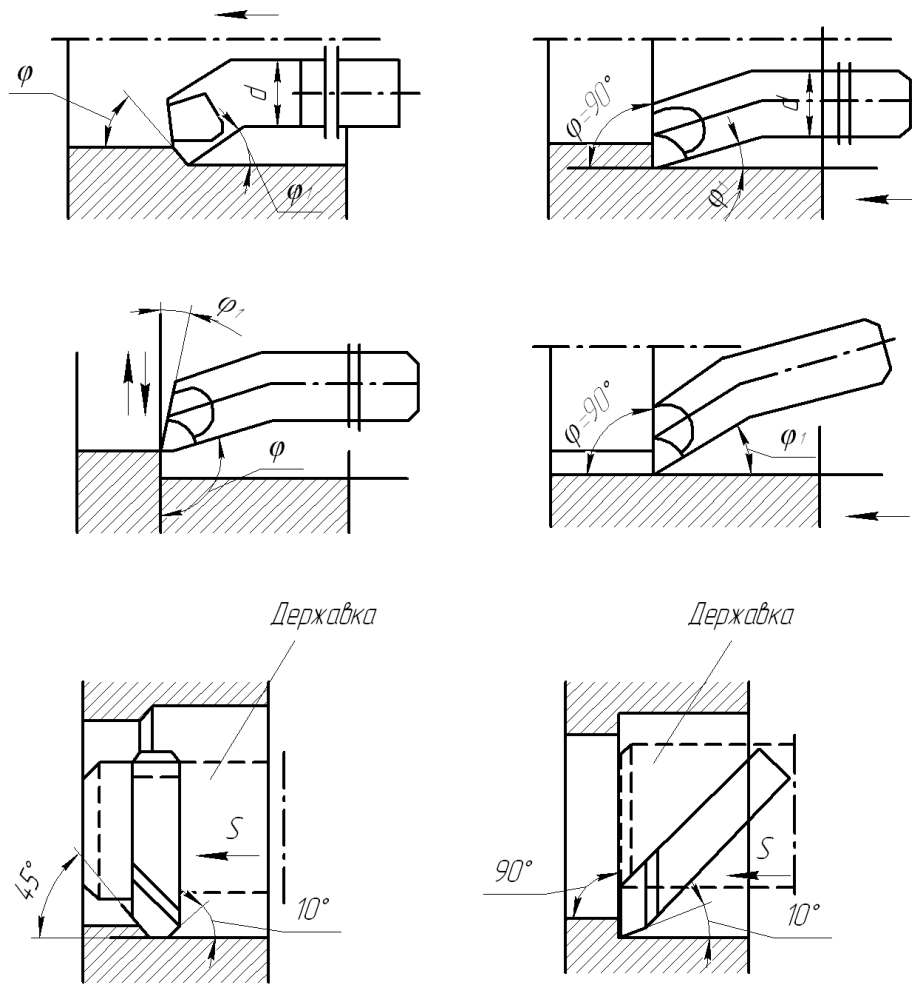


Рисунок 8.34 – Схеми оброблення отворів стандартними розточувальними різцями

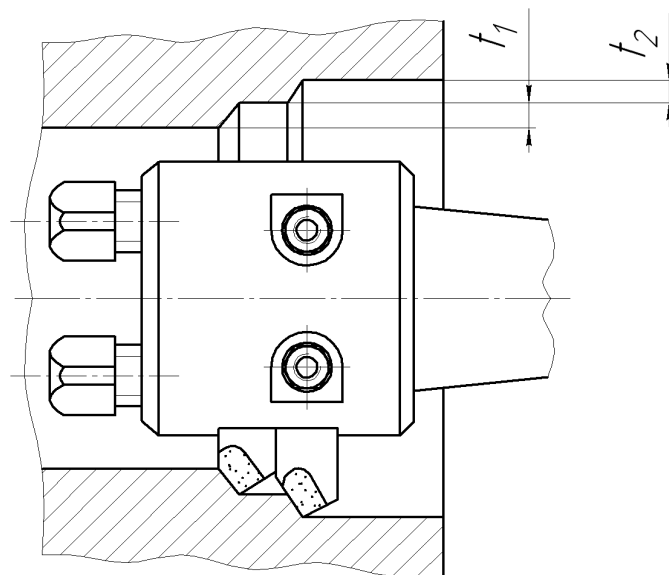


Рисунок 8.35 – Встановлення різців в оправці послідовно

У серійному виробництві отвори обробляють пластинчастими різцями (рис. 8.36). Пластинчастими різцями розточують отвори діаметром більше 40 мм. У цьому випадку різання здійснюється шляхом розподілу товщини зрізу між різальними лезами. Наскрізні отвори розточують пластинчастими різцями з кутом у плані $\varphi = 45^\circ$, а глухі – різцями з $\varphi = 90^\circ$. Довжина циліндричної частини встановлюється в межах $L = (0,1 - 0,2) D$, де D – діаметральний розмір різця.

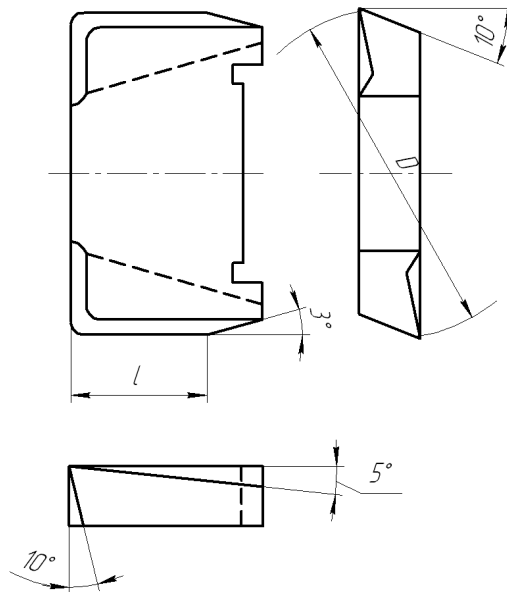


Рисунок 8.36 – Пластинчастий різець

В крупносерійному і масовому виробництві отвори обробляють на спеціальних розточувальних верстатах за допомогою розточувальних головок та блоків.

Розточувальний блок (рис. 8.37), складається з корпусу 1 і декількох різців 2, закріплених болтами.

Конструкція блока дозволяє регулювати та налагоджувати окремі різці на необхідний розмір гвинтами 3. Кожен з різців нижньої пари налаштовують на свій розмір (d_1 і d_2) і виконують чорнове розточування. У цьому випадку глибина різання ділиться між різцями. Верхню пару різців налаштовують на остаточний розмір за діаметром d . Вони здійснюють чистове розточування.

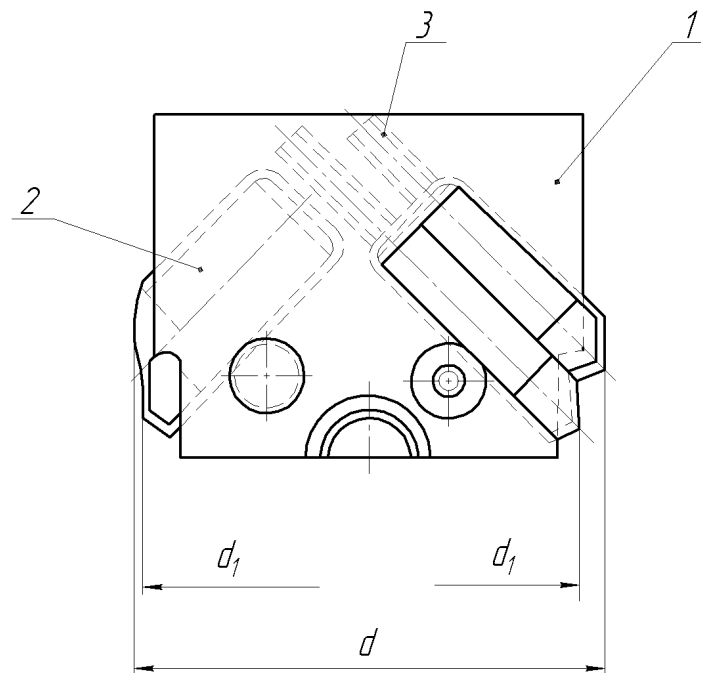


Рисунок 8.37 – Розточний блок:

1 – корпус блока; 2 – різці; 3 – регулювальний гвинт

Чистові різці мають мікрометричні гвинти з точністю установки до 0,02 мм.

В наш час розроблені конструкції розточувальних блоків з механічним кріпленням багатогранних пластинок твердого сплаву. Застосування розточувальних блоків і головок, налагоджених на певний розмір, забезпечує найбільш високу продуктивність праці.

Для остаточного оброблення отворів діаметром від 25 до 600 мм використовують плаваючі пластини (рис. 8.38), умови роботи яких наближаються до умов роботи самоустановних розверток.

Плаваючі пластини 1 (рис. 8.38) вільно вставляються в паз державки 2 і закріплюються в ній за допомогою гвинта 3.

Плаваючі пластини бувають суцільні та збірні. Збірні допускають регулювання ножів по діаметру з точністю до 0,01 мм. У промисловості найбільш широко використовуються пластини діаметром 50 – 150 мм при обробленні отворів на розточувальних верстатах.

Припуск під чистове оброблення тут приблизно такий самий, як і при

розточуванні. Пластини і чистові блоки дозволяють одержувати отвори 7-го квалітету точності із шорсткістю поверхні $Ra\ 0,8\ \mu\text{m}$. При чистовому розточуванні різцем по 9-му квалітету точності одержують отвори із шорсткістю поверхні $Ra\ 6,3 - 1,6\ \mu\text{m}$.

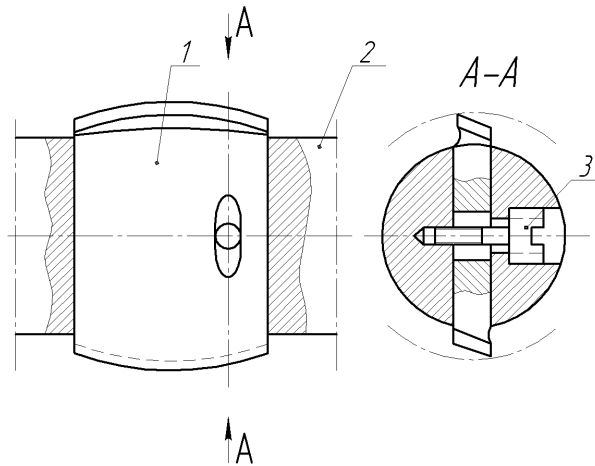


Рисунок 8.38 – Використання самоустановних пластин при розточуванні отворів

Горизонтально-розточувальні верстати є основним обладнанням для оброблення отворів. Ці верстати застосовують в одиничному та дрібносерійному виробництві. Компонування цього верстата зображено на рис. 8.39.

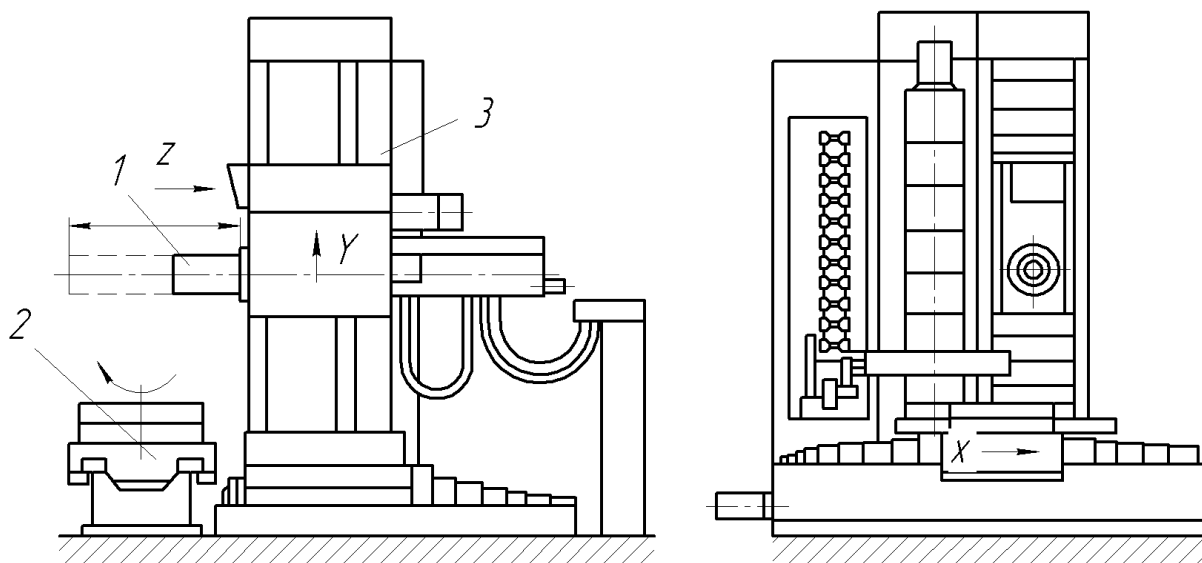


Рисунок 8.39 – Компонування горизонтально-розточувального верстата:

1 – шпиндельна бабка; 2 – поворотний стіл; 3 – стійка

Рух подачі по координаті Z здійснюється шпindelною бабкою 1, яка має можливість переміщатися в вертикальному напрямку вздовж стійки 3 по координаті Y . Поворотний стіл 2 має переміщення у поперечному напрямку по координаті X .

На цих верстатах можна виконувати різноманітні види оброблення, в тому числі фрезерування (рис. 8.40).

На рис. 8.40 (схема a – I, II, III, IV, відповідно): показано свердління, розвертування, нарізування різі мітчиком, зенкування; фрезерування циліндричною (схема b – I), торцевою (схема b – II), кінцевою (схема b – III), кутовою (схема b – IV) фрезами; розточування: наскрізних отворів (схема v – I), з підрізуванням торця (схема v – II), підрізка торця (схема v – III), отримання конічної поверхні (схема v – IV); оброблення різних поверхонь з використанням додаткових пристосувань: горизонтальних площин за допомогою кутової фрезерної головки (схема z – I); взаємно перпендикулярних площин за допомогою поворотної (на 90°) фрезерної головки (схема z – II); зовнішньої поверхні, торця і кільцевої канавки за допомогою планшайби з повзуном, що має радіальне переміщення (схема z – III).

Розточувальні верстати поділяють на горизонтально-розточувальні, координатно-розточувальні, алмазно-розточувальні і спеціальні.

Точність розташування основних отворів щодо технологічних баз і точність міжосьових відстаней при розточуванні основних отворів на горизонтально-розточувальних верстатах досягається одним з таких способів: по розмітці, методом пробних ходів, координатним методом і за допомогою кондукторів.

При обробленні по розмітці кернером зазначають центр і циркулем проводять коло. Потім суміщають вісь шпинделя з центром майбутнього отвору, який потім обробляють різним інструментом. Зазначеним методом забезпечується точність міжосьової відстані в межах 0,05 мм.

При обробленні методом пробних ходів отвори розмічають і попередньо обробляють за 7-квалітетом з деяким припуском по діаметру. В отвори

вставляють оправки-калібри і вимірюють положення отворів відносно бази, а також міжосьові відстані. Потім отвори розточують знову, враховуючи результати вимірювань. Повторне розточування проводиться в розмір або з припуском для наступного коректування положення отворів за допомогою оправок-калібрів. Точність положення отворів сягає 0,02 мм.

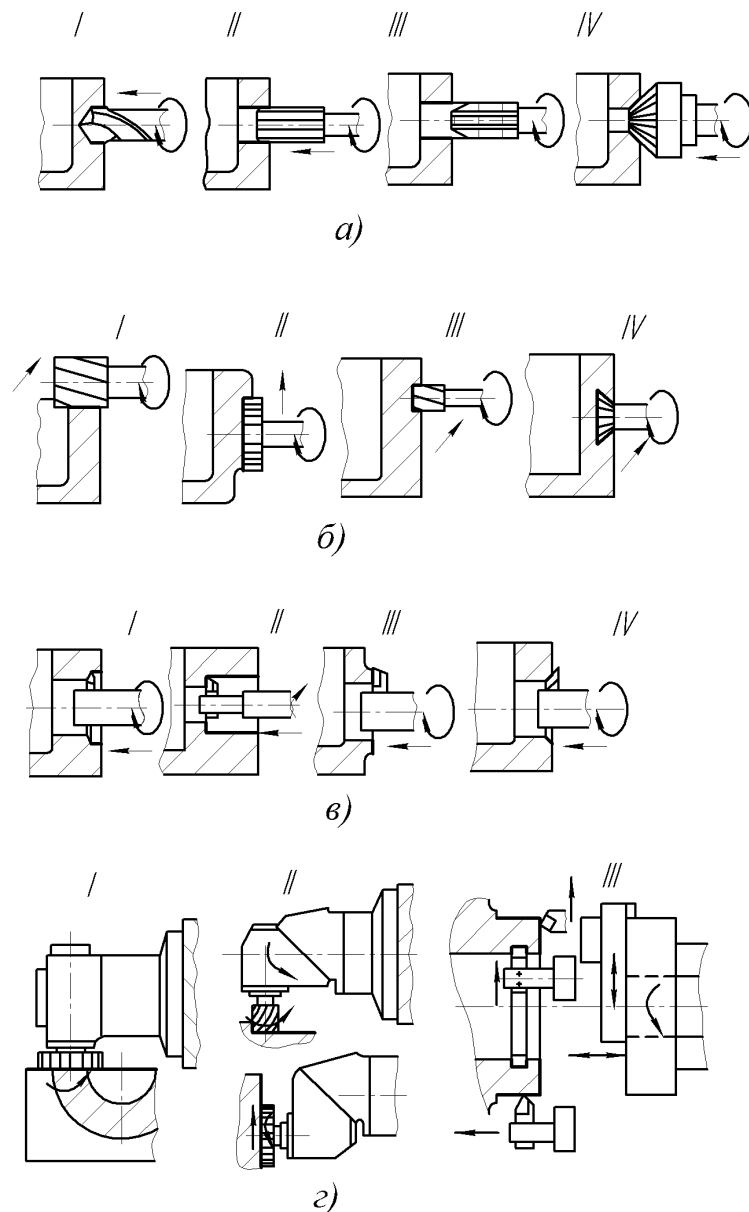


Рисунок 8.40 – Схеми обробки різних поверхонь на горизонтально-розточувальному верстаті

При координатному методі оброблення отворів вибирають систему координат, яка співпадає з технологічними базами. Отвори в корпусних деталях

з точно координованими осями обробляють на універсально-розточувальних верстатах, які поділяють на верстати для звичайних розточувальних робіт і для точних.

Існує три основних способи розточування отворів на горизонтально-розточувальних верстатах: консольними оправками; борштангами з використанням опори задньої стійки; в кондукторах при шарнірному з'єднанні розточувальних оправок з шпинделем верстату (рис. 8.41). Подача при кожному з цих способів здійснюється шпинделем або столом.

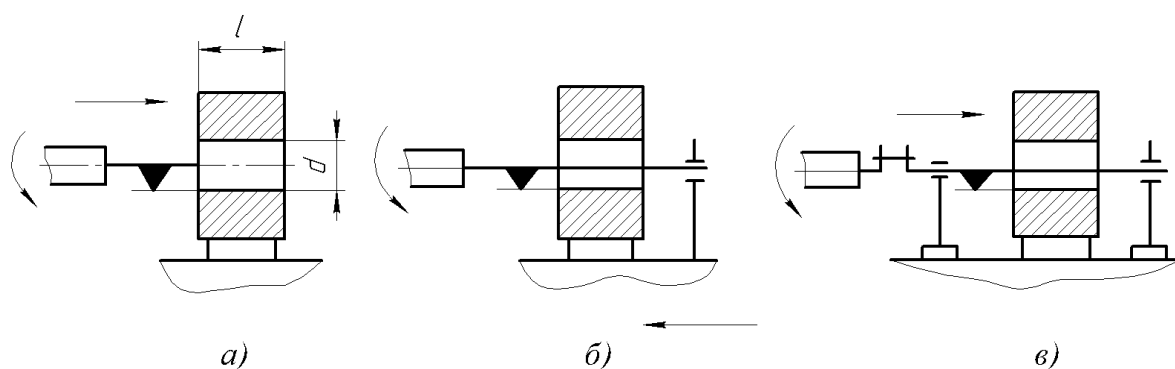


Рисунок 8.41 – Теоретичні схеми розточування на розточувальних верстатах:

a – консольними оправками; *б* – борштангами з однією опорою; *в* – борштангами з двома опорами

При розточуванні консольною оправкою в порівнянні з розточуванням борштангами полегшується встановлення різального інструменту, встановлення і вивірка самої консольної оправки і вимірювання отвору, який обробляється, що приводить до скорочення допоміжного часу.

Приклади конструктивної реалізації теоретичних схем розточування показані на рис. 8.42.

Консольними оправками розточують при загальному вильоті інструменту (довжина оправки від торця шпинделя і довжина частини шпинделя, яка виступає) рівному $(5 - 6) d$, де d – діаметр оправки.

Оправки повинні бути короткими і жорсткими. При великому вильоті можливе «провисання» інструменту і шпинделя. Все це призводить до появи похибок форми і розміру отвору, який розточують. Тому цей спосіб слід

застосовувати при розточуванні коротких отворів, використанні жорстких оправок і незначному загальному вильоті інструменту.

Розточування консольною оправкою з подачею столом проводиться при незмінному вильоті інструменту. При цьому похибки розточування будуть меншими.

Розточування корпусних деталей можна виконувати в одній позиції, якщо корпус має отвори, розміщені в одній зовнішній стінці, або коли співвісні отвори знаходяться в близько розміщених протилежних стінках і мають діаметри, що зменшуються. В такому випадку можна одержати найбільш високу точність напрямку осей отворів.

В інших випадках розточування співвісних отворів можна виконувати в двох позиціях при одній встановленні деталі з поворотом стола на 180° . При розточуванні корпусних деталей за дві установки виникають похибки установки і значно збільшується допоміжний час, оскільки після повороту стола необхідно знаходити положення осі шпинделя, співвісне з раніше розточеним отвором. Цей спосіб застосовують лише при обробленні габаритних деталей.

Розточування борштангами з використанням опори задньої стінки застосовують при обробленні крупних важких деталей, які мають отвори в протилежних стінках, або при обробленні отворів, які мають довжину, що значно перевищує їх діаметр. В такому випадку опора задньої стінки і шпиндель повинні бути співвісні.

В серійному виробництві широко використовують розточування в спеціальних пристосуваннях – кондукторах. Кондуктори можуть мати одностороннє переднє чи заднє направлення для інструмента або оправки, а також переднє і заднє направлення по одній осі або подвійне переднє направлення (рис. 8.43).

В першому випадку направляючий елемент пристосування не забезпечує достатньо надійного направлення інструменту, тому інструмент або оправку слід з'єднати з шпинделем жорстко. При цьому необхідно забезпечити точне

відносне положення направляючого елемента і шпинделя при допомозі центрошукача або спеціального вловлювача.

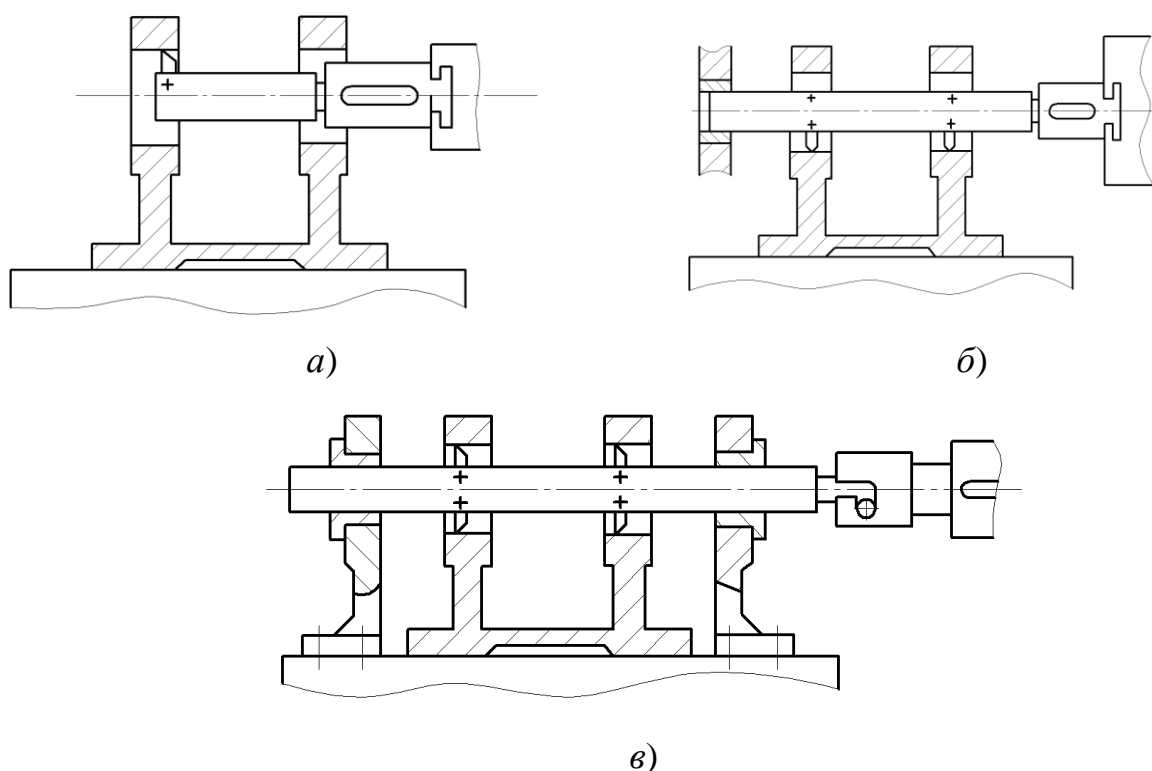


Рисунок 8.42 – Схеми основних способів розточування на горизонтально-розточувальних верстатах

Пристрої, які мають подвійне направлення інструменту, забезпечують надійне визначення відносного положення інструменту, тому інструмент або оправку з'єднують з шпинделем шарнірно. При розточуванні в кондукторах з шарнірним з'єднанням оправок зі шпинделем геометричні похибки верстатів практично не впливають на точність оброблення. Виготовлення відповідальних отворів в невеликих корпусних деталях можна виконувати на радіально-свердлильних верстатах. Для цього повинно бути надійне направлення інструменту, що досягається застосуванням пристосувань з направляючими елементами і розточних оправок.

Розточування на радіально-свердлильних верстатах забезпечує високу точність оброблення. Точність отворів відповідає 7–8-му квалітетам; не паралельність осей, не перпендикулярність, не співвісність і відхилення

міжосьових віддалей – в межах $\pm 0.02 - 0.03$ мм; продуктивність вище, ніж при обробленні на горизонтально-розточувальних верстатах.

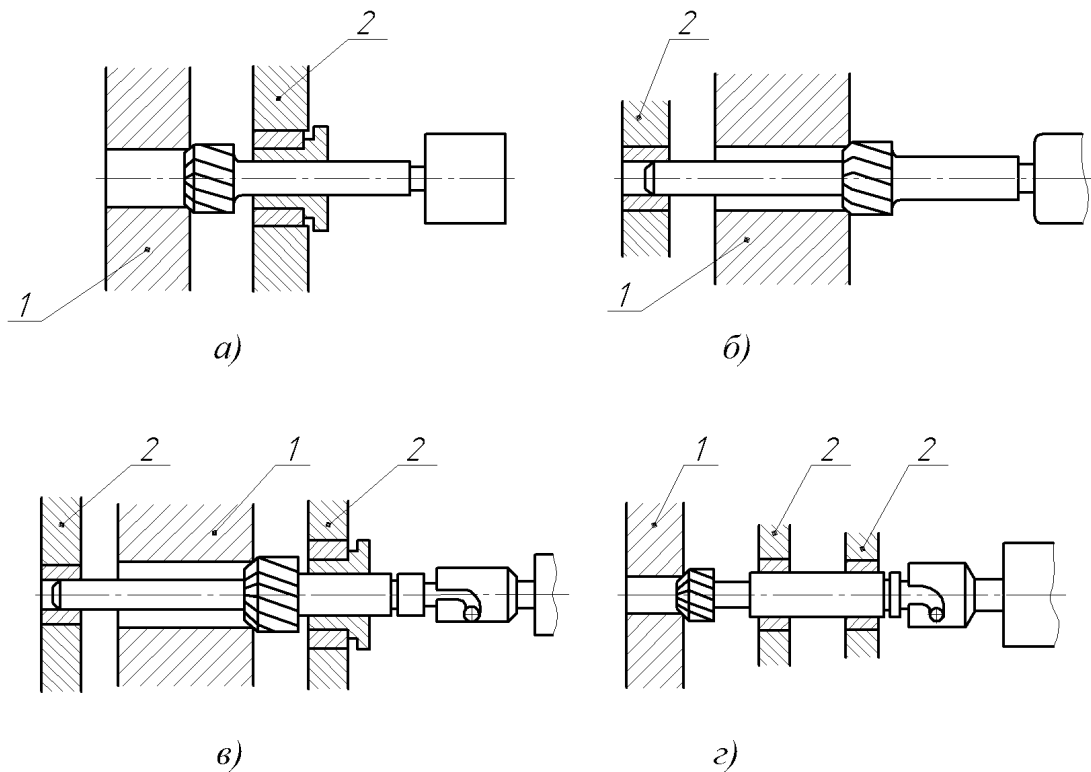


Рисунок 8.43 – Схеми напрямних елементів розточувальних кондукторів:
а – передня напрямна; *б* – задня напрямна; *в* – передня і задня напрямна; *г* –
 подвійна передня напрямна; 1 – деталь, що обробляється; 2 – кондуктор

В крупносерійному і масовому виробництві для оброблювання отворів у корпусних деталях широко застосовують агрегатно-розточувальні верстати. На агрегатно-розточувальних верстатах виконують різні переходи оброблювання отворів: свердління неглибоких і глибоких отворів, зенкування, розточування і розвертування циліндричних і конічних отворів, підрізання торців, зняття фасок, нарізування різі, розточування канавок.

Агрегатно-розточувальні верстати можуть бути односторонні, багатосторонні, однопозиційні і багатопозиційні. По способу виконання роботи вони можуть бути послідовної, паралельної або послідовно-паралельної дії. Їх

силові головки можуть переміщатись вертикально або під кутом. Різні поєднання цих ознак приводить до великої кількості можливих компоновок агрегатно-розточувальних верстатів.

Точність відстаней між осями, а також точність положення отворів щодо баз при розточуванні досягається різними способами.

1. За розміткою. Розмітка не може забезпечити необхідної в сучасному машинобудуванні точності відстаней між осями, якщо допуски задаються в сотих частках міліметра. Тому розточування за розміткою застосовується як попередня операція в одиничному і дрібносерійному виробництві. Точність відстаней між осями при розточуванні по розмітці зазвичай становить $\pm (0,2 - 0,5)$ мм, а при ретельному виконанні операції розмітки може доходити й до $\pm 0,1$ мм.

2. За допомогою оправок і кінцевих мір. Цей спосіб використовується в одиничному й дрібносерійному виробництві при обробленні деталей з порівняно невеликими відстанями між осями.

На рис. 8.44 зображено приклади встановлення шпинделя розточувального верстата з застосуванням оправок. При розточуванні першого отвору встановлення шпинделя на відстань x від нижньої площини деталі, якою вона опирається на стіл верстата, проводиться за допомогою мірної оправки діаметром d , і блоку кінцевих мір (рис. 8.44, *а*). При заданій відстані x до осі отвору довжина C кінцевої міри буде становити: $C = x - (d/2)$ де d – діаметр оправки. Віддаль C може бути виміряна також і штангенрейсмусом. Перестановка шпинделя у вертикальне положення для розточування другого отвору, який знаходиться на відстані y від раніше обробленого, показана на рис. 8.44, *б*. У шпиндель верстата й у точно оброблений перший отвір вставляють оправки A і B , після чого вимірюють відстань C_1 . $C_1 = y - (d/2) - (d_1/2)$, де d_1 – діаметр оправки B .

Висока точність міжосьових відстаней (порядку $\pm 0,02$ мм) може бути досягнута тільки при точному центруванні оправки B у отворі (без зазору) і обробці отворів з однієї сторони.

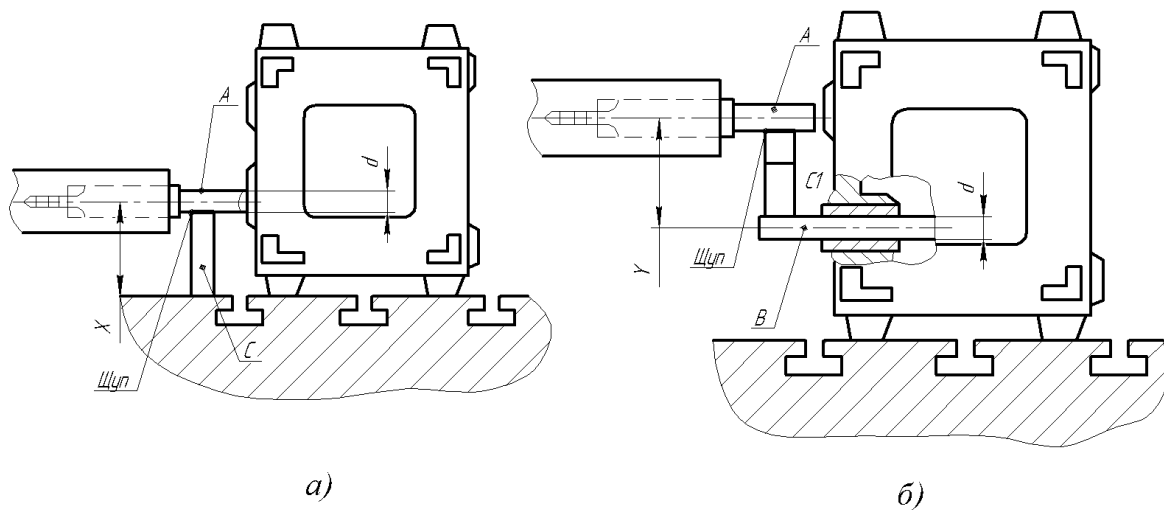


Рисунок 8.44 – Встановлення шпинделя з застосуванням оправок

Координатний спосіб розточування систем отворів є більш досконалим і на теперішній час одержав широке поширення як в одиничному, так і у серійному виробництві. Цей метод застосовується при обробленні деталей, що мають кілька отворів з паралельними осями.

Відносне положення осі кожного отвору може визначатися двома розмірами, які зв'язують вісь отвору з двома перпендикулярними площинами деталі.

Суть цього методу полягає в тому, що суміщення осі шпинделя з осями оброблюваних отворів проводиться шляхом переміщення деталі або ріжучого інструменту у взаємо перпендикулярних напрямках по встановлених кінцевих мірах, відлікових системах, шкалах і індикаторних пристроях з упорами. Ці пристрої дозволяють відраховувати переміщення з точністю до 0,01 мм.

Координатне розточування отворів можна проводити на токарних, горизонтально-розточувальних та інших верстатах.

Координатний спосіб розточування на токарному верстаті показаний на рис. 8.45. Після попередньої розмітки деталь 5, що обробляється, кріпиться на планшайбі в такому положенні, щоб одна її площина, яка є базуючою, щільно прилягала до кутника 2, а під другу площину підкладається блок кінцевих мір 4, розмір якого повинен бути рівний C . Після цього свердлять або розточують перший отвір деталі (рис. 8.45, а).

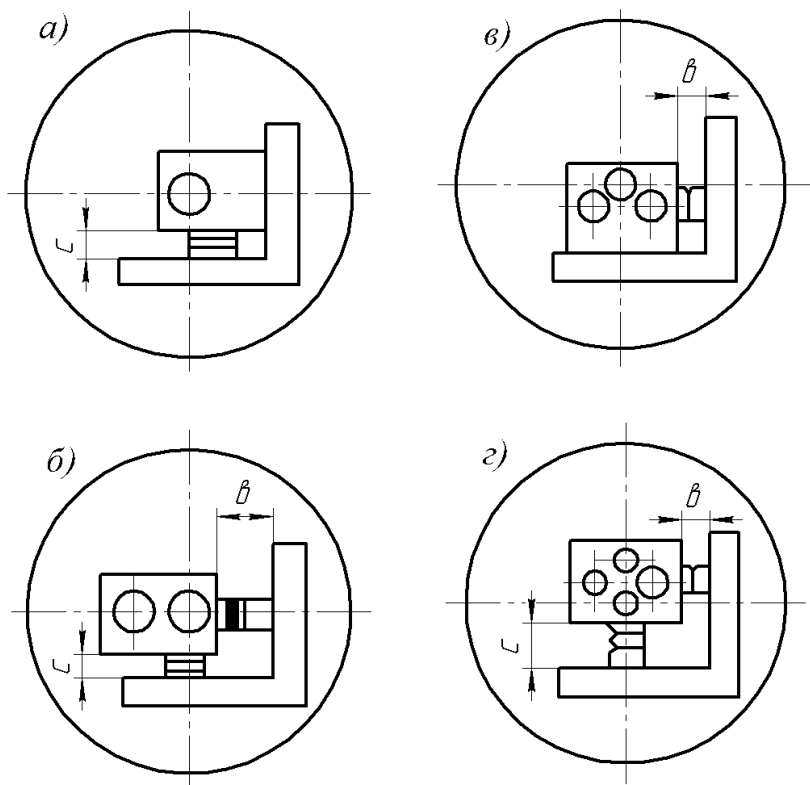


Рисунок 8.45 – Розточування отвору координатним способом на токарному верстаті

Для наступного оброблення деталь 3 пересувається по кутнику (рис. 8.45, б), при цьому раніше встановлений блок кінцевих мір не змінюють, а під іншу базову площину підкладають другий блок кінцевих мір, рівний за розміром відстані B між центрами отворів. При такому встановленні обробляється інший отвір.

Наступні отвори обробляють після перевстановлення деталі на планшайбі, причому у випадку, наведеному на рис. 8.45, в, нижній блок кінцевих мір знімається й деталь встановлюється прямо на площину кутника, а під другу базову площину деталі підкладається блок кінцевих мір, розмір якого відповідає розміру, проставленому на кресленні.

При обробленні останнього отвору (рис. 8.45, з) під деталь підкладається блок кінцевих мір розміром C без зміни раніше встановленого блоку.

Крім цього, існують універсальні пристосування для координатного

розточування отворів на токарних верстатах.

У промисловості оброблення отворів координатним способом частіше усього проводиться на горизонтально-розточувальних верстатах. Суміщення осі шпинделя з осями оброблюваних отворів досягається переміщенням шпиндельної бабки у вертикальному напрямку, а стола – в поперечному горизонтальному напрямку відповідно до заздалегідь розрахованих координат осі отвору. При переміщенні стола і шпиндельної бабки відлік координат проводять по шкалах, встановлених на напрямних стола і передній стійці верстата. Оскільки точність встановлення по шкалах недостатньо висока, використовують індикаторні пристрої, кінцеві міри, штихмаси або інші засоби.

При координатному способі оброблення точність міжосьових відстаней залежить від точності виготовлення мірних стержнів або від точності установки розміру на штихмасі чи блоці кінцевих мір. Точність забезпечується в межах 0,02 – 0,03 мм.

Сучасні горизонтально-розточувальні верстати мають оптичні системи відліку за шкалою і забезпечують точність відліку $\pm 0,02$ мм.

У сучасних моделях координатно-розточувальних верстатів передбачені досконалі відліково-вимірювальні системи – індуктивні і оптичні з екранною оптикою. Застосовуються штрихові міри, зубчасті рейки або гвинти-якори індуктивних систем, що не мають фізичного контакту з іншими деталями вимірювальної системи верстата, і тому не зазнають зношування. Точність встановлення координат на цих верстатах знаходиться в межах 0,002 мм – для верстатів малих розмірів, 0,003 – 0,004 мм – середніх і 0,006 – 0,008 мм – великих. У координатно-розточувальних верстатах підвищеної точності (майстер-верстатах) точність встановлення координат сягає 0,001 мм.

Значно ефективніше координатне розточування здійснюється на горизонтально-розточувальних верстатах з числовим програмним керуванням. Програмне керування верстатом дозволяє автоматично встановлювати по координатах стіл в поперечному напрямку і шпиндельну бабку у вертикальному напрямку з точністю $\pm 0,05$ мм.

Тонке розточування використовують для одержання розмірів, геометричної форми, направлення і прямолінійності осі отвору високої точності. Тонке розточування здійснюється при дуже великих швидкостях різання (100 – 1000 м/хв), малих подачах (0,01 – 0,12 мм/об) і малих глибинах різання (0,05 – 0,4 мм). Деталі з кольорових металів, сплавів, пластмас розточують алмазними різцями, а деталі із чорних металів – твердосплавними різцями.

При тонкому розточуванні можуть бути рекомендовані такі режими різання. При обробленні деталей із чавуну швидкість різання встановлюють від 100 до 200 м/хв, подачу – від 0,03 до 0,15 мм/об і глибину різання – від 0,1 до 0,35 мм. При розточуванні деталей зі сталі швидкості різання повинні становити від 120 до 250 м/хв, подачі – від 0,02 до 0,12 мм/об і глибина різання – від 0,1 до 0,3 мм. При обробленні деталей з кольорових сплавів швидкості різання приймають до 800 м/хв, подачу – від 0,02 до 0,10 мм/об і глибину різання – від 0,05 до 0,4 мм.

Різальним інструментом є однолезові різці з пластинами з твердих сплавів. Для розточування деталей з кольорових сплавів застосовують також алмазні різці.

Тонке розточування проводиться на одношпиндельних і багатошпиндельних вертикальних і горизонтальних прецизійних розточувальних верстатах.

Алмазно-розточувальні верстати (моделей: 2А710, 2705, 2706, 2712, 2714, 2722, 2А715, 2А716, 278Л і ін.) мають високу жорсткість і вібростійкість. Всі моделі працюють з обертанням шпинделя при нерухомій деталі.

Отвори діаметром 50 – 200 мм і довжиною 75 – 200 мм обробляють на вертикальних верстатах, отвори менших діаметрів – на горизонтальних.

Горизонтальні верстати бувають односторонні й двосторонні. Число обертів на хвилину шпинделя на цих верстатах становить від 2000 до 6000. Різці закріплюють у консольні жорсткі оправки. Якщо жорсткість оправки обмежується розмірами отвору, то її виготовляють із твердих сплавів.

При тонкому розточуванні, легко одержують отвори точністю 7-го і

навіть 6-го квалітетів при шорсткості поверхні рівній 0,2 – 0,1 мкм. При розточуванні оправками з твердих сплавів похибка форми (овальність, конусність) становить 3 – 4 мкм.

При обробленні на двосторонніх горизонтальних верстатах одержують високу точність по співвісності двох отворів, розташованих у протилежних стінках корпусу. В крупносерійному і масовому виробництві для оброблювання отворів в корпусних деталях широко застосовують агрегатно-розточувальні верстати.

Для виконання великої кількості переходів за одну операцію без перевстановлення оброблюваних деталей призначені багатоопераційні верстати (рис. 8.46) які широко застосовуються у всіх типах виробництва. Ці верстати оснащені системами з числовим програмним керуванням (ЧПК) і пристроями для автоматичної зміни інструменту (рис. 8.47).

На багатоопераційних верстатах виконують ті самі операції, що і на розточувальних верстатах. Однак застосування ЧПК дає можливість вести оброблення не тільки циліндричних отворів, але і отворів з більш складною конфігурацією з застосуванням фрезерування. Багатоопераційні верстати в основному використовують для оброблення призматичних і корпусних деталей, що мають велику кількість гладких, ступінчастих і різевих отворів, які розташовані з різних сторін деталі.

При використанні багатоопераційних верстатів забезпечується точність оброблення за 6 – 7-м квалітетом. Багатоопераційні верстати випускаються з горизонтальним і вертикальним шпинделем.

Магазини цих верстатів містять великий набір різноманітних інструментів (до 100 штук). Такі верстати працюють в автоматичному режимі. Виймання необхідного інструменту з магазину, зняття і закріплення його в шпинделі, а також переміщення столу і бабки в робочу позицію на цих верстатах здійснюється без участі обслуговуючого персоналу.

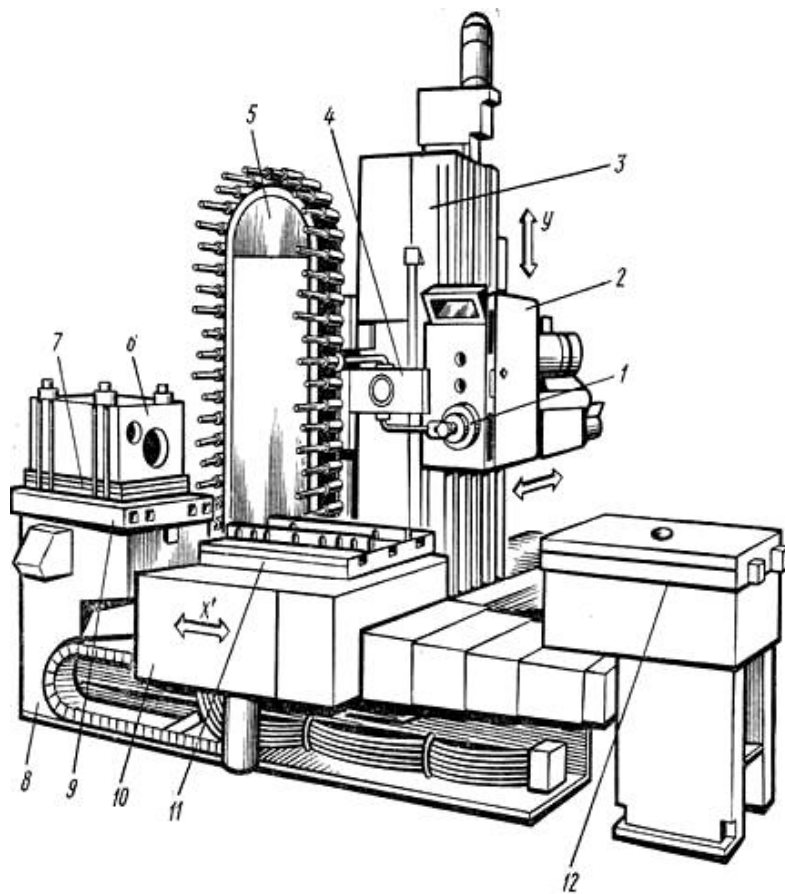


Рисунок 8.46 – Компонування багатоопераційного верстата:

1 – шпindelь; 2 – шпindelьна бабка; 3 – стійка; 4 – автооператор; 5 – інструментальний магазин; 6 – заготовка; 7 – пристосування-супутник; 8 – станина; 9 і 12 – додаткові столи; 10 – нижня частина основного столу, яка переміщується в напрямку, перпендикулярному осі обертання шпindelя; 11 – верхня частина основного столу (поворотна)

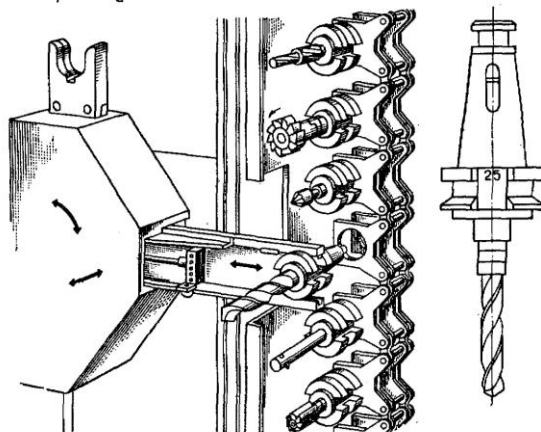


Рисунок 8.47 – Механізм автоматичної заміни інструменту

9. Шліфування отворів корпусних деталей

Внутрішнє шліфування застосовують головним чином при обробленні точних отворів у загартованих деталях, а також у випадках, коли неможливо застосувати більш продуктивні методи точного оброблення отворів. Існують два основні різновиди внутрішнього шліфування:

- шліфування отвору в заготовці, що обертається;
- шліфування отвору в нерухомо закріпленій заготовці.

Перший спосіб застосовують при шліфуванні отворів у невеликих за розмірами заготовках, що представляють собою тіла обертання; другий спосіб використовують при шліфуванні отворів у заготовках, які не відносяться до тіл обертання (наприклад корпусні деталі коробчастого типу). У першому випадку оброблювану заготовку затискають в патроні і приводять в обертовий рух (рис. 9.1, а, б).

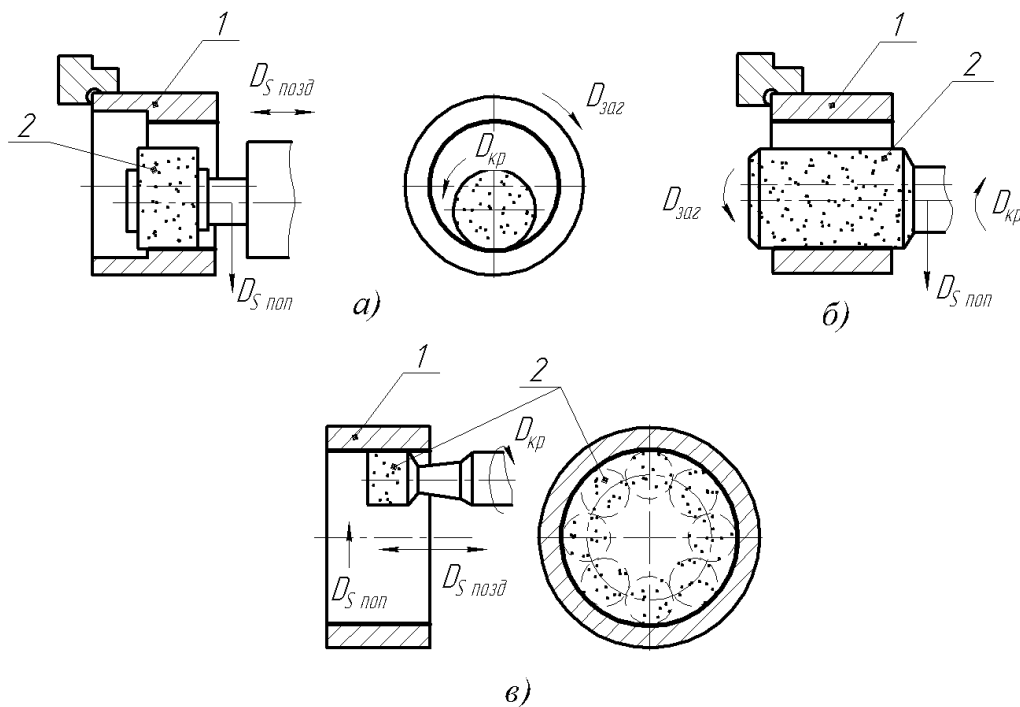


Рисунок 9.1 – Схеми шліфування отворів:

а – з поздовжньою подачею; б – з поперечною подачею; в – планетарне;

1 – заготовка; 2 – шліфувальний круг

Шліфувальний круг обертається з великою швидкістю в протилежну, відносно напрямку обертання заготовки сторону, здійснює поступальний рух (поздовжню подачу) і врізання (поперечну подачу). У другому випадку (рис. 9.1, в) заготовка не обертається, а встановлюється на столі верстата, а шпindel з шліфувальним кругом, крім обертового руху, здійснює планетарний рух по внутрішній поверхні деталі, зі швидкістю, що відповідає швидкості обертання заготовки при шліфуванні за першим способом. В обох випадках здійснюється поздовжня подача шліфувального круга вздовж осі шліфованого отвору: у першому випадку рухом шпindelної головки, у другому – рухом стола.

Найбільш істотна відмінність внутрішнього шліфування від зовнішнього полягає у тому, що оброблення проводиться кругом малого діаметру. Як правило діаметр круга при внутрішньому шліфуванні становить 0,7 – 0,9 діаметра отвору, що шліфується. Колова швидкість круга становить від 10 м/с до 30 м/с, а деталь обертається зі швидкістю 1 – 50 м/хв.

Внутрішньо-шліфувальні верстати менш продуктивні, ніж круглошліфувальні для зовнішнього шліфування, і характеризуються меншими технологічними можливостями. Абразивний круг малого діаметру швидко зношується, потребує частішої правки і заміни. Шпindel верстата має значний виліт і малу жорсткість. Разом з тим, для деталей з твердістю 40 HRC, які не допускають оброблення лезовим інструментом, шліфування є єдиним методом, який дозволяє підвищити не лише точність самого отвору, але і точність координат його осі.

Можливе шліфування наскрізних, «глухих», конічних та фасонних отворів (рис. 9.3). Відкриті циліндричні і конічні отвори значної протяжності шліфують методом поздовжньої подачі (на прохід), а короткі – методом врізання. Схеми шліфування на внутрішньо шліфувальному верстаті наведені на рис. 9.3.

Внутрішнє шліфування має свої технологічні особливості. Діаметр абразивного круга вибирають максимальним, який допускається діаметром

оброблюваного отвору $D_{кр} = (0,8 - 0,9)D_{отв}$. Висоту (ширину) круга приймають залежно від довжини оброблюваного отвору $L_{кр} = 0,8L_{дет}$.

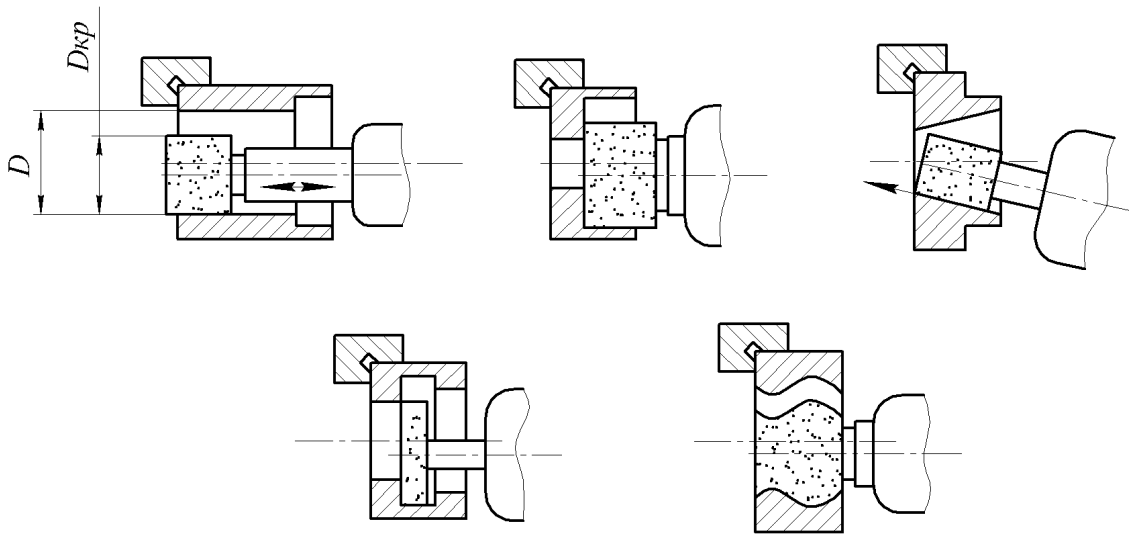


Рисунок 9.3 – Схеми шліфування на внутрішньо шліфувальних верстатах

Чистовим шліфуванням забезпечується точність розмірів отворів *IT6 – IT7*; шорсткість поверхні $Ra\ 0,8 - 3,2\ \mu\text{м}$. При тривалому виходжуванні досягається $Ra\ 0,4\ \mu\text{м}$. Для внутрішнього шліфування рекомендуються такі режими різання: – для чавуну $v_{кр} = 20 - 30\ \text{м/с}$; – для сталі $v_{кр} = 30 - 45\ \text{м/с}$; $v_{заг} = (0,015 \dots 0,03)v_{кр}$; $S_{ноз} = (0,2 - 0,3)B_k$ – чистове шліфування; $S_{ноз} = (0,6 - 0,8)B_k$ – чорнове шліфування.

Припуск на шліфування отворів залежать від діаметра отвору і його довжини і рекомендуються в межах $0,07 - 0,25\ \text{мм}$ для діаметрів до $30\ \text{мм}$; $0,18 - 0,75$ для діаметрів до $250\ \text{мм}$. Найбільш поширеним методом є шліфування на прохід з поздовжнім рухом подачі. Це шліфування забезпечує точність розмірів, форми і, при відповідному базуванні, точність взаємного розташування оброблених поверхонь.

На рис. 9.4 зображена схема оброблення отвору на внутрішньо-шліфувальному верстаті.

Для шліфування торця деталі після шліфування в ній отвору, доцільно

користуватися верстатами, що мають крім круга для шліфування отвору круг для шліфування торця. Це забезпечує дотримання строгої перпендикулярності торцевої поверхні і осі отвору за рахунок оброблення за один установ.

Планетарне шліфування застосовується переважно для оброблення великогабаритних і важких деталей складної форми, закріплення яких в обертових шпинделях утруднене або практично неможливе.

Планетарні внутрішньо шліфувальні верстати бувають горизонтальні і вертикальні. На рис. 9.5 показана схема шліфування на планетарно-шліфувальному верстаті.

Особливістю цього способу шліфування є планетарний рух круга навколо своєї осі зі швидкістю 25 – 50 м/с і навколо осі оброблюваної заготовки зі швидкістю 40 – 60 м/хв. Поздовжня подача й поперечне врізання на глибину також здійснюється кругом.

Планетарне шліфування застосовують в умовах одиничного і серійного виробництва.

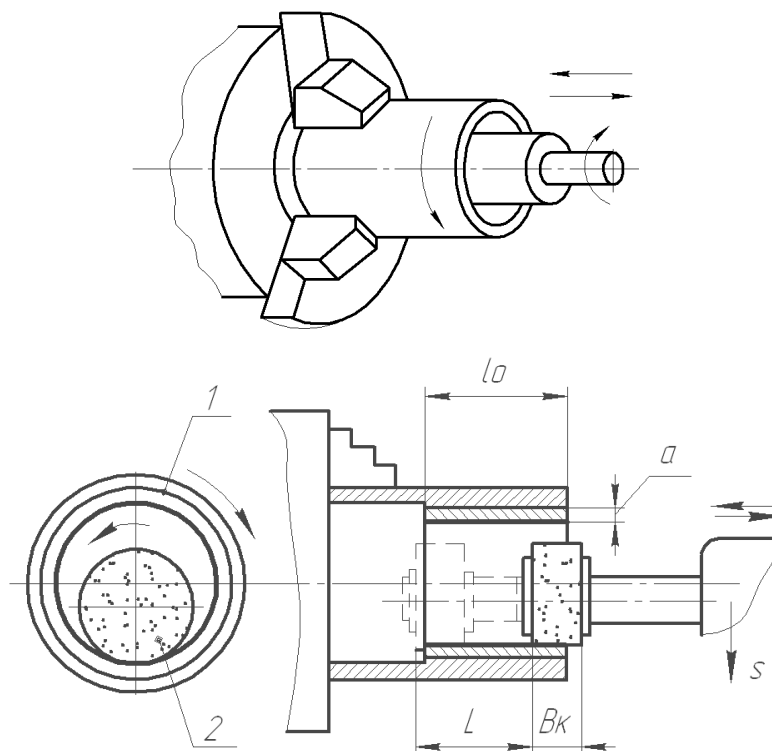


Рисунок 9.4 – Схема оброблення отвору на внутрішньо-шліфувальному верстаті

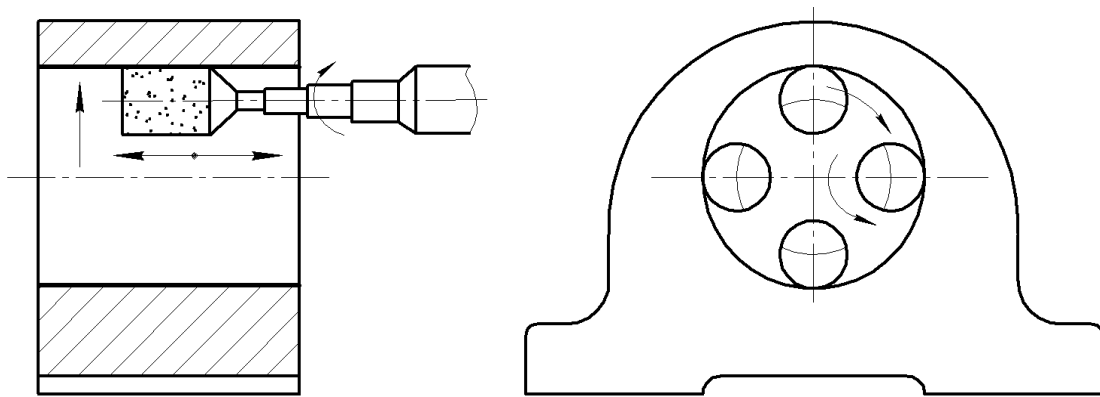


Рисунок 9.5 – Схема шліфування корпусу на планетарно-шліфувальному верстаті

10. Хонінгування

Хонінгуванням називають метод викінчувального оброблення поверхонь дрібнозернистими абразивними брусками при їх комбінованому відносному робочому русі. На практиці він застосовується головним чином для оброблювання внутрішніх поверхонь обертання. Його доцільно застосовувати при обробленні високоточних отворів, що мають довжину більшу діаметра в серійному і масовому виробництві. Хонінгуванням обробляють циліндри автомобільних і тракторних двигунів, отвори під пінолі задніх бабок, отвори гідроциліндрів, плунжерних пар та ін. Однак хонінгуванням неможливо усунути відхилення положення й напрямку осі отвору.

Хонінгування зменшує похибку відхилення форми, підвищує розмірну точність, зменшує шорсткість поверхні, зберігає мікротвердість і структуру поверхневого шару. Це механічна доводка розточеного, розвернутого або прошліфованого отвору спеціальною обертовою головкою (хоном) з розсувними абразивними брусками, яка здійснює крім обертового, зворотно-поступальний рух. Схема хонінгування приведена на рис. 10.6.

Процес різання здійснюється поєднанням обертового і зворотно-

поступального рухів, які зазвичай надаються хонінгувальній головці, але можуть бути надані і оброблюваній деталі. У першому варіанті нерухома деталь, що обробляється, а в другому – інструмент. Внаслідок такого поєднання рухів, шлях абразивних зерен по оброблюваній поверхні представляє собою сітку гвинтових мікроскопічних ліній – слідів переміщення абразивних зерен. Кут θ перетину цих слідів залежить від співвідношення швидкостей (рис. 10.6, б). На рис. 10.6, б приведена розгортка оброблюваної поверхні. Похилими лініями показаний гвинтовий шлях зерна абразиву при прямому і при зворотному напрямках поступального руху хонінгувальної головки. На схемі цифрами вказано положення бруска (отже, і зерна) на початку прямого ходу (2), в кінці прямого ходу (1) і в кінці зворотного ходу головки (3). Звідси видно, що довжина ходу встановлюється з деяким перебігом, щоб виключити неповну виробітку матеріалу на кінцях отвору і тим самим забезпечити однаковий розмір діаметру, як в середині, так і з торців деталі.

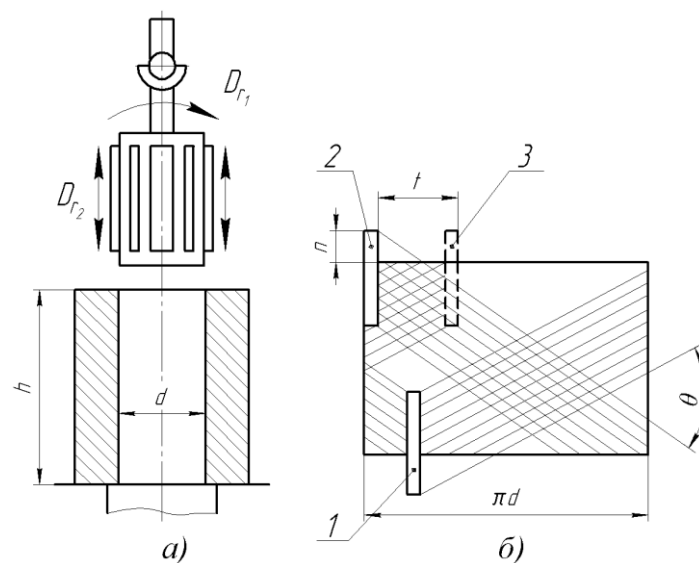


Рисунок 10.6 – Схема хонінгування отвору:

a – схема процесу хонінгування; *б* – схема траєкторії слідів оброблення поверхні

Крім того, видно, що хонінгувальна головка робить на кожному подвійному ході деяке перекриття f оброблюваної поверхні в напрямку

обертального руху. Це необхідно для виключення повторення траєкторії руху одним і тим же зерном.

Абразивні бруски завжди контактують з оброблюваною поверхнею, оскільки мають можливість розсуватися в радіальному напрямку. Тиск бруска контролюється.

Хонінгування виконується на спеціальних верстатах, які поділяють на дві групи: вертикально-хонінгувальні і горизонтально-хонінгувальні.

Хонінгувальна головка (хон) виконує поєднані рухи: обертання і зворотно-поступальне переміщення при постійному тиску абразивних брусків на оброблювану поверхню в середовищі змащувально-охолоджувальної рідини.

На головці закріплюють декілька (4, 6, 8) дрібнозернистих абразивних брусків. Найбільш ефективно працюють головки з більшим числом брусків. Крім абразивних брусків, застосовують і бруски з синтетичних алмазів на металевій зв'язці. Верхній алмазовмісний шар бруска має товщину 2 – 2,5 мм. Алмазним хонінгуванням досягається сама більша ефективність оброблення завдяки високій стійкості алмазних брусків.

Розсування брусків у радіальному напрямку здійснюється механічним, гідравлічним або пневматичним методами. В процесі хонінгування одержують гладку і блискучу поверхню з точністю 4 – 6-го квалітетів і шорсткістю поверхні Ra 0,32 – 0,02 мкм. Точність форми, що досягається для отворів діаметром 100 – 120 мм, становить 0,01 – 0,02 мм.

Хонінгувальна головка обертається зі швидкістю 60 – 75 м/хв при обробленні сталейних заготовок. Швидкість зворотно-поступального руху головки близько 12 – 15 м/хв. Тиск брусків на оброблювану поверхню становить від 0,05 до 0,20 МПа. Припуск на оброблення 0,05 – 0,10 мм, як правило, знімається за 1 – 2 хвилини. У якості змащувально-охолоджувальної рідини переважно використовують гас або легкий соляр.

У процесі хонінгування абразивні бруски знімають шар металу товщиною 0,3 – 0,5 мкм за один подвійний робочий хід при загальному припуску 0,01 – 0,07 мм для сталі й 0,02 – 0,20 мм для чавуну. При цьому знімаються як

мікронерівності, що залишилися після попередньої операції, так і деяка частина основного металу, що дозволяє усувати конусоподібність, овальність, бочкоподібність.

Складний рух брусків забезпечує велику площу контакту (число зерен абразиву, що одночасно беруть участь в різанні, в 500 – 1000 разів більше, ніж при шліфуванні), що забезпечує високу продуктивність процесу, а малий тиск брусків (в 6 – 10 разів менший, ніж при шліфуванні) дозволяє зрізати дуже тонкі шари металу (до 0,005 мм) і забезпечує високу чистоту поверхні. Звичайна тривалість хонінгування становить 1 – 5 хвилин.

Хонінгувати отвори довжиною, меншою половини діаметра оброблюваного отвору складно, оскільки головка погано самовстановлюється по отвору. У цьому випадку замість шарнірного застосовують, жорстке кріплення головки, а самовстановлення забезпечують закріпленням деталі на столі, який «плаває» в радіальних напрямках.

Конструкція жорстко закріпленої хонінгувальної головки приведена на рис. 10.7. Головка складається з корпусу 1, який несе різальні бруски, штанги 2 з конічним хвостовиком, який з'єднує головку з верстатом, і штока 3, який одержує осьове переміщення від механізму подачі верстата і розсуває конусами 4 різальні бруски 5.

Інша конструкція хонінгувальної головки зображена на рис. 10.8. Хонінгувальна головка представляє собою циліндр 3, вздовж твірної якого розташовані абразивні бруски Б, закріплені на планках 4 і з'єднані попарно з радіальними стержнями 5, які входять у відповідні пази головки.

Всередині головки вмонтований двосторонній конічний регульований стержень 1, за допомогою якого радіальні стержні разом з абразивними брусками розсуваються, регулюючи діаметральний розмір і компенсуючи зношення абразивних брусків. У процесі хонінгування здійснюється три основних робочих рухи: радіальний розтиск, обертання і зворотно-поступальний рух брусків.

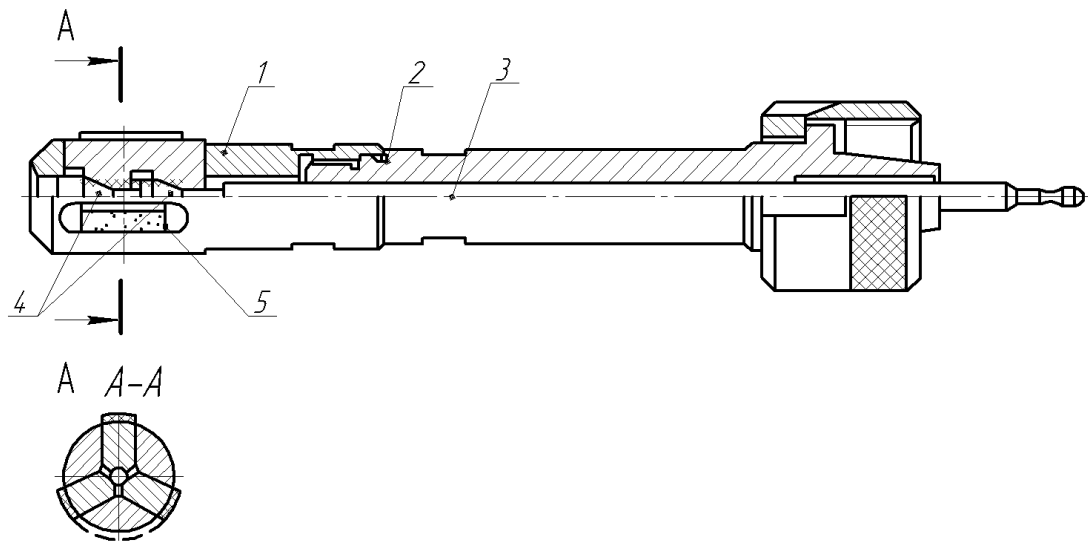


Рисунок 10.7 – Конструкція жорстко закріпленої хонінгувальної головки:

1 – корпус; 2 – штанга; 3 – шток; 4 – конус; 5 – брусок

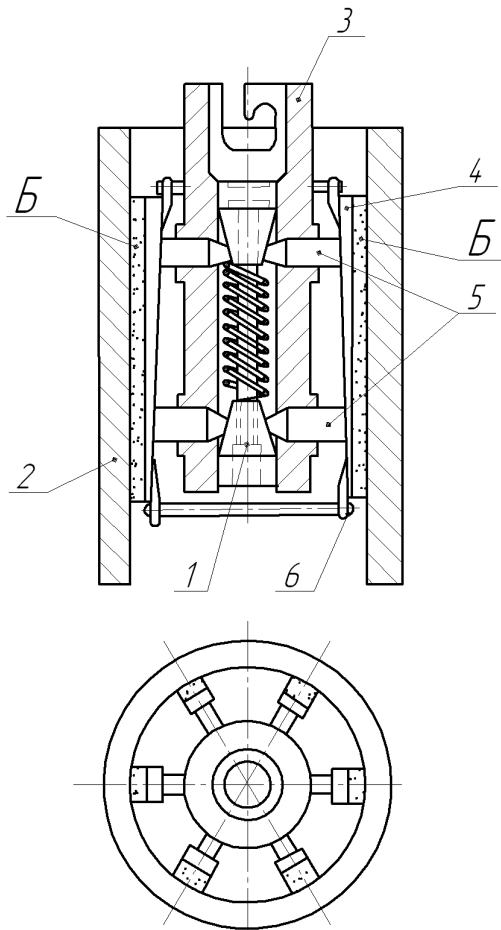


Рисунок 10.8 – Схема хонінгувальної головки:

1 – конічний стержень; 2 – оброблювана деталь; 4 – планка; 5 – радіальний стержень; 6 – пружина; Б – абразивні бруски

Інтенсивна подача змащувально-охолоджувальної рідини забезпечує видалення продуктів зношування з-під брусків і з оброблюваної поверхні.

Рекомендуються такі режими різання. Колова швидкість різання 20 – 80 м/хв, зворотно-поступальна 2,0 – 30 м/хв, тиск брусків 0,2 – 1,4 МПа.

Виправлення похибки форми досягається механізмом клинового розтиску різальних брусків. Непарне число брусків доцільно застосовувати при обробленні переривчастих поверхонь.

Особливості процесу хонінгування такі:

– продуктивність (у ряді випадків перевершує продуктивність шліфування або тонкого розточування);

– точність оброблення мало залежить від точності верстата, тому що радіальні складові сили різання взаємно врівноважуються;

– низька температура в зоні різання (тому на деталях зі змінною товщиною стінок відсутня їх деформація від нагрівання);

– простота регулювання роботи хонінгувальної головки;

– досягнення 4 – 5- го квалітетів точності й високої якості поверхні.

Вибір характеристик брусків залежить від механічних властивостей матеріалу, величини припуску й необхідної якості оброблюваної поверхні. Використовують електрокорунд білий або карбід кремнію зелений. Рідше – електрокорунд нормальний або карбід кремнію чорний.

Зернистість від 12 мкм і менше. Для знімання більших припусків вибирають зернистість 20-25 мкм і більше. Алмазні бруски характеризуються зернистістю, концентрацією алмазів і видом зв'язки (за 100%-ну концентрацією приймається вміст в 1 мм³ алмазного шару 0,878 мг алмазу.)

11. Оброблення отворів методом протягування

Протягування займає значне місце в металообробці, особливо в крупносерійному і масовому виробництві. Це високопродуктивний процес, що

забезпечує одержання отворів високої точності (5 – 8- го квалітету) і шорсткості поверхні до Ra 0,2 мкм.

Воно успішно замінює деякі види оброблення, такі як розточування, зенкування, розвертування.

До переваг протягування належать:

– висока продуктивність за рахунок поєднання чорнового і чистового оброблення;

– висока точність оброблення і якість поверхні;

– висока стійкість інструменту;

– простота налагодження верстатів.

Протягування здійснюється багатолезовим інструментом – протяжкою, яка протягується через оброблюваний отвір. Прошиванням називають аналогічне оброблення більш коротким інструментом – прошивкою. Протяжку протягують, а прошивку проштовхують через оброблюваний отвір (рис. 11.1).

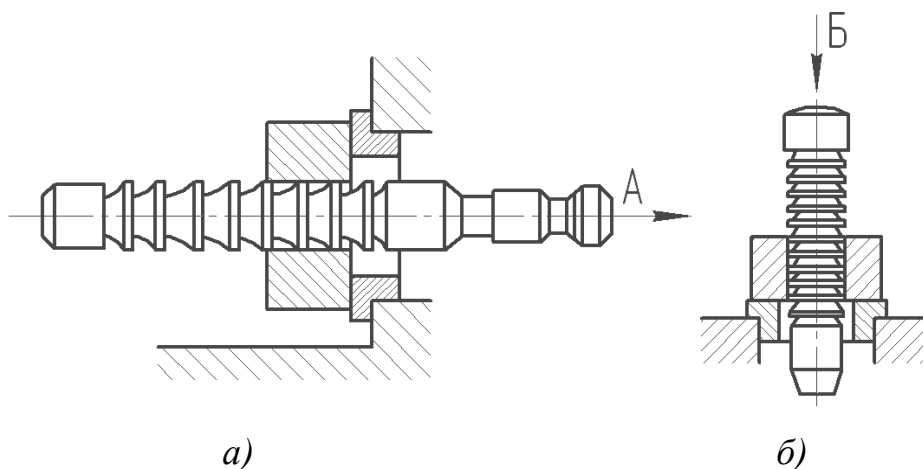


Рисунок 11.1 – Схема роботи протяжного інструменту:

a – протяжка; *б* – прошивка

Протяжка працює на розтяг, а прошивка на стиск, тому їх виготовлять коротшими за протяжки.

Внутрішнє протягування застосовується для оброблення різних отворів: круглих (циліндричних), квадратних, фасонних, з різними пазами.

Протягувати можна отвори діаметром 5 – 400 мм і довжиною до 10 м,

проте найчастіше протягуванням отримують отвори діаметром 10 – 75 мм і довжиною до 2,5 – 3 діаметрів отвору. Перед протягуванням отвори обробляють свердлом, зенкером або різцем. При великій подачі на зуб можна протягнути чорнові поверхні, тобто отвори після литва або штампування без попереднього їх оброблення. Висока стійкість протяжок дозволяє вести роботу протягом декількох змін без підналагодження верстата та інструменту, завдяки чому створюються умови для автоматизації процесу протягування.

Протягування здійснюють протяжками при різних відносних переміщеннях інструменту і заготовки та різних головних робочих рухах, які можуть бути обертовими і зворотно-поступальними.

Залежно від попередньої підготовки деталей до протягування, при обробленні їх встановлюють на жорсткій або кульовій опорі. Коли торцева поверхня деталі підрізана, тобто коли торець деталі перпендикулярний до осі отвору, її встановлюють на жорсткій опорі (рис. 11.2, *a*). Якщо торцева поверхня не підрізана або підрізана не перпендикулярно до осі отвору, то деталь встановлюють на кульовій опорі (рис. 11.2, *б*). Коли в деталі підрізана тільки одна торцева поверхня, її встановлюють на кульовій опорі необробленим торцем, щоб зуби протяжки починали різання з обробленого торця.

Протягування здійснюють на горизонтальних і вертикальних протяжних верстатах. Внутрішні поверхні обробляють на горизонтально-протяжних верстатах з тяговою силою 10, 20 і 40 т при робочій швидкості від 1,5 до 13 м/хв. Вартість горизонтально-протяжного верстата нижча, ніж вертикально-протяжного, але площа, яку він займає в цеху, в 3 рази більша.

Обертний рух деталі забезпечують при застосуванні гвинтових протяжок. Гвинтові протяжки застосовують для оброблення глибоких отворів. Проштовхування прошивки через нерухому деталь здійснюють на пресах або прошивних верстатах.

Протягування може здійснюватися кількома способами (схемами різання) (рис. 11.3). Профільна схема (рис. 11.3, *a*), при якій зрізання припуску проводиться зубами, які мають поперечний профіль, подібний до профілю

отвору, який обробляється. Профільну схему різання застосовують найчастіше для протягування круглих отворів. Генераторна схема різання (рис. 11.3, б), яка полягає в тому, що зрізання припуску проводиться зубами, що мають змінний профіль, який поступово переходить до заданого профілю.

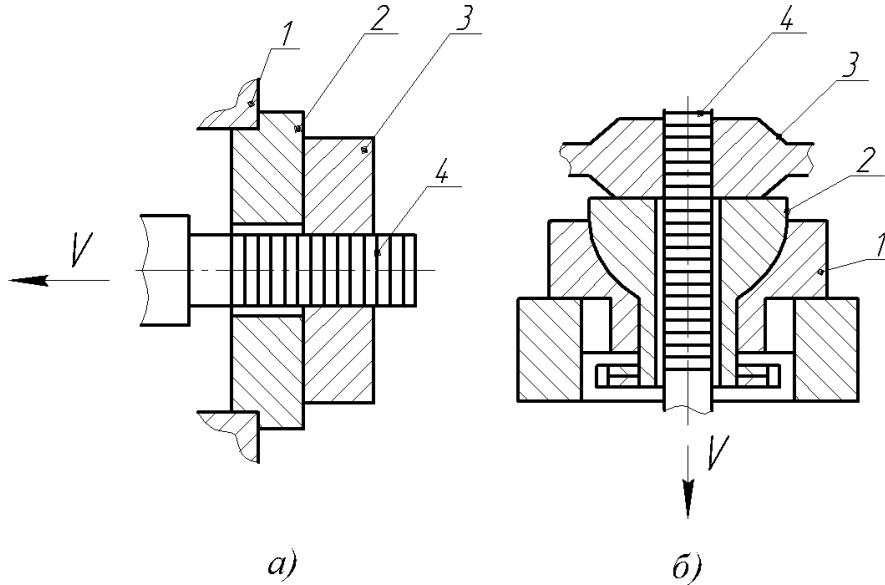


Рисунок 11.2 – Схеми протягування отворів:

a – горизонтальна; *б* – вертикальна; 1 – жорстка опора; 2 – шарова опора; 3 – оброблювальна заготовка; 4 – протяжка

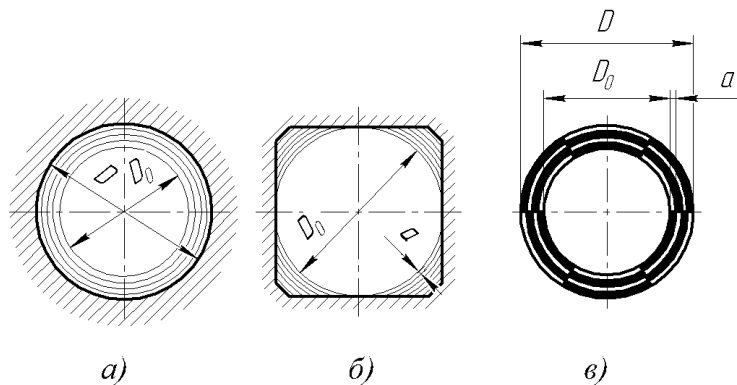


Рисунок 11.3 – Способи протягування отворів:

a – профільне протягування; *б* – прогресивне протягування; *в* – генераторне протягування

Цю схему застосовують при протягуванні фасонних поверхонь. Групова (прогресивна) схема різання (рис.11.3, в), при якій метал зрізується не

кільцевими шарами по всьому контуру, а розділяється на частини так, що кожен зуб зрізує метал тільки з частини профілю, а наступний за ним зуб знімає метал з іншої частини профілю і так далі, поки не буде знятий метал з усього профілю. Зуби однакового діаметру, що зрізують кожен свою ділянку профілю, утворюють секцію. Кількість зубів в секції від 2 до 5.

Круглі протяжки звичайної конструкції мають профільну схему різання. Кожен зуб зрізує метал по всьому колу на глибину подачі на зуб. Наступний зуб має однакою форму з попереднім, але більший діаметр.

Протяжки з груповою (прогресивною) схемою різання відрізняються тим, що парні і непарні зуби мають різну форму. Непарні зуби мають увігнуту, а парні – круглу форму. Такі протяжки більш продуктивні і забезпечують високу чистоту поверхні. Припуски на протягування отворів, отриманих свердлінням, зенкуванням або розточуванням, становлять від 0,5 до 1,5 мм на діаметр. Якщо довжина отворів у деталей менше 2 – 3 кроків між зубами протяжки, то доцільно протягувати отвори одночасно в декількох деталях.

Одержувана після протягування шорсткість поверхні в значній мірі залежить від змащувально-охолоджувальної рідини. Як правило застосовують сульфозфрезол або 20%- ний розчин емульсолу у воді з додаванням 4% мила. При особливо високих вимогах до чистоти поверхні в якості охолоджувальної рідини рекомендується використовувати алізаринову емульсію.

12. Оброблення отворів без зняття стружки

Обробка отворів без зняття стружки проводиться двома методами: калібруванням за допомогою вигладжуючих прошивок (дорном) і кульок та розкочуванням (рис. 12.1; 12.2; 12.3).

Вигладжування – це процес ковзання інструменту по локально контактуючій з ним поверхні деформованого матеріалу.

Дорни не мають ріжучих зубів. Вони ущільнюють поверхневий шар

отвору, забезпечуючи отримання більш точного діаметру. При цьому знижується шорсткість поверхні і підвищується її твердість (за рахунок явища наклепу).

Калібрування кулькою або за допомогою вигладжувальних прошивок, називаються дорнуванням, яке полягає в продавлюванні сталеві загартованої кульки або дорна на пресі через отвір, який було попередньо точно оброблено. Діаметр кульки або дорна повинен бути дещо більшим необхідного діаметра отвору, що пов'язано з пружними властивостями оброблюваного металу. Швидкість калібрування для заготовок з в'язких металів становить 2 – 6 м/хв. При цьому підвищується точність оброблення, виправляються похибки форми і знижується шорсткість.

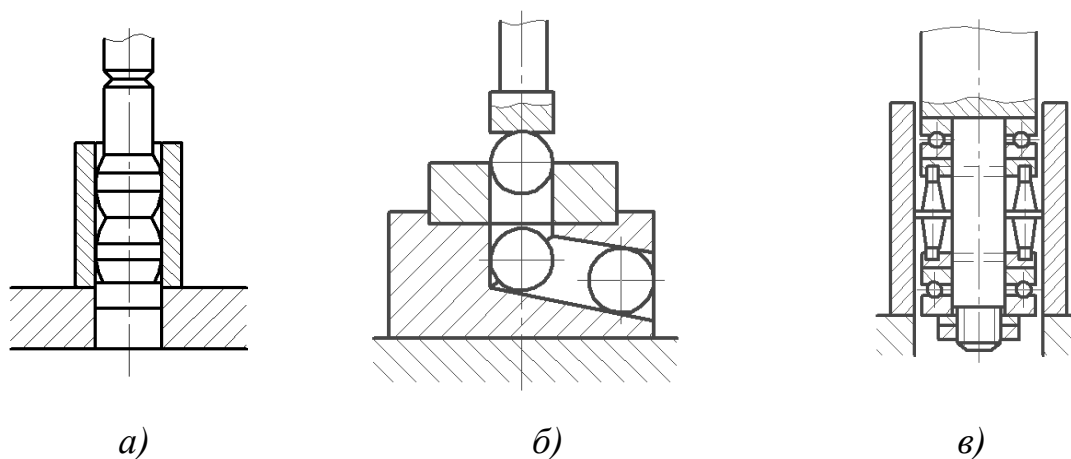


Рисунок 12.1 – Схеми обробки отворів без зняття стружки:

a – вигладжувача прошивка; *б* – калібрування кулькою; *в* – розкочування роликками

Розкочування отворів проводиться сталевими загартованими роликками, що мають бочкоподібну форму, або кульками. Розкочуванням досягається 5-тий квалітет точності і шорсткість $Ra\ 32 - 0,08$ мкм при обробленні в холодному стані сталей твердістю до 45 HRC, при цьому твердість поверхневого шару збільшується приблизно на 15 – 20%. Оброблення проводиться як на спеціальних, так і на звичайних (модернізованих) токарних і свердлильних верстатах.

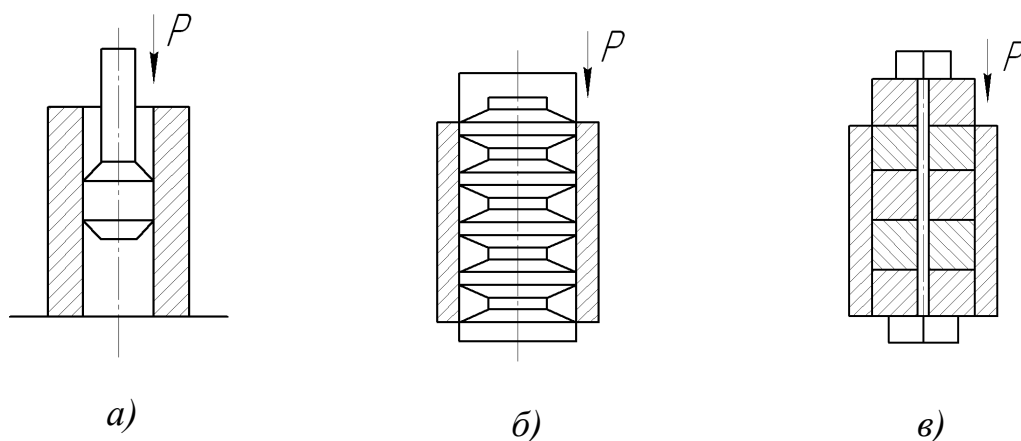


Рисунок 12.2 – Схеми дорнування отворів:

a – однозубим дорном; *б* – багатозубим дорном; *в* – багатозубим збірним дорном

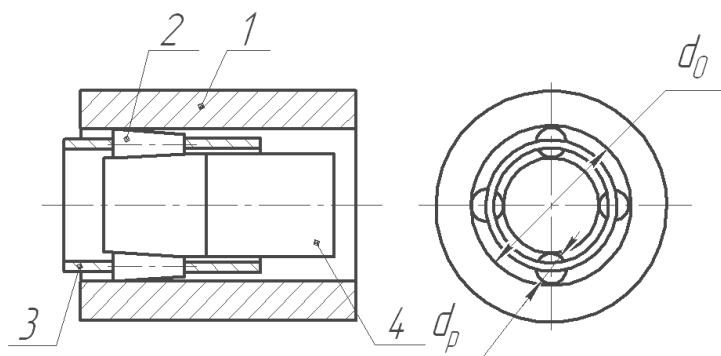


Рисунок 12.3 – Схеми розкочування отвору:

1 – заготовка; 2 – деформуючий ролик; 3 – сепаратор; 4 – опорний конус

Операції розкочування отворів зазвичай виконуються за один прохід і не вимагають направляючих. Деформуючі ролики і опорний конус виготовляють з сталей ШХ15 або Р6М5 (40 – 45 HRC). Величина шорсткості робочих поверхонь деформуючих роликів відповідає $Ra < 0,1$ мкм. Ролики виконують циліндричними або конічними.

13. Виготовлення різевих поверхонь

У машинобудуванні застосовуються циліндричні (кріпильні та ходові) і конічні різі. Для кріпильних деталей основною є метрична різь трикутного

профілю з кутом при вершині 60° . За розміром кроку ці різі поділяють на різі з крупним і дрібним кроком. Тому самому номінальному (зовнішньому) діаметру різі відповідає кілька кроків різної величини. Ходові різі виготовляють з прямокутним і трапецеїдальним профілем. Різі можуть бути одно- і багатозахідні.

Найпоширенішим методом одержання трикутних різей в отворах є нарізання різі мітчиками. Мітчики бувають ручні і машинні і виготовляються кількох ступенів точності.

Ручні мітчики призначені для нарізання різей діаметром від 2 до 52 мм вручну. Вони випускаються комплектами, що складаються з двох або трьох мітчиків. Ними зазвичай користуються при слюсарних ручних роботах. Комплекти мітчиків застосовують для нарізування різей в деталях з твердих і в'язких матеріалів. У комплекті з двох мітчиків перший (чорновий) виконує 75% всієї роботи, а другий (чистовий) доводить різь до необхідного профілю. У комплекті з трьох мітчиків перший (чорновий) виконує 60% всієї роботи, середній (напівчистовий) – 30% і третій (чистовий) – 10%. Мітчики в комплекті розрізняють за довжиною забірної частини, найбільша довжина забірної частини у чорнового мітчика.

Для нарізання внутрішньої різі на верстатах, головним чином револьверних і свердлильних, застосовують машинні мітчики. Машинні мітчики використовують для нарізування як глухих, так і наскрізних різей. Випускаються вони комплектом із двох мітчиків та одинарні.

Глухі різі діаметром від 2 до 52 мм нарізуються машинними мітчиками на свердлильних, револьверних і агрегатних верстатах, автоматах і напівавтоматах.

Машинні мітчики, дозволяють нарізати різь за один робочий хід.

Для нарізання різі мітчиками необхідно виконати попереднє оброблення отвору. Залежно від необхідної точності різі отвір попередньо свердлять, зенкують або розточують.

При нарізанні різі матеріал деталі трохи видавлюється мітчиком, і внутрішній діаметр різі виявляється більшим за діаметр вихідного отвору. Ця

обставина врахована в спеціальних таблицях, за якими вибирають діаметр отвору під різь.

При нарізанні різі на верстаті мітчики кріпляться у патронах, які можуть бути швидкозмінними, самоцентрувальними, коливними та плаваючими.

В швидкозмінних патронах звичайного типу мітчик жорстко зв'язаний зі шпинделем верстата.

Коливні і плаваючі патрони дозволяють мітчику самовстановлюватися в отворі, де нарізають різь, у першому випадку завдяки відхиленню його осі від вертикалі, а в другому – за рахунок зсуву його паралельно власній осі.

При нарізанні різі в отворах, що не перешкоджають вільному виходу мітчика після робочого ходу, він пропускається повністю через отвір і потім вставляється в патрон для нарізування наступної деталі. Для скорочення часу на установку й зняття мітчик у патроні не кріпиться. Крутний момент передають квадрат, лиски або зрізи на хвостовику. При роботі на верстатах з вертикальною віссю мітчик вільно падає наприкінці проходу.

При нарізанні різі на вертикально- і радіально-свердлильних верстатах щоб уникнути поломки мітчика при упорі його в дно глухого отвору, а також при перевантаженні застосовуються запобіжні патрони (рис. 13.1), що дозволяють мітчику зупинитися при обертанні шпинделя, коли крутний момент перевищить безпечну величину. Запобіжний патрон складається з корпусу 1 з конічним хвостовиком і веденої втулки 2, призначеної для кріплення мітчика. Ведена втулка 2 з'єднується із ведучою 3 трапецієвидними зубами. Ведуча втулка, зв'язана з корпусом шпонкою, притискається до веденої пружиною 4. При збільшенні крутного моменту вище допустимої величини осьова складова сила на зубах втулок перевищить силу пружини, ведуча втулка зміститься вздовж осі, її зуби вийдуть із зачеплення, і ведена втулка зупиниться. Натяг пружини регулюють гайкою 5.

Для кожного патрона існує певний інтервал діаметрів, для нарізуваних різей. Найбільш часто використовують комплект із трьох патронів: для нарізування різей діаметрами 8 – 12, 12 – 30 і 18 – 42 мм.

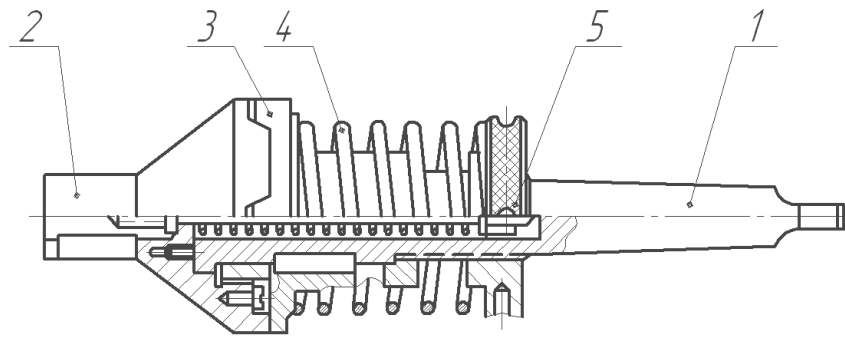


Рисунок 13.1 – Запобіжний патрон

Нарізання різи на верстаті перш за все вимагає забезпечення умов співпадіння осі мітчика з віссю отвору з метою уникнення розбивання різи. Це досягається самовстановленням деталі (свердлильні верстаті) по жорстко закріпленому інструменту, або самовстановлення інструменту по отвору (плаваючий патрон) (рис. 13.2).

На верстатах, де отвори під різь та різь отримують в одній операції, допускається жорстке закріплення мітчика. Крім цього, необхідно забезпечити величину подачі, рівну кроку різи. При неспівпадінні подачі верстата (револьверної головки) з кроком різи, застосовують компенсуючі державки і патрони, що допускають самовстановлення мітчика в отворі.

Для нарізання різи у в'язких матеріалах і кольорових металах застосовують безканавкові мітчики, в яких стружкова канавка (одна – три) виготовляються тільки на різальній частині. Для різей діаметром більше 30 мм застосовують розсувні мітчики – головки. Такий мітчик виводять з отвору не викручуючи – його різеві частини (плашки) можуть бути втоплені в корпусі.

Десятикратне підвищення довговічності інструменту при нарізанні різей в отворах дає використання безстружкових – розкатників (рис. 13.3), їх відмінною особливістю є відсутність стружкових канавок, а безстружкове формування профілю різи здійснюється за рахунок спеціальної три- або чотиригранної форми розкатника. Особливу увагу звертають на підбір діаметра отвору під різь, що впливає на формування повного профілю різи розкатником.

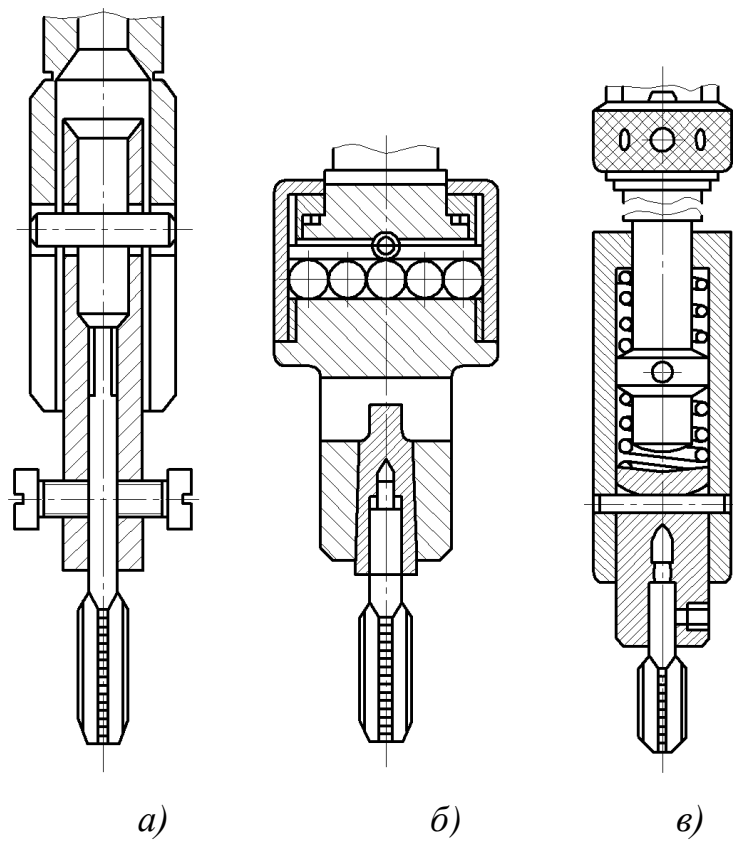


Рисунок 13.2 – Патрони для нарізання різі:
 а – плаваючий; б – компенсуючий

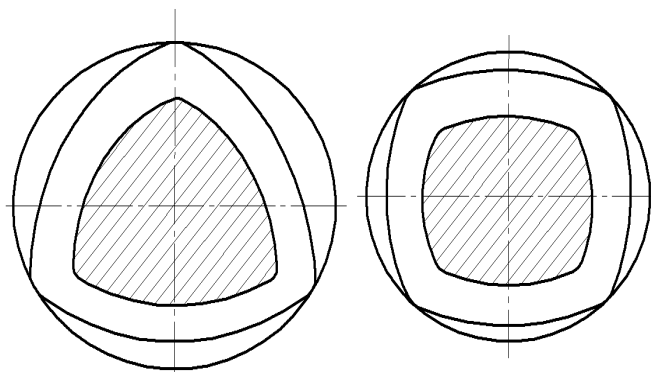


Рисунок 13.3 – Схеми роботи мітчиків-розкатників

14. Контроль корпусних деталей

Засоби вимірювання діаметрів отворів застосовують в залежності від конкретних виробничих умов. Використовують як універсальні вимірювальні

засоби, так і різні калібри-пробки. Універсальними вимірювальними засобами є індикаторні нутроміри, мікрометричні штихмаси, спеціалізовані штангенциркулі. Для вимірів отворів діаметром до 500 мм широко використовують жорсткі граничні калібри. Для отворів діаметром більше 500 мм основними засобами вимірювання є мікрометричні та індикаторні штихмаси різних типів.

Для забезпечення належного контролю необхідно правильно вибирати засоби і спосіб контролю. При цьому потрібно, щоб вимірювальні засоби відповідали вимогам щодо точності вимірюваних деталей. На підставі досвіду роботи промисловості можна вважати, що гранична похибка вимірювального засобу повинна становити 10 – 20% допуску вимірюваної величини, в окремих випадках, коли допуск занадто малий, гранична похибка може становити до 30% допуску.

В особливо відповідальних випадках потрібно встановити виробничий (технологічний) допуск, що дорівнює допуску на розмір, зменшеному на подвоєну граничну похибку методу вимірювання.

У більшості випадків можна вважати, що вихід розмірів за межі поля допуску, пов'язаний з похибкою методу вимірювання – незначний у порівнянні з полем допуску і не може істотно впливати на експлуатаційні властивості деталей. Тому всі вимірювання проводять при незмінному стандартному допуску на розмір.

При виборі вимірювальних засобів потрібно також враховувати економічні показники: їх собівартість, час, що витрачається на налаштування, час, необхідний на вимірювання, надійність і стабільність роботи, ресурс роботи до ремонту.

Простим і надійним засобом контролю отворів є граничні калібри. Для можливості перевірки похибок форми їх слід робити з повною прохідною та неповною прохідною сторонами.

На автомобільних заводах широко застосовують пневматичні методи контролю, що дозволяють виконувати безконтактні вимірювання з великими

передавальним відношенням і вести відлік поділок до мікрона. Пневматичні методи контролю можна використовувати для вимірювання діаметральних розмірів від 5 – 6 мм і вище з точністю до 0,001 мм, похибок форми отворів, у важкодоступних місцях, за багатьма параметрами одночасно. Пневматичні методи дозволяють порівняно просто і надійно автоматизувати контроль, тому їх слід вважати прогресивними.

Похибки форми отворів в поперечному перерізі (еліптичність, ограновування) визначаються вимірами в різних радіальних напрямках. Похибки форми в повздовжньому перетині (конусність, бочкоподібність) визначаються за результатами вимірювань у різних поперечних перерізах. Для вимірювання глибини отворів використовують штангенглибиноміри, шаблони, калібри.

Для контролю точності відносного положення отворів переважно використовують контрольні оправки. Їх виготовляють сталевими і загартованими (твердість 48 – 52 HRC); зовнішня циліндрична поверхня виконується за 5-м квалітетом точності, чистота поверхні Ra 0.1 – 0.4 мкм.

При контролі невеликих отворів (діаметром до 50 мм) оправки встановлюють безпосередньо в отвори, а при великих діаметрах отворів – через контрольні втулки (рис. 14.1, *a*). Щоб уникнути великої кількості контрольних оправок, для отворів діаметром більше 50 мм оправки використовують трьох розмірів за діаметрами 30, 50 і 80 мм. Для отворів діаметром до 120 мм застосовують сталеві загартовані втулки, а для отворів більшого діаметра – чавунні втулки з виточками або отворами в стінках для зменшення ваги. Зовнішня поверхня втулки має відхилення, відповідно ковзної або щільної посадки 5-го квалітету точності. Контрольні оправки в отворах втулок встановлюють по посадці ковзання 6-го квалітету точності. Довжина сполучення оправки з втулкою повинна бути не менше 1,5 – 2,0 її діаметра. Принципові схеми вимірювання за основними параметрами точності відносного положення отворів показані на рис. 14.1 – 14.6.

Співвісність отворів зазвичай перевіряють контрольними оправками

(рис. 14.1, *a*) або, якщо деталь і оправка досить жорсткі, індикаторними пристроями (рис. 14.1, *б*) Для перевірки співвісності отворів можна використовувати також оптичні, пневматичні та інші методи контролю. Перевірка оправками, однак, не виявляє характеру не співвісності (паралельне зміщення, відносний поворот або схрещування осей в просторі) і величини похибки.

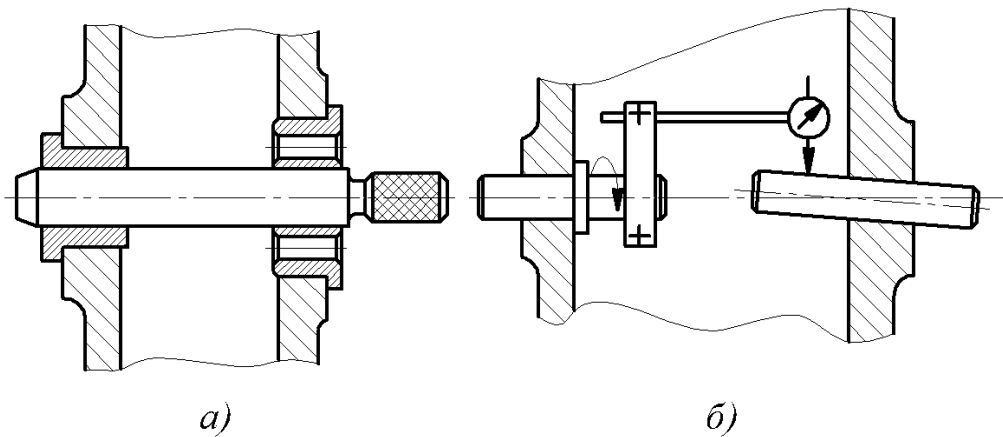


Рисунок 14.1 – Схема перевірки співвісності отворів

При перевірці співвісності індикаторними пристроями визначають радіальне биття. Якщо осі отворів непаралельні, перевірку потрібно проводити в різних поперечних перерізах, оскільки при одноразовій перевірці, коли точка перетину осей буде знаходитися в площині обертання індикатора, похибка може бути не виявлена.

Для забезпечення високої якості деталі необхідно, щоб максимальна не співвісність (максимальна відстань між осями отворів в межах габаритних розмірів деталі) перебувала в межах допуску. Максимальну не співвісність можна визначити розрахунком, знаючи не співвісності в окремих перетинах, розміри деталі і місце перетину осей. Не співвісність при вимірюванні в двох поперечних перетинах, що знаходяться на вказаній відстані один від одного, не повинна перевищувати допуску.

Відстань h від осі отвору до базової площини (рис. 14.2, *a*) визначають на контрольній плиті вимірювання розмірів h_1 та h_2 за допомогою блоку плит, штихмасу або вимірюванням розмірів від верхньої твірної оправки до площини

плити за допомогою штангенрейсмуса, штангенглибиномера або індикаторного пристрою. При цьому виявляється також непаралельність осі отвору відносно площини основи.

Відстань h визначають за формулою:

$$h = \frac{h_1 + h_2}{2} + \frac{d}{2},$$

де d – діаметр оправки.

Відстань c від осі отворів до вертикальної площини (рис. 14.2, б) визначають аналогічно з використанням кутника. Не паралельність осі отвору площині підставки визначають індикатором (рис. 14.2, в).

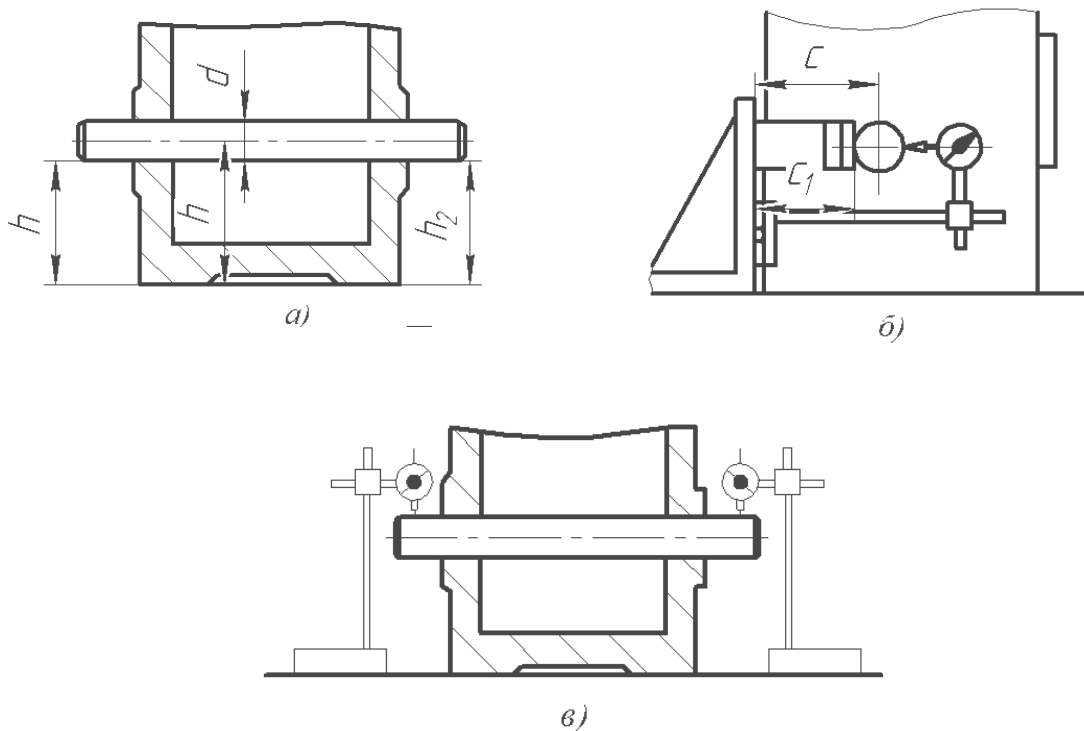


Рисунок 14.2 – Схема перевірки паралельності осі отворів базової площини і відстань від осі отворів до площини

Неперпендикулярність торцевої площини до осі отворів можна перевіряти за допомогою індикаторного пристосування (рис. 14.3, а) або спеціального калібру (рис. 14.3, б), В першому випадку не перпендикулярність

торця на діаметрі D визначають як різницю показів індикатора при обертанні відносно осі отворів. У другому випадку перевіряють «по фарбі» або виміром зазорів у двох протилежних точках по периферії диска.

Положення (паралельних) осей отворів в одній площині перевіряють за допомогою лінійки і рівня. У положеннях $I-I$ і $II-II$ (рис. 14.4, *а*) або спеціального кутника і рівня (рис. 14.4, *б*) або спеціального пристрою (рис. 14.4, *в*) в залежності від розташування площини осей. Положення перпендикулярних осей отворів в одній площині перевіряють спеціальними калібрами (рис. 14.4, *г*).

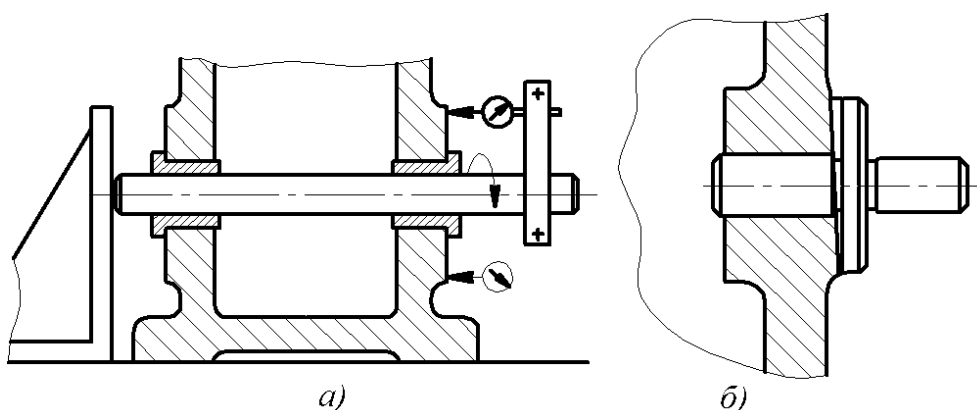


Рисунок 14.3 – Схема перевірки неперпендикулярності торцевої площини до осі отвору

Міжцентрову відстань і непаралельність осей перевіряють вимірюванням відстаней між внутрішніми твірними контрольних оправок за допомогою блоків плоско-паралельних кінцевих мір, штихмаса або індикаторного нутроміра (рис. 14.5) чи вимірюванням відстаней між зовнішніми твірними контрольних оправок за допомогою мікрометра, штангенциркуля або іншого вимірювального пристрою.

Міжцентрову відстань визначають розрахунком за результатами вимірювання за формулою:

$$h = \frac{a_1 + a_2}{2} + \frac{d_1 + d_2}{2}.$$

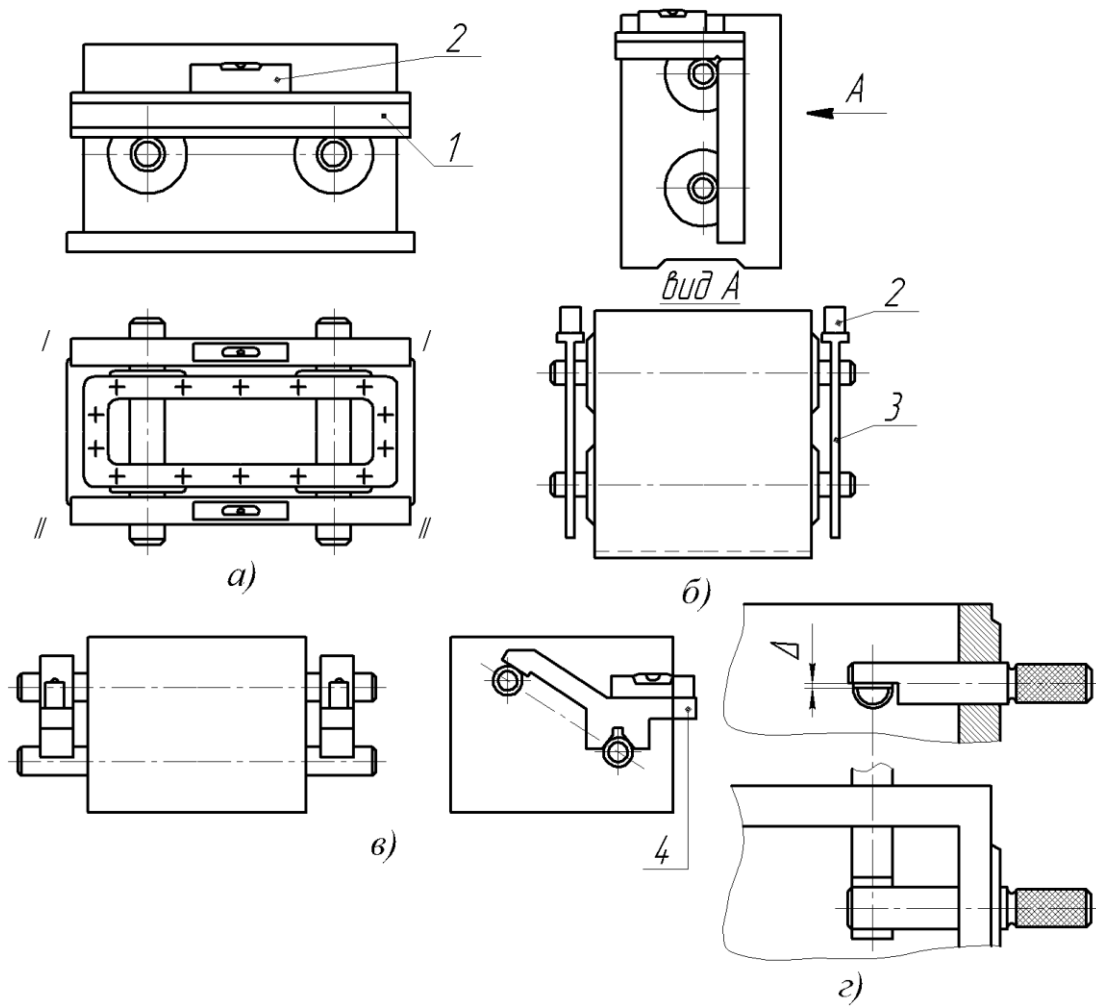


Рисунок 14.4 – Схема перевірки положення осей отворів в одній площині:

1 – лінійка; 2 – урівень; 3 – кутник; 4 – спеціальний пристрій

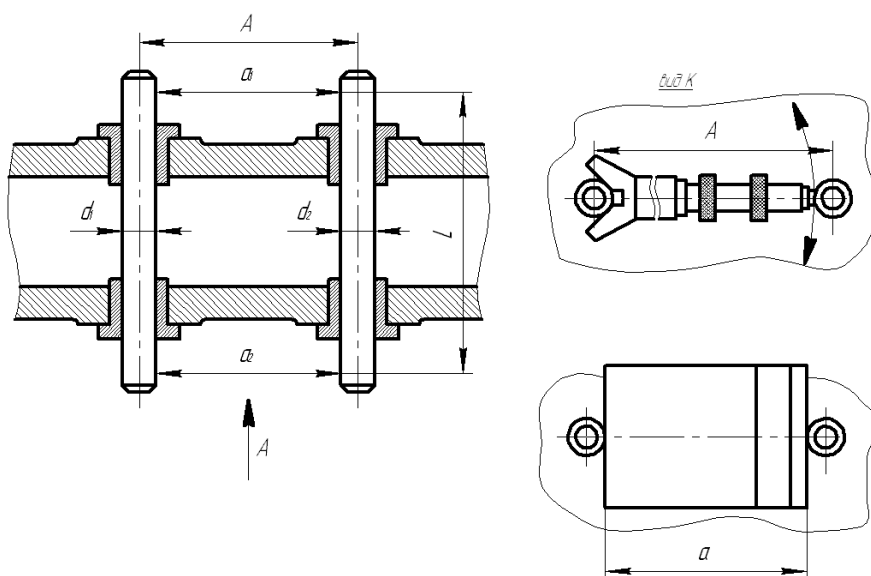


Рисунок 14.5 – Схема визначення міжосьової відстані і паралельності осей

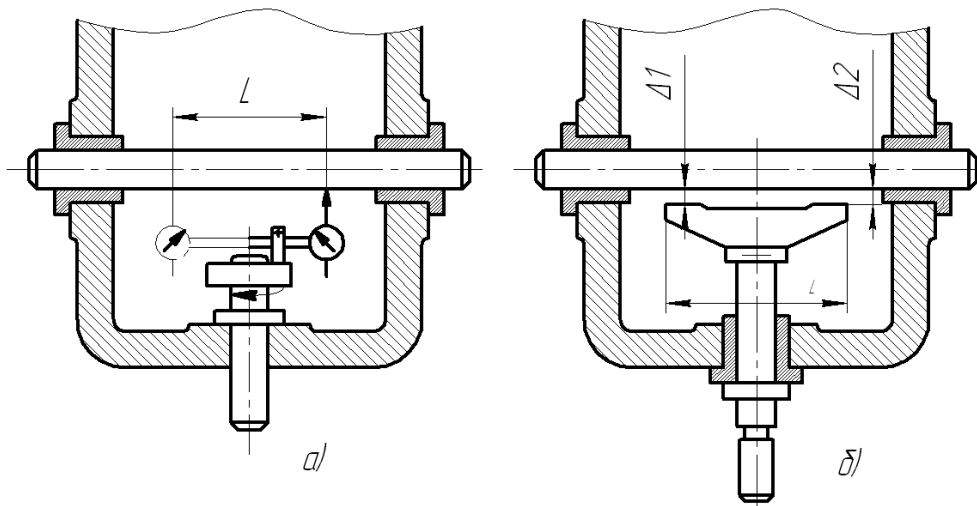


Рисунок 14.6 – Схема перевірки неперпендикулярності осей отворів

Непаралельність визначають як різницю розмірів a_1 і a_2 , віднесену до довжини L . Не перпендикулярність осей отворів (рис. 14.6) визначають за допомогою оправки з індикатором (рис. 14.6, а) або калібром (рис. 14.6, б) виміром зазорів Δ_1 і Δ_2 .

Характеристики точності відносного положення поверхонь можна визначати за допомогою пневматичних та оптичних методів контролю. У масовому виробництві економічно доцільно застосувати спеціальні контрольні прилади для комплексної перевірки деталей за багатьма параметрами точності.

15. Приклад типового маршруту оброблення корпуса

Послідовність механічного оброблення корпусу призматичного типу з плоскою основою і основним отвором з віссю, яка паралельна основі, така.

005 Заготівельна

Заготовки корпусів з сірого чавуну відливають у земляні, металеві (кокіль) або оболонкові форми, зі сталі – в земляні форми, кокіль або по виплавлених моделях. Заготовки з алюмінієвих сплавів отримують литвом у кокіль або литвом під тиском. В одиничному і дрібносерійному виробництві

застосовують зварні корпуси зі сталі. Заготовки корпусних деталей перед механічним оброблюванням проходять ряд підготовчих операцій.

010 Фрезерна (протягувальна)

Фрезерувати, або протягнути площину основи начорно і начисто або з припуском під плоске шліфування (при необхідності). Технологічна база – не оброблена площина, паралельна оброблюваній поверхні.

Обладнання:

- в одиничному і дрібносерійному виробництвах – вертикально-фрезерний і стругальний верстати;
- в серійному – поздовжньо-фрезерний або поздовжньо-стругальний верстати;
- у крупносерійному і масовому – барабанно-і карусельно-фрезерні, плоскопротяжні, агрегатно-фрезерні верстати;

015 Свердлильна

Свердлити і зенкерувати (при необхідності) отвори у площині основи.

Розточити два отвори.

Технологічна база – оброблена площина основи.

Обладнання: радіально-свердлильний верстат або свердлильний з ЧПК. В масовому і крупносерійному виробництвах – багатопшпіндельний свердлильний верстат або агрегатний верстат.

020 Фрезерна

Оброблення площин, паралельних базовій (при їх наявності).

Технологічна база – площина основи. Обладнання – див. операцію 010.

025 Фрезерна

Оброблення площини, перпендикулярної базовій (торці основних отворів).

Технологічна база – площина основи і два точних отвори.

Обладнання: горизонтально-фрезерний або горизонтально-розточувальний верстат.

030 Розточувальна.

Розточування основних отворів (чорнове і чистове, або з припуском під точне розточування).

Технологічна база – площина основи два точних отвори.

Обладнання:

– одиничне виробництво – універсальний горизонтально-розточувальний верстат;

– дрібносерійне і серійне – верстати з ЧПК розточувально-фрезерної групи і багатоопераційні верстати;

– крупносерійне і масове – агрегатні багатошпиндельні верстати.

Точність міжосьових відстаней, а також точність положення отворів досягається за допомогою:

– розмітки (від $\pm 0,1$ мм до $+ 0,5$ мм);

– пробних проходів (до $+ 0,02$ мм);

– координатного розточування на горизонтально-розточувальних верстатах (до $\pm 0,02$ мм);

– оброблення по кондукторах та шаблонах (до $\pm 0,02$ мм, $\pm 0,03$ мм).

035 Свердлильна

Свердлити (зенкерувати при необхідності), нарізати різь в кріпильних отворах.

Технологічна база – площина основи два точних отвори.

Обладнання: радіально-свердлильний, свердлильний з ЧПК, багатоопераційний, свердлильний багатошпиндельний і агрегатний верстати (залежно від типу виробництва).

040 Плоскошліфувальна.

Шліфувати (при необхідності) площину основи.

Технологічна база – поверхня основного отвору або оброблена площина, паралельна базовій (в залежності від необхідної точності відстані від базової площини до осі основного отвору).

Обладнання: плоскошліфувальний верстат.

045 Алмазно-розточувальна.

Тонке розточування основного отвору.

Технологічна база – базова площина і два отвори.

Обладнання: алмазно-розточувальний верстат.

З метою дотримання принципу постійності баз більшість операцій оброблення (020, 025, 030, 035), за винятком операцій підготовки технологічних баз (010, 015) і оброблення основних поверхонь (040, 045), часто концентрують в одну операцію, виконувану на горизонтально-розточувальному (одиничне виробництво), багатоопераційному (серійне виробництво) або агрегатному (масове виробництво) верстатах.

У маршрут оброблення роз'ємних корпусів додатково до вищенаведених операцій включають:

- оброблення поверхні роз'єму у основи (нижня частина) (фрезерна);
- оброблення поверхні роз'єму у верхній частині (фрезерна);
- оброблення кріпильних отворів на поверхні роз'єму основи (свердлильна);
- оброблення кріпильних отворів на поверхні роз'єму кришки (свердлильна);
- складання корпусу проміжне (слюсарно-складальна операція);
- оброблення двох точних отворів (зазвичай свердлінням та розвертуванням) під циліндричні або конічні штифти в площині роз'єму складеного корпусу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Атимонов, А.М. Технология машиностроения. Технология производства машин [Текст] / А.М. Атимонов. – Уральский государственный технический университет, УПИ. – Екатеринбург, 2007. – 93 с.
2. Балакшин, Б.С. Теория и практика технологи машиностроения: в 2 кн. [Текст] /Б.С. Балакшин. – М.: Машиностроение, 1982. – Кн. 1. – 283 с.; Кн. 2. – 269 с.
3. Бурцев, В. М. Технология машиностроения [Текст] : В 2 т. / В. М. Бурцев, А. С. Васильев, А. М. Щальский, О. М. Деев – М.: Ивд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1997. – 664 с.
4. Гусев, А.А. Технология машиностроения (специальная часть): учебник для машиностроительных специальностей вузов [Текст] /А.А. Гусев, Е.Р. Ковальчук, И.М. Колесов – М.: Машиностроение, 1986. – 480 с.
5. Ильянков, А.И. Основные термины, понятия и определения в технологии машиностроения: Справочник [Текст] / А.И. Ильянков, Н. Ю. Марсов, – М. : Издательский центр Академия, 2012. – 288 с.
6. Зуев, А.А. Технология машиностроения, [Текст] / Зуев А.А. – М.: изд-во «Лань», 2009. – 496 с.
7. Клепиков, В.В. Технология машиностроения. Учебник., [Текст] / Клепиков В.В., Бодров А.Н. – М.: Форум: Инсо-М, 2004, – 860 с.
8. Колесов, И.М. Основы технологи машиностроения: учебник для машиностроительных специальностей вузов [Текст]/ И.М. Колесов. – М.: Машиностроение, 2001. – 591 с.
9. Рогов, В. А. Современные машиностроительные материалы и заготовки [Текст] : учеб. пособие / В. А. Рогов, Г. Г. Позняк. – М. : Академия, 2008. – 330 с.
10. Руденко, П.О. Проектування технологічних процесів у машинобудуванні: Навчальний посібник. [Текст] / Руденко П.О. – К.: Вища школа, 1993. – 414 с.

11. Сибикин, М.Ю. Современное металлообрабатывающее оборудование: справочник. [Текст]/Сибикин М.Ю. – М.: Машиностроение, 2013. – 308 с.
12. Схиртладзе, А.Г. Технологические процессы машиностроительного производства. В 3-х томах. [Текст] / Схиртладзе А.Г., Соломенцев Ю.М., Коротков И.А. – М.: Учебная литература, 2001. Т.1 – 302 с. Т.2 – 340 с. Т.3 – 328 с.
13. Сысоев, С.К. Технология машиностроения. Проектирование технологических процессов: учебное пособие [Текст] / С.К. Сысоев, А.С. Сысоев, В.А. Левко. – СПб.: Издательство «Лань», 2011. – 352 с.
14. Технология машиностроения: спец. часть: учебное пособие для вузов [Текст] / Б.Л. Безпалов, Л.А. Глейзер, И.М. Колесов и др. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1973. – 448 с.
15. Юхвида, М.Е. Операционная технология обработки корпусных деталей на многоинструментальных станках с ЧПУ. Рекомендации. [Текст] / Шрайбман С.М., Эстерзон М.А. Под общ. Ред Юхвида М.Е. – М.: ЭНИМС, 1978. – 72 с.
16. Якушевич, Г.Б. Технология машиностроения: курс лекций [Текст] / Г.Б. Якушевич. – Гродно: ГрГУ, 2010. – 155 с.

ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК

Абразивна обробка – механічна обробка виробів з металу, деревини, пластмаси, скла, шкіри та інших матеріалів абразивним інструментом.

Автоматична лінія – це система автоматично діючих верстатів, пов'язаних транспортними засобами, що мають єдиний керуючий пристрій.

Адсорбція – поглинання поверхнею деталі активних атомів.

Вальцювання (прокатка) – такий вид обробки металів тиском, коли заготовка силами тертя втягується у проміжок між: обертальними валками, які її пластично деформують, зменшуючи площу поперечного перерізу і збільшуючи довжину.

Верстати – машини, призначені для оброблення різанням заготовок, виготовлених із конструкційних матеріалів, з метою надання їм певної форми, розмірів і шорсткості поверхні.

Виливниці – це чавунні, рідше сталеві форми.

Волочіння – спосіб обробки металів тиском, що полягає у протягуванні вальцьованих або пресованих заготовок крізь отвір, поперечний переріз якого менший за поперечний переріз заготовки, а конфігурація отвору формує заданий профіль виробу.

Вузол – складова частину виробу, який отримують з'єднанням деталей.

Деталь – виріб, виготовлений без застосування складальних операцій.

Дифузія – проникнення активних атомів у поверхневий шар деталі.

Допуск – відхилення кількісної характеристики будь-якого параметра (наприклад, розмірів деталей машин і механізмів, фізико-хімічних властивостей матеріалів), що допускаються від його номінального (розрахункового) значення відповідно до заданого квалітету точності. У машинобудуванні допуски забезпечують взаємозамінність деталей і вузлів.

Заготовки – напівфабрикати, за формою і розмірами близькі до деталі.

Зварювання – технологічний процес одержання нероз'ємних з'єднань внаслідок міжатомної взаємодії, що відбувається при місцевому сплавленні або спільному

пластичному деформуванні з'єднаних частин.

Зенкер – багатолезовий осьовий різальний інструмент для підвищення точності форми отвору та збільшення його діаметра.

Зенкування – вид механічної обробки різанням, при якій відбувається обробка циліндричних і конічних отворів в деталях з метою збільшення їх діаметра, покращення точності та якості (шорсткості) поверхонь. Зенкування належить до напівчистових видів обробки різанням.

Ливарне виробництво – процес виготовлення фасонних відливок під час заповнення рідкими металами і сплавами спеціальних фасонних форм, в яких метал твердіє.

Литво – виготовлення заготовок для виробів заповненням виготовлених ливарних форм розплавленим металом, сплавом або іншим конструкційним матеріалом.

Машина – механізм або поєднання механізмів, які здійснюють певні рухи для перетворення одного виду енергії в інший або виконання певного технологічного процесу (операції).

Нарізання різьби – процес її утворення зняттям стружки (а також пластичним деформуванням) на зовнішніх або внутрішніх поверхнях заготовок канавок із поперечним профілем (у вигляді трикутника, трапеції і т. д.), кожна точка якої розташовується на гвинтовій лінії.

Обробка різанням – процес, при якому із заготовки (відливка, поковки) зрізують шар металу з метою надання деталі певної геометричної форми, точності розмірів і шорсткості поверхонь.

Полірування – оздоблювальна обробка, метою якої є зменшення шорсткості поверхні як у декоративних, так і в експлуатаційних цілях для підвищення її зносостійкості. Полірування здійснюють за допомогою абразивних матеріалів дуже дрібних фракцій.

Притирання – метод чистової абразивної обробки поверхонь деталей шліфувальними порошками чи пастами, за якого обробний інструмент і заготовка одночасно здійснюють відносний рух із швидкостями одного

порядку, або в разі нерухомості одного з них інший здійснює складний рух.

Промисловий робот – це автоматично-функціонуюча машина (автомат), призначена для відтворення деяких рухових і розумових функцій людини при виконанні основних і допоміжних виробничих операцій без безпосередньої участі людини.

Протягування – спосіб оброблення зовнішніх і внутрішніх поверхонь заготовки за допомогою протяжки. Головним рухом є поздовжнє переміщення інструмента, а рух подачі відсутній.

Протяжка – багатолезовий інструмент, форма лез якого на чистовій ділянці відповідає за формою отвору, що протягують.

Різець – клиноподібний різальний інструмент, який під час обробки заглиблюється в тіло заготовки і поступово знімає стружку.

Розгортання – процес чистової обробки отворів з високою точністю. При цьому не можна змінити положення осі отвору, оскільки на торці розвертки немає різальних кромки.

Розточування – операція металообробки, яка полягає у збільшенні діаметра вже існуючих отворів.

Свердління – це технологічний метод одержання отворів різанням, процес обробки циліндричних отворів різного діаметру і глибини при поступальній подачі матеріалу або спеціального різального інструменту (свердла) у напрямі осі обертання інструменту.

Свердло – осьовий різальний інструмент для утворення отвору у суцільному матеріалі та (або) збільшення діаметра наявного отвору з однією або двома різальними кромками.

Складання машин – технологічний процес поєднання, координування і фіксації деталей у вузли, а вузлів у машину.

Собівартість машини – сума усіх витрат на її виготовлення та реалізацію. Для зниження собівартості потрібно при конструюванні машин передбачати їх найменшу матеріаломісткість, серійність випуску, технологічність конструкції та ін.

Стійкість інструмента – час його роботи від заточення до заточення при певному режимі різання.

Стругання – спосіб оброблення плоских поверхонь заготовки за допомогою різця. Головним рухом у разі цього способу є зворотно-поступальне переміщення інструмента або заготовки.

Ступінь автоматизації машини – відношення автоматизованих циклів роботи машини до загальної кількості робочих циклів. Від ступеня автоматизації залежать продуктивність машини, її економічність.

Технологічність конструкції – відповідність конструкції машини вимогам економічної технології її виготовлення. Окремі елементи машини повинні мати такі форми і розміри, щоб одночасно задовольняти вимоги міцності, стійкості, надійності і низької собівартості.

Точіння – це технологічна операція, мета якої – отримання деталі з поверхнями тіл обертання. Процес різання при точінні відбувається при обертальному русі заготовки або різця і подачі вздовж або впоперек осі обертання.

Фреза – багатолезовий інструмент, що являє собою тіло обертання, на бічній поверхні якого, а іноді і на торці, розміщені різальні зуби, які послідовно вступають у контакт з поверхнею, яка обробляється.

Фрезерування – спосіб оброблення плоских і криволінійних поверхонь заготовки за допомогою фрези. Головним рухом є обертання інструмента, а рухом подання – поступальне переміщення заготовки.

Хонінгування – це процес оздоблювальної обробки отворів спеціальним інструментом – хонінгувальною головкою. Обробку виконують як на спеціальних хонінгувальних верстатах, які мають як вертикальну вісь обертання (для отворів довжиною до 2000 мм), так і горизонтальну (для глибших отворів).

Цекування – це обробка зовнішньої торцевої поверхні отвору або поверхні ступінчастого отвору під головки болтів тощо для забезпечення їх перпендикулярності до осі отвору.

Шабрування – це точна обробка поверхні деталі шляхом знімання

мікроскопічно тонкого шару металу за допомогою спеціального однолезового різального інструмента – шабера.

Шорсткість – сукупність почергових виступів і впадин на поверхнях виробів.

Шліфування – спосіб оброблення поверхонь заготовки за допомогою шліфувальних кругів з метою досягнення точніших розмірів і зменшення шорсткості поверхні. Головним рухом у ході шліфування є обертання інструмента.

Штамування – процес обробки матеріалів тиском – пластичне деформування заготовки в штампах.

ПРЕДМЕТНИЙ ПОКАЖЧИК

- Абразивна обробка, 151
- Багаторізцеві тримачі, 30
- Багатошпindelні свердлильні головки, 73
- Базування корпусних деталей, 18
- Вертикально-протяжні верстати, 53
- Вигладжування, 131
- Види зенкерів, 81
- Види фрез, 41
- Внутрішнє шліфування, 116
- Глибина різання, 101, 114
- Глибина різання, 84
- Горизонтально-розточувальний верстат, 75
- Горизонтально-розточувальні верстати, 103
- Довбальні верстати, 31
- Заготовка корпусу, 16
- Запобіжний патрон, 135
- Засоби вимірювання діаметрів, 138
- Збірні фрези, 37
- Зенкування, 83, 84
- Калібрування кулькою, 132
- Карусельно-фрезерні верстати, 48
- Квалітет точності, 62, 84
- Ковкий чавун, 13
- Комбіновані інструменти, 71
- Комбіновані свердла, 71
- Кондуктори, 67
- Конструкція корпусних деталей, 9
- Контрольні оправки, 140
- Координатне розточування, 111
- Литво, 152
- Литво в кокіль, 14
- Литво під тиском, 14
- Метод фрезерування, 33
- Набір фрез, 37
- Набори фрез, 38
- нарізання внутрішньої різі, 134
- Нарізання різі, 136
- Нарізання різьби, 152
- Насадні зенкери, 81
- Непаралельність, 145
- Неперервне фрезерування, 47
- Неперпендикулярність, 141
- Обдирне шліфування, 55
- Оброблення отворів, 60, 61, 80
- Оброблення плоских поверхонь, 24
- Основні отвори, 9
- Отвори в корпусних деталях поділяють, 9
- Отвори великого діаметру, 70
- Параметри точності, 59
- Параметри точності, 24
- Параметри точності і шорсткості, 25
- Планетарне шліфування, 120

Плоске шліфування, 54
Плоскошліфувальні верстати, 56
Поздовжньо-фрезерні верстати, 49
Поперечно-стругальний верстат, 27
Попутне фрезерування, 44
Послідовність механічного оброблення, 146
Похибки форми отворів, 139
Припуск, 40
Припуск, 102, 119
Припуски, 92
Притирання, 152
Продуктивність протягування, 54
Протягування, 51, 127
Протяжка, 53
Протяжка – , 153
Радіально-свердлильний верстат, 75
Розвертки, 88
розвертування, 88
Розкочування отворів, 132
Розмітка, 109
Розточувальний блок, 100
Розточування, 94, 98, 106
Розточування борштангами, 107
Ручне формування, 14
Свердла глибокого свердління, 65
Свердла кільцевого свердління, 65
Свердлильні верстати, 73
Свердління, 69
Свердління, 63, 64
Свердло, 153
Сірий чавун, 13
Співвісність отворів, 140
Спіральні зенкери, 81
Стругання, 24
Структура технологічного процесу оброблення, 22
Сульфофрезол, 131
Схеми базування, 18
Схеми базування заготовок корпусів, 19
Схеми базування корпуса, 20
Схеми оброблення площин, 28
схеми розташування отворів, 72
Твердість поверхневих шарів, 13
технологічний процес, 23
Технологічний процес виготовлення, 23
Технологічний процес механічного оброблення корпусних деталей, 11
Технологічні вимоги, 11
Технологічність конструкції, 154
Типи корпусних деталей, 8
Типи фрез, 35
Тонке розточування, 113
Точність взаємного розташування поверхонь, 12
Точність оброблення, 80
Точність розмірів, 11
Точність форми, 12

Формування в землі, 14
Формування в опоки, 14
Фреза, 34
Фрезерні верстати, 44
Фрезерування, 154
Фрезерування циліндричними
 фрезами, 42
Хонінгування, 122
Цекування –, 154
Центрові отвори, 66
Циліндричні зенкери, 82
Циліндричні фрези, 34
Чистові бази, 19
Чистові різці, 102
Шабрування, 59
Швидкісне фрезерування, 49
Швидкість різання, 113, 126
Шліфування, 155
Шліфування периферією круга, 57
Шліфування торцем круга, 56
Шліфування торця, 120
Шорсткість –, 155
Шорсткість поверхні, 119
Шорсткість поверхонь, 12
Штапування, 155