

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 5. ІНСТРУМЕНТ ДЛЯ ОБРОБКИ ОТВОРІВ

Тема 5. Осьовий інструмент

1 Види осьового інструменту.

2 Призначення та основні типи свердла

3 Спіральне свердло: конструктивні і геометричні параметри.

4 Зенкери та розвертки: конструктивні і геометричні параметри.

1 Види осьового інструменту

Основні види інструментів, які можна використовувати на свердлильних верстатах, наведені на рис. 1.

Спіральне свердло (рис. 1, а). *Свердління використовують для отримання отворів.* При свердлінні досягається точність отвору за 8-11-м квалітетами.

На свердлильному верстаті часто виконують *розсвердлювання* (рис. 1. б), тобто *вторинну обробку свердлом більшого діаметру раніше просвердленого отвору*, для того, щоб зберегти міжцентрову відстань при свердлінні отворів більших діаметрів, коли обробка одним свердлом більшого діаметру може дати значне відхилення при свердлінні.

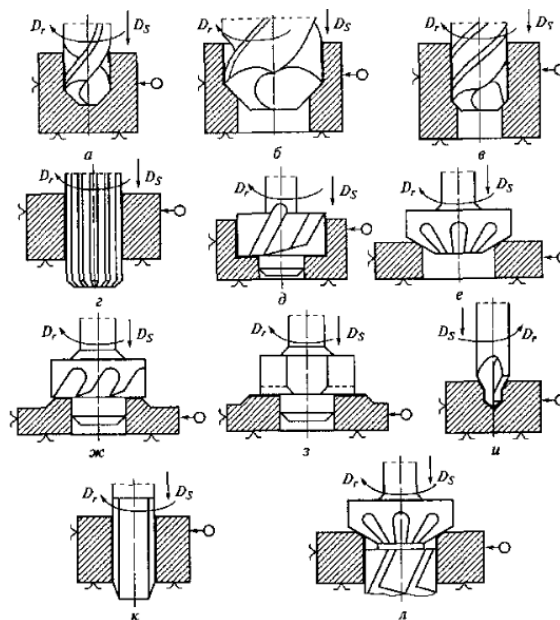


Рисунок 1 – Інструменти та схеми обробки отворів на свердлильних верстатах

Зенкер (рис. 1, в). *Зенкерування застосовують для покращення геометричної форми раніше просвердленого циліндричного отвору.* Зенкерування забезпечує обробку отвору після свердління на один клас вище.

Зенкеруванням також збільшують діаметр отвору, але, порівняно з розсвердлюванням, зенкеруванням отримують більшу точність і продуктивність обробки. Зенкерування добре виправляє макрогеометричні похибки обробки, а також використовується для обробки отворів, отриманих у заготівці литтям або тиском.

Розгортка (рис. 1, г). *Розгортання* виконують після зенкерування, **для того, щоб усунути грубі сліди попередньої обробки**. Розгортання виконують одно- або багаторазово. При однократному розгортанні досягається точність обробки отвору за 7-9-м квалітетами, а при двох- або трьохкратному розгортанню можна досягти точність за 7-8 м квалітетами. Шорсткість поверхні при цьому може бути доведена до $Ra\ 1,25 \dots 0,63$.

Розгортання є чистовою операцією, що забезпечує високу точність отворів. Розгортанням обробляють циліндричні і конічні отвори після зенкерування або розточування. *Тонке розгортання відрізняється від звичайного високою точністю і малою шорсткістю обробленої поверхні*. Однак розгортання не виправляє положення осі оброблюваного отвору, так як нормально працююча розгортка направляється оброблюваною поверхнею і знімає симетричний припуск по всьому контуру отвору. Тонке розгортання забезпечує точність 5-7-го квалітетів, шорсткість поверхні $Ra\ 1,25 \dots 0,63$ мкм.

Зенківка (рис. 1 д, е). *Зенкування застосовують* після свердління отворів **для зняття фаски**. Зенкування використовується для обробки циліндричних (рис. 4, д) і конічних (рис. 4, е) поглиблень під головки болтів і гвинтів. Для забезпечення перпендикулярності і співвісності обробленої поверхні основного отвору зенківку оснащують направляючим циліндром.

Цекувка (рис. 1, ж, з). *Цекування передбачене для підрізання торця бобишки заготовки або для отримання ступінчастого отвору*. Також обробляють торцеві опорні площини для головок болтів, гвинтів і гайок. Перпендикулярність обробленої торцевої поверхні основного отвору забезпечує направляючий циліндр цековки, яка має переставний різець 1, що встановлюється по розміру діаметра оброблюваного поверхні, і направляючу частину 2 для забезпечення співвісності поверхонь ступінчастого отвору.

Центрувальне свердло (рис. 1, и). *Центрування – обробка центрових базових отворів на валах*.

Мітчик (рис. 1, к). *Нарізання різьби виконується мітчиками різної конструкції після свердління отвору*. При цьому необхідний зворотний хід шпинделю (реверсування) для виворачування мітчика із заготовки після нарізання різьби. Виключення складають так звані падаючі мітчики (які випадають з гнізда шпинделю) і спеціальні гайкові мітчики. У яких нарізані гайки переміщуються послідовно на гладку частину стержня мітчика. При цьому швидкість руху подачі повинна дорівнювати кроку різьби ($S_0=h$).

Комбінованим інструментом обробляють складні поверхні отворів (рис. 1, л).

2 Призначення та основні типи свердла

Свердло – *осьовий РІ для обробки отворів у суцільному матеріалі або для збільшення діаметру наявного отвору*. Використовують для отримання як наскрізних, так і глухих отворів. В процесі роботи свердло здійснює два рухи: обертальний навколо його осі (головний рух) та поступальний рух (рух подачі) вздовж осі інструменту.

Типи свердел:

1 Цільні свердла (рис. 2). В основному виготовляють зі швидкорізальних сталей, а також з твердого сплаву. Свердла з монолітного твердого сплаву характеризуються високою точністю виготовлення, мінімальним биттям і можливістю отримувати отвори 8 – 9 класу точності, з шорсткістю до Ra 1,6 мкм, без додаткової операції зенкерування і розгортання отворів. Монолітні свердла мають високу жорсткість і здатні працювати з великими подачами без шкоди якості та стійкості свердла.

Також існують сучасні свердла, виготовлені методом порошкової металургії зі швидкорізальної сталі з додаванням легуючих елементів (кобальту, молібдену), дані свердла мають високу зносостійкість, точність і значно краще твердосплавних свердел працюють на вигин.

Найчастіше робочу частину свердла виготовляють зі швидкорізальної сталі марок P18, P12, P9, P6M5, P9K5 та ін., а хвостовик – зі сталі 45. Робочу частину і хвостовик з'єднують зварюванням.



Рисунок 2 – Цільні свердла

2 Свердла з напаяними пластинками (рис. 3). Вони забезпечують підвищену зносостійкість при обробці важкооброблюваних матеріалів, а також економічну доцільність застосування для обробки отворів великого діаметру, так як їх вартість значно нижче твердосплавних або свердел зі змінними механічними пластинами.



Рисунок 3 – Свердла з напаяними пластинками

3 Свердла зі змінними пластинами (рис. 4). Їх застосовують для обробки отворів в деталях масового і серійного виробництва, вони характеризуються швидкою зміною пластини, що значно полегшує роботу оператора-налагоджувальника верстата, за рахунок того, що свердло не потрібно переточувати. Також їх використовують для обробки глухих отворів з плоским дном, отворів з невисокими вимогами по точності.

Існують свердла з декількома твердосплавними пластинами (периферійною і центральною) і з однією пластиною (перові свердла).

Свердла зі змінними багатограними пластинами застосовують для обробки отворів середнього та великого діаметру невеликої глибини. Вони вважаються не дуже продуктивними за рахунок неможливості використовувати велику подачу на зуб під час свердління, через недостатню твердість свердла. Здатні обробляти неглибокі отвори глибиною до 5D свердла.



Рисунок 4 – Свердла зі змінними пластинами або вставками

4 Свердла можуть бути з циліндричним або конічним хвостовиком (рис. 5). Монолітні свердла виготовляють з циліндричним хвостовиком, а також з хвостовиком з лискою (тип WELDON) для запобігання проворота свердла в цанговому патроні.



Рисунок 5 – Свердла з циліндричним або конічним хвостовиком

5 Свердла розрізняють за глибиною різання:

- короткі свердла (короткої серії) до 5D;
- свердла середньої довжини (середній серії) до 10D;
- свердла довгі (довгої серії) до 15D;
- свердла подовжені (подовженої серії) до 30D.

6 Конструкція свердел може бути як з внутрішнім підведенням мастильно-охолоджуючої рідини (МОР) в зону різання (рис. 6), так і з зовнішнім (рис. 5). Дані свердла допускають переточування, а також мають різні зносостійкі покриття CVD або PVD методом. Мають різну довжину хвостової частини, довжину ріжучої частини.

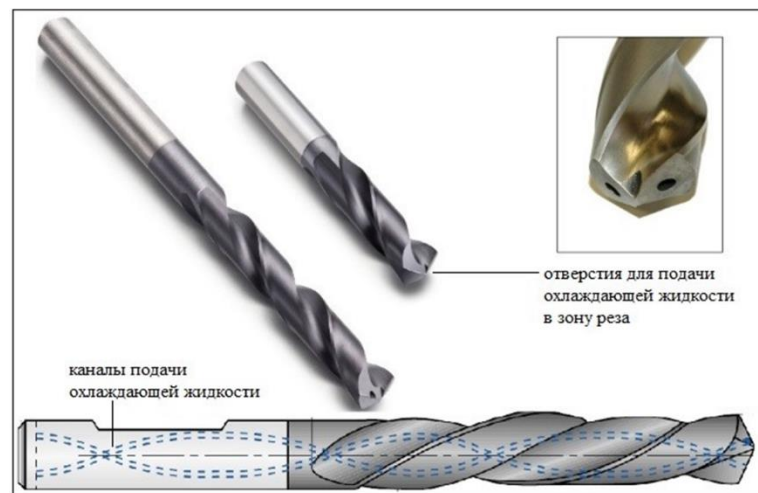


Рисунок 6 – Свердла з внутрішнім підведенням МОР

Не застосовувати при застосуванні таких свердел МОР можна в тих випадках, коли глибина отвору не перевищує одного діаметра інструмента.

На якість виконуваного отвору, а також на швидкість його свердління впливає не тільки кількість, що подається у внутрішню порожнину свердла МОР (не менше 12-15 л/хв), але і величина напору (не менше 12-15 Атм). МОР, що

подається в зону обробки в такій кількості і з таким напором, забезпечує не тільки інтенсивне охолодження інструменту, але і ефективне відведення стружки та інших відходів свердління.

7 За конструкцією в промисловості застосовують наступні основні типи свердел: спіральні, перові, гарматні, рушничні, для кільцевого свердління, centruвальні, спеціальні.

Спіральне свердло (рис. 5) є основним типом свердел, найпоширенішим в промисловості. Його використовують при свердлінні та розсвердлюванні отворів діаметром до 80 мм з точністю обробки по 11...12-у квалітетах і шорсткістю R_a в межах 40...160 мкм.

Перові свердла (рис. 7) є найпростішими за конструкцією. Вони застосовуються при обробці твердих поковок, а також ступінчастих і фасонних отворів.

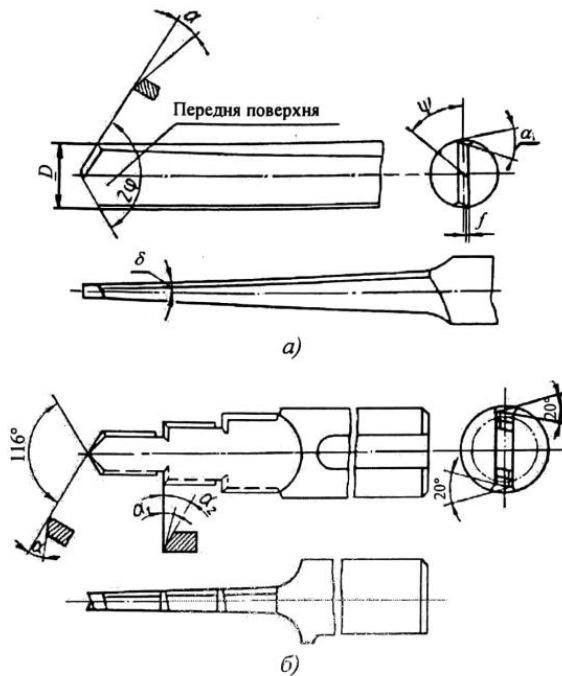


Рисунок 7 – Перове свердло

Робоча частина цих свердел виконується у вигляді пластинки, забезпеченої біля торця різальною частиною. Різальна частина має дві різальні кромки, кут між якими 2ϕ приймається рівним 90° для обробки м'яких матеріалів і 140° – для обробки твердих матеріалів. В результаті перетину задніх площин обох різальних кромок створюється поперечна різальна кромка. Кут її нахилу зазвичай рівний $55...60^\circ$. Для зменшення тертя калібруюча частина свердла має фаску f шириною 0,2-0,5 мм, допоміжний бічний задній кут $\alpha_1 = 5...8^\circ$ і стоншення по діаметру в межах 0,05-0,10 мм на всю довжину свердла.

До недоліків перових свердел відносяться великі від'ємні передні кути, поганий напрям свердел в отворі, утруднені умови відведення стружки, мале число переточувань. Для поліпшення процесу різання передня поверхня забезпечується лункою, але це призводить до відповідного зниження міцності різальної частини.

Перові свердла великих діаметрів зазвичай виготовляють зі вставною робочою частиною. Для полегшення процесу різання у свердел великих діаметрів на різальних кромках роблять стружкороздільні канавки.

Багато деталей мають отвори, довжина яких перевищує діаметр свердла у 5...10 разів. Свердління таких отворів пов'язане з великими труднощами, які викликані ускладненими умовами відведення стружки і підведення МОР в зону різання, необхідністю забезпечення точнішого напрямку свердла при роботі тощо. Виконання цих вимог до глибокого свердління забезпечується застосуванням **спеціальних свердел**. До них відносяться так звані **гарматні, рушничні та інші свердла**.

Гарматні свердла (рис. 8). Робоча частина гарматного свердла є напівкруглим стрижнем, плоска поверхня якого є передньою поверхнею. На торці стрижня створюється різальна кромка, перпендикулярна до осі свердла. Задня площа торця свердла заточується під кутом $\alpha = 10...20^\circ$.

Для кращого направлення свердло має циліндричну опорну поверхню, на якій зрізають лиски під кутом $30...45^\circ$, роблять зворотний конус порядку 0,03...0,05 мм на 100 мм довжини робочої частини. В результаті цього зменшується тертя свердла об стінки оброблюваного отвору.

Гарматне свердло працює у важких умовах, має несприятливу геометрію передньої поверхні, не забезпечує безперервного процесу різання, оскільки для видалення стружки доводиться періодично виводити свердло з отвору.

Свердління гарматними свердлами є застарілим методом обробки глибоких отворів. Стружка видаляється через V-подібну канавку на свердлі, тому площа поперечного перерізу свердла зменшується і це впливає на жорсткість інструменту.

Точність отвору під час свердління гарматними свердлами досягає 9 класу і чистота обробленої поверхні Ra 0,1-3,2 мкм.

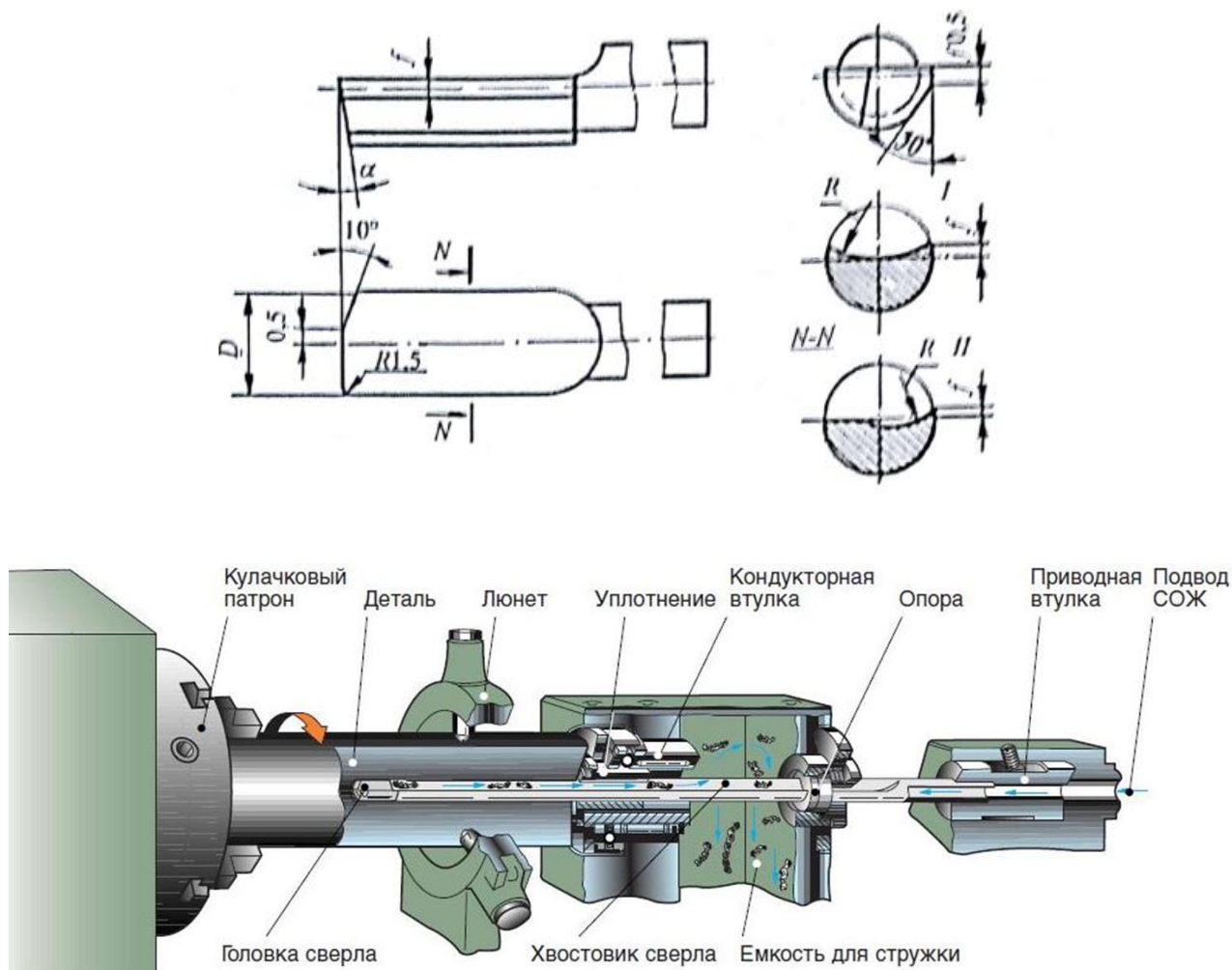


Рисунок 8 – Гарматне свердло

Більш досконалими свердлами для глибокого свердління є **рушничні свердла** (рис. 9). Вони мають робочу частину 1 і стрижень 2.

Робоча частина представляє собою трубку з прямолінійним поздовжнім пазом. Через отвір в трубку підводиться до різальної частини МОР, яка виходить по поздовжньому пазу назовні, захоплюючи при цьому і стружку.

Для полегшення різання і кращого направлення вершина свердла зміщена відносно його осі на $0,25$ діаметра свердла.

Свердло має одну різальну кромку, що складається із зовнішньої та внутрішньої частин. Кут в плані на обох ділянках кромки зазвичай приймається рівним 60° , а задній кут – $12-15^\circ$.

Для зменшення тертя свердла об стінки отвору на робочій частині роблять зворотну конусність розміром $0,1-0,3$ мм на 100 мм довжини, а також знімають лиски.

Такі свердла в порівнянні з гарматними свердлами мають краще направлення, покращене відведення стружки і підведення до зони різання МОР, що призводить до підвищення стійкості інструменту. Вони забезпечують

безперервний процес різання і високу якість обробленої поверхні. Ці свердла мають лише одну різальну кромку, що знижує їх продуктивність.

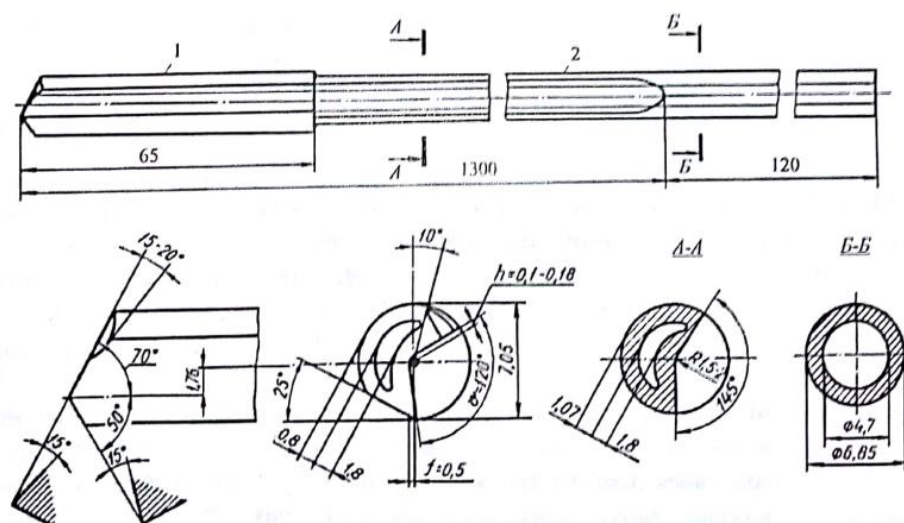


Рисунок 9 – Рушничне свердло

При глибокому свердлінні отворів, діаметр яких більше 20 мм, застосовують свердло, що має чотири напрямні стрічки (рис. 10, а). Це сприяє кращому центруванню його в отворі. Для підведення МОР у стрижні свердла передбачений отвір, який з'єднується з рядом дрібних отворів, які розподіляють рідину по різальних кромках. На головних різальних кромках роблять стружкороздільні канавки, які сприяють роздробленню стружки і кращому вимиванню її охолодною рідиною.

Глибоке свердління отворів порівняно малого діаметра виконують **подовженими спіральними свердлами**.

Найбільш вдалим є спіральні свердла з отворами для подачі холодної рідини під тиском в зону різання (рис. 10, б). проте при свердлінні на глибину, рівну $8D$ і більше, стабільне відведення стружки цими свердлами не забезпечується. Щоб забезпечити видалення великої кількості стружки з

оброблюваного отвору, обробку виконують з періодичним виведенням свердла. Цей процес характеризується малою продуктивністю через значні витрати часу на періодичні виведення свердла з отвору.

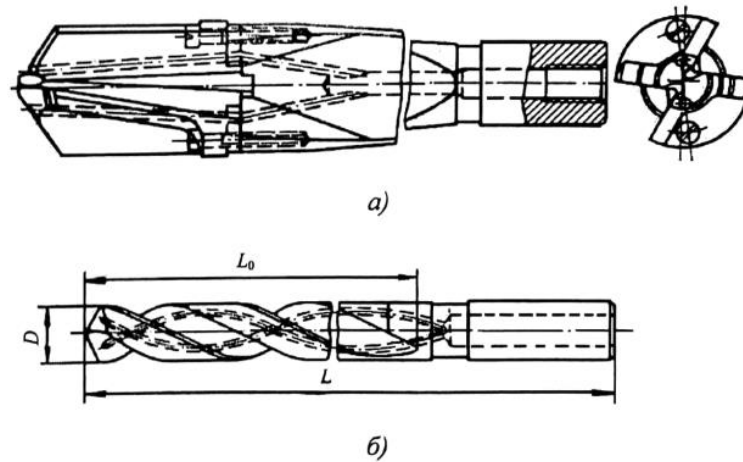


Рисунок 10 – Багатокромкові свердла для глибокого свердління

Прагнення пристосувати конструкцію стандартного свердла для глибокого свердління не призводить до бажаних результатів.

При глибокому свердлінні виявляється утрудненим одночасне забезпечення надійного відведення стружки із зони різання і створення на різальній частині свердла необхідних величин геометричних параметрів. Тому доцільніше розробити конструкцію свердла для глибокого свердління, у якій форма гвинтової канавки визначається, виходячи з умови забезпечення нормального відведення стружки, а необхідні геометричні параметри різальної частини створюються заточуванням передніх і задніх поверхонь.

Прикладом подібної конструкції можуть бути шнекові свердла для обробки отворів глибиною до 30-40 діаметрів у чавуні (рис. 12).

Ежекторне свердло (рис. 11). Цей вид свердління найкращий для свердління отворів на верстатах з горизонтальним компонуванням шпинделя (токарні верстати і оброблювальні центри). Ежекторне свердло складається з: різучої головки, зовнішньої штанги, внутрішньої штанги, патрона, цанги та ущільнюючої втулки.

Ежекторне свердління є найбільш сучасною технологією обробки глибоких отворів. Стружка відводиться через отвір штанги і тому на свердлі немає стружкових канавок, що дозволяє, збільшити жорсткість інструменту.

Ежекторне свердління рекомендується застосовувати: при обробці матеріалів, які мають гарну оброблюваність різанням, для крупносерійного і масового виробництва. Точність отворів при ежекторному свердлінні досягає 9-10 класу і чистота обробленої поверхні Ra 2-3 мкм.

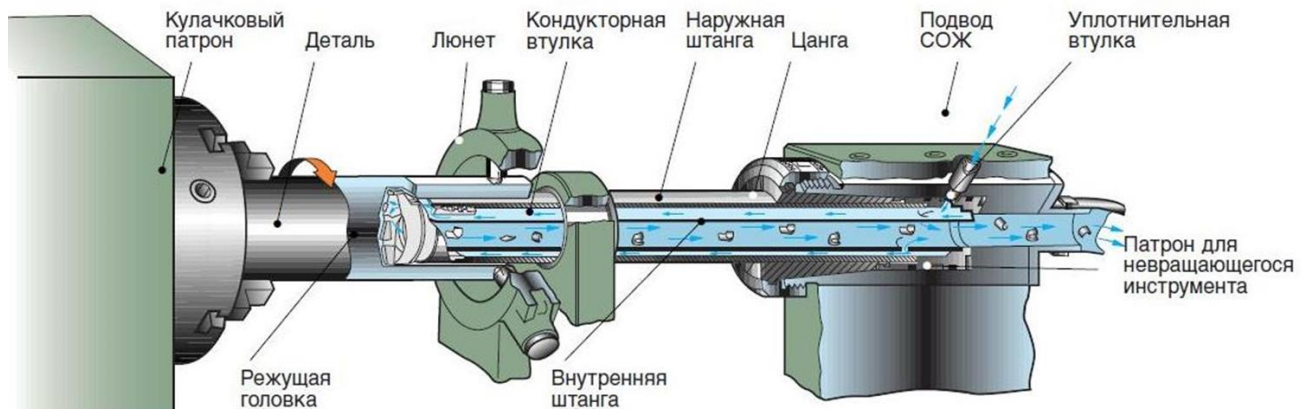


Рисунок 11 – Ежекторне свердло

На відміну від стандартних свердел *шнекові* (рис. 12) мають більший кут нахилу гвинтових канавок $\omega = 60^\circ$ і збільшену товщину серцевини, рівну 0,3-0,35 діаметра свердла. Діаметр серцевини не змінюється по довжині свердла, тоді як у стандартних свердел він збільшується при переміщенні від різальної частини до хвостовика.

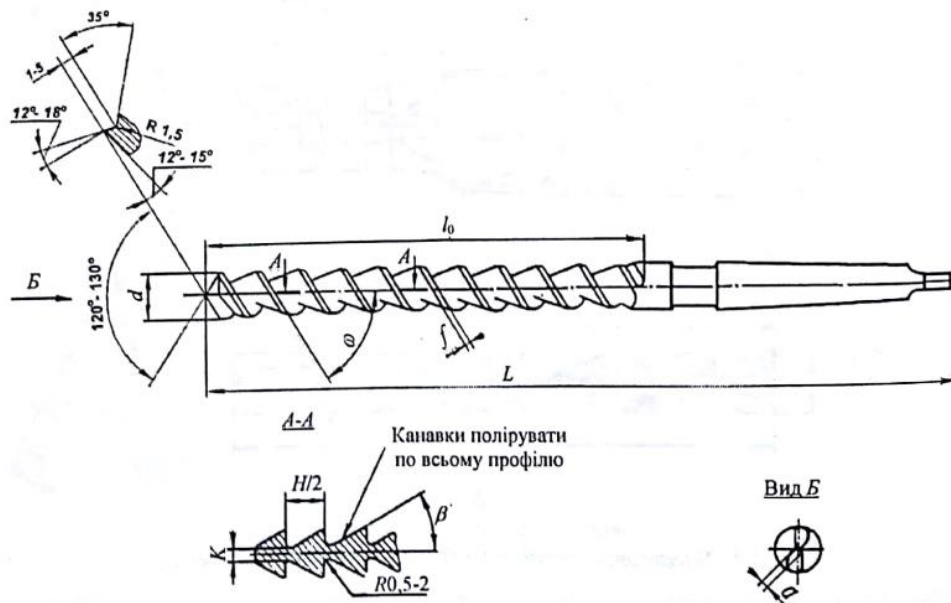


Рисунок 12 – Шнекове свердло

Стружкові канавки шнекового свердла мають в осьовому перерізі прямолінійний трикутний профіль із заокругленням в западині, причому твірна робочої сторони канавки проходить перпендикулярно до осі свердла. Канавка свердла плавно переходить у спинку зуба, що проходить під кутом β до осі, утворюючи стрічку заданого розміру.

У шнекових свердел ширина стрічки береться рівною 0,5-0,8 ширини стрічки стандартного свердла.

Збільшений кут нахилу гвинтових канавок та їх відповідний профіль забезпечують при глибокому свердлінні надійне видалення стружки із зони різання без виведення свердла з отвору.

Необхідні величини геометричних параметрів на різальній частині шнекового свердла створюють підгострюванням передньої поверхні та заточуванням задньої поверхні по площинах.

При обробці глибоких отворів порівняно великих діаметрів застосовуються свердла для кільцевого свердління.

Кільцеве (корончасте) свердло (рис. 13) представляє собою порожнистий циліндр, на торці якого закріплені різальні зуби, число яких коливається від 3 до 12. На зовнішній поверхні кільцевого свердла прорізають стружкові канавки, що розширюються до неробочого торця для полегшення видалення стружки.

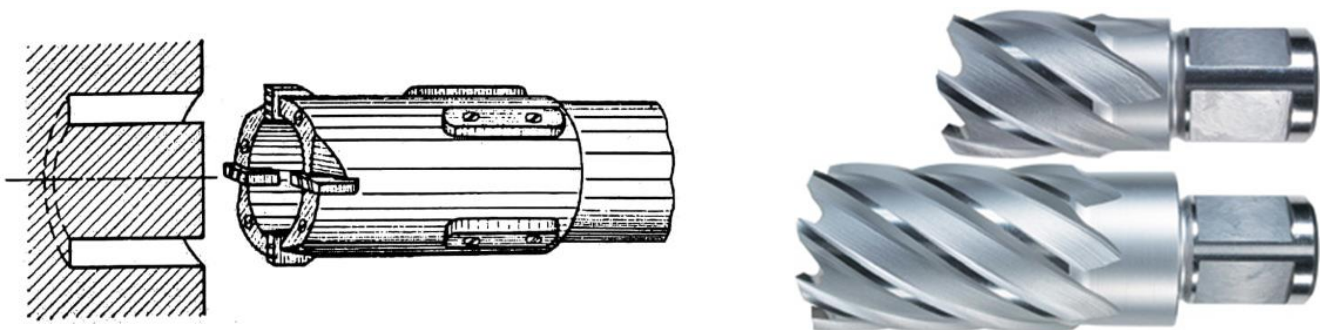


Рисунок 13 – Кільцеве (корончасте) свердло

При проектуванні кільцевих свердел можна застосовувати різні схеми різання: схему, що забезпечує ділення ширини різання, схему, що забезпечує ділення подачі, та комбіновану схему.

За схемою, що забезпечує ділення ширини різання, подача, яка припадає на кожен зуб, рівна подачі в цілому на інструмент. Кожен зуб зрізає стружку невеликої ширини, в сукупності ж всі зуби інструменту знімають повну ширину різання.

Схема ділення подачі забезпечує зрізання повної ширини різання кожним зубом інструменту. Завдяки цьому значно збільшується подача на оберт

інструменту в цілому, яка рівна добутку подачі на зуб на число зубів. Проте умови роботи інструменту, сконструйованого за схемою ділення подачі, утруднені, оскільки при повній ширині різання стружка своїми торцями стикається з бічними поверхнями отвору, що утруднює її відведення.

Тому найчастіше використовують комбіновану схему різання, при якій відбувається поділ ширини різання і подачі між окремими зубами.

На роботу інструменту впливають стружколами або викружки на передній поверхні зубів, які забезпечують отримання подрібненої стружки з ефективним відведенням її із зони різання. Відведення стружки при кільцевому свердлінні відбувається у завислому стані в потоці МОР, що подається під тиском в зону різання.

Надійним методом дроблення стружки є кінематичний, коли обробка ведеться з примусовими вібраціями і забезпечується переривчасте різання, що особливо ефективно при кільцевому свердлінні легованих сталей та інших матеріалів. Величини задніх кутів на різальних кромках вибирають невеликі, порядку 3-5°, оскільки великі задні кути дають неплавне різання на початку роботи інструменту. В міру затуплення інструменту вібрації поступово припиняються.

Застосування кільцевого свердління забезпечує в порівнянні з суцільним свердлінням значне підвищення продуктивності праці.

Особливу групу свердел складають центрувальні свердла, призначені для обробки центрових отворів (рис. 14). Вони бувають прості (рис. 14, а), комбіновані (рис. 14, б), комбіновані із запобіжним конусом (рис. 14, в).

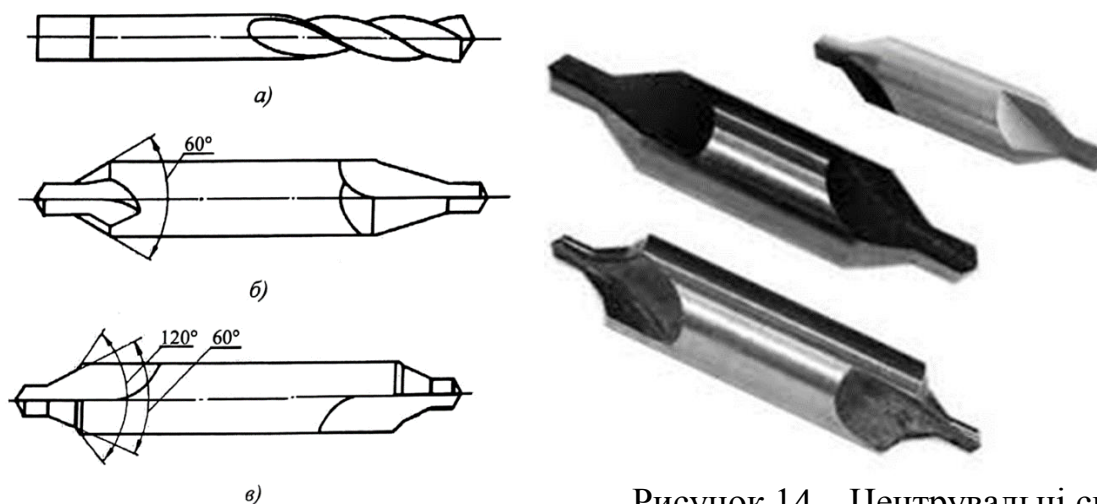


Рисунок 14 – Центрувальні свердла

Прості спіральні свердла відрізняються від звичайних спіральних свердел тільки меншою довжиною їх робочої частини, оскільки ними свердлять отвори невеликої довжини. Їх застосовують при обробці високоміцних матеріалів, тоді як комбіновані свердла часто ламаються.

Комбіновані свердла виготовляються двосторонніми і призначені для одночасної обробки як циліндричних, так і конічних поверхонь центрального отвору. Це призводить до підвищення продуктивності обробки.

Комбіновані свердла із запобіжним конусом дозволяють обробляти не тільки циліндричну і конічну поверхні центрального отвору, але і поверхню запобіжного конуса з кутом при вершині, рівним 120° .

3 Спіральне свердло: конструктивні і геометричні параметри

З усіх відомих конструкцій свердел спіральні свердла знайшли найбільше застосування завдяки наступним перевагам:

- гарному відведенню стружки з оброблюваного отвору через наявність гвинтових канавок;
- позитивним переднім кутам на більшій довжині головних різальних кромок;
- великому запасу на переточування, яке виконується по задній поверхні вручну або на спеціальних заточувальних верстатах, у тому числі верстатах-автоматах;
- гарному напрямку свердла в отворі через наявність калібруючих стрічок на зовнішній поверхні калібрувальної частини інструменту.

Виробництво спіральних свердел здійснюється в спеціалізованих цехах або на заводах в умовах крупносерійного або масового виробництва. Тому, незважаючи на складне конструктивне виконання, собівартість цих свердел невелика.

Спіральне свердло складається з робочої частини, шийки, хвостовика та лапки (рис. 15).

Різальна і калібруюча (напрямна) частини в сукупності складають **робочу частину** свердла забезпечену двома гвинтовими канавками.

Різальна частина спірального свердла складається з двох зубів, які в процесі свердління своїми різальними кромками врізаються в матеріал заготовки і зрізають його у вигляді стружки. Це – основна частина свердла. Умови роботи свердла визначаються, головним чином, конструкцією різальної частини свердла.

Напрямна частина свердла необхідна для створення напрямку при роботі інструменту. Тому вона має дві напрямні гвинтові стрічки, які при свердлінні стикаються з робочою поверхнею прямої втулки і зі стінками обробленого отвору.

Напрямна частина має допоміжні різальні кромки – кромки стрічки, які беруть участь в оформленні (калібруванні) поверхні обробленого отвору. Крім

цього, пряма частина свердла служить запасом для переточувань інструменту. Вона забезпечує також видалення стружки із зони різання.

Хвостовик служить для закріплення свердла на верстаті. Він за допомогою циліндричної шийки з'єднується з робочою частиною свердла.

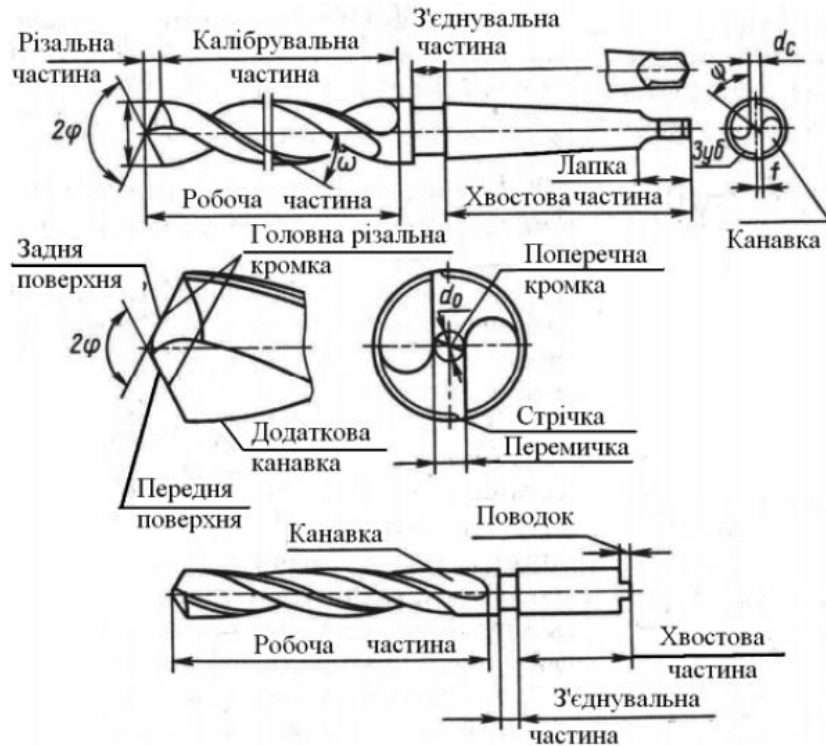


Рисунок 15 – Елементи спірального свердла

Дві передні поверхні, що є гвинтовими поверхнями постійного кроку. Можна стверджувати, що вони утворені гвинтовим рухом різальних кромки вздовж осі свердла. По цих поверхнях сходять стружка під час роботи свердла.

Дві задні поверхні. Їх форма залежить від способу заточування свердла. Вона може мати форму гвинтової поверхні або площини. В окремих випадках задня поверхня свердла є конічною або фасонною.

Дві головні різальні кромки, утворені перетином передніх поверхонь (гвинтова поверхня канавок, по яких сходять стружка) і задніх поверхонь (поверхні, звернені до поверхні різання).

Поперечна різальна кромка, утворена перетином двох задніх поверхонь. Її форма визначається формою задніх поверхонь, які у свою чергу залежать від способу заточування свердла. У загальному випадку поперечна кромка свердла має форму прямої або опуклої лінії.

Стрічка свердла – порівняно вузька ділянка на його циліндричній (боковій) поверхні, розташована уздовж його гвинтової канавки і примикає до передньої поверхні. Вона забезпечує центрування свердла в оброблюваному отворі при різанні.

Спинка зубця. Це поверхня розташована безпосередньо за стрічкою на боковій циліндричній поверхні свердла. Вона має заниження відносно зовнішнього діаметру свердла, яке зроблено для того щоб у процесі роботи свердло не контактувало з вже обробленим отвором (щоб воно не затирало по бокових поверхнях).

Геометрія спірального свердла

Основні геометричні параметри стандартного свердла представлено на рис. 16, до яких відносяться: γ – передній кут на головній різальній кромці; α – задній кут на головній різальній кромці; ψ – кут нахилу поперечної кромки.

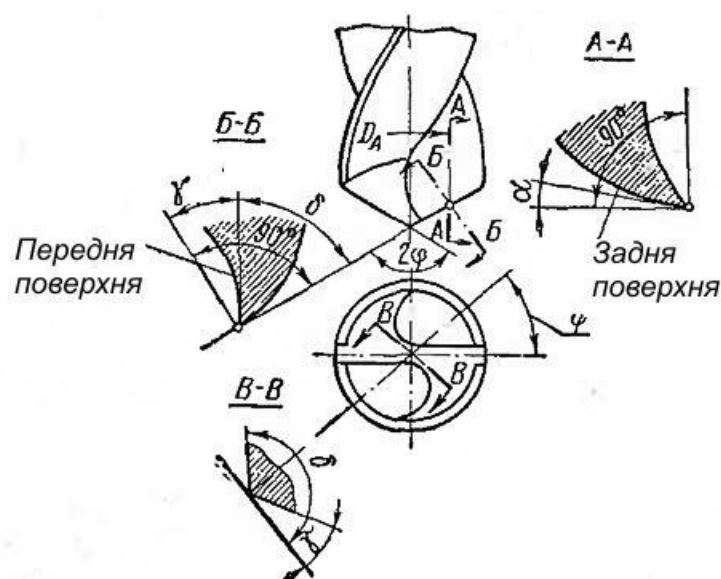


Рисунок 16 – Основні геометричні параметри свердла

Робоча частина спірального свердла має складну форму, внаслідок чого кутові параметри є змінними уздовж різальних кромки інструменту (рис. 17). Треба враховувати, що для свердла кути можливо вимірювати у двох площинах:

- у площині, яка перпендикулярна до різальної кромки, зазвичай їх позначення має індекс N , наприклад α_N або γ_N ;
- у площині, яка паралельно осі інструменту.

На рис. 17 представлено приклад вимірювання кутів у трьох точках різальної кромки у різних площинах. Площини (перерізи) $A-A$ паралельні осі інструмента, а площини $B-B$ перпендикулярні до різальної кромки. Зверніть увагу, величина кутів у точках 1,2 та 3 має різне значення.

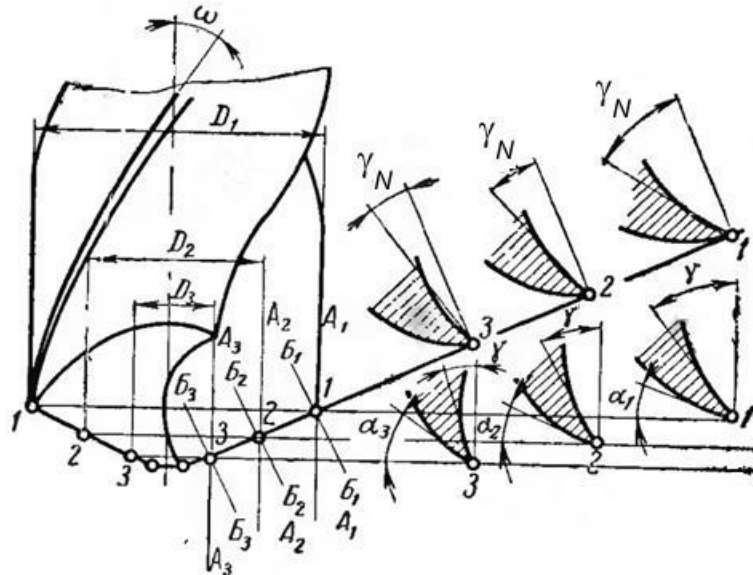


Рисунок 17 – Кути свердла вздовж кромки

Кут нахилу гвинтової канавки ω – це кут між віссю свердла і дотичною до гвинтової лінії, розташованої на зовнішньому діаметрі свердла. В середньому цей кут дорівнює 30° для стандартних свердел. Кут ω вимірюють тільки на зовнішньому діаметрі свердла.

Взагалі кут ω нахилу гвинтової канавки залежить від діаметру, на якому виконують вимірювання. Для кожної точки кромки свердла кут ω різний.

Детальний розподіл геометричних параметрів свердла у статичній системі координат відповідно до ДСТУ 2294-93 наведено на рис. 18.

Кут при вершині свердла 2ϕ . У свердла задають не головний кут в плані, а подвійний 2ϕ , який утворений головними різальними кромками свердла. У стандартного свердла кут 2ϕ для свердління сталей середньої твердості рівний 118° .

Кут нахилу поперечної кромки ψ визначає нахил поперечної кромки відносно головної різальної кромки. Його вимірюють в площині перпендикулярної осі свердла. Для стандартного свердла діаметром до 15 мм кут ψ дорівнює 50° . Для свердел діаметром 15...80 мм кут ψ приймають 55° .

Передній кут можна виміряти (визначити) в декількох площинах:

- у площині паралельній до осі свердла;
- у площині перпендикулярній до різальної кромки.

У стандартного свердла передній кут має змінну величину уздовж різальної кромки, що добре видно на рис. 17. Тому, якщо немає спеціальних вказівок, його вимірюють в площині дотичній до зовнішнього діаметру свердла. Це саме та величина, яку вказують в технічній документації. В цьому випадку передній кут еквівалентний куту нахилу гвинтової канавки ω .

Передній кут α для різних товщ кремнієвої плівки розраховується за формулою:

1. *Journal of Management Studies*, 1990, 27, 1, 1-14.

ri – радіус, на якому розташована контро

Задній кут α вимірюють в площині перпендикулярній до

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99

його вимірювання виконують мінімум в трьох точках, рівномірно розташованих уздовж кромки, а в технічній документації вказують значення для зовнішньої точки кромки.

Виміряні таким чином кути є інструментальними кутами, оскільки не враховують рухи інструменту в процесі свердління. В результаті обертального і поступального (подачі) рухів свердла траєкторія різання для кожної точки різальної кромки представляє окрему гвинтову лінію, а усієї кромки – гвинтову поверхню з кроком, рівним подачі свердла.

4 Зенкери та розвертки: конструктивні і геометричні параметри

4.1 Основні типи та конструкція зенкера

Зенкер – це осьовий багатолезовий ріжучий інструмент, призначений для обробки вже існуючих циліндричних та конічних отворів, отриманих після лиття, штампування, попереднього свердління, або торцевих поверхонь бобишек і маточин з метою покращення їх характеристик (точності JT11...JT10 і меншої шорсткості $Ra\ 40\ldots10$). Зенкером можна оброблювати наскрізні або глухі отвори діаметром від 3 до 80 мм. Зенкер часто використовують як проміжний інструмент між свердлом і розверткою або як кінцевий інструмент. З його допомогою отримують точніший отвір, ніж при свердлінні.

Циліндричні зенкери набули найбільшого поширення в механообробці.

Вони можуть бути хвостовими (рис. 19, а) і насадними (рис. 19, б). Насадні зенкери мають конічний посадковий отвір з конусністю 1:30, що забезпечує добре центрування на оправці. Крутний момент передається за допомогою шпонкових пазів на торці зенкера.

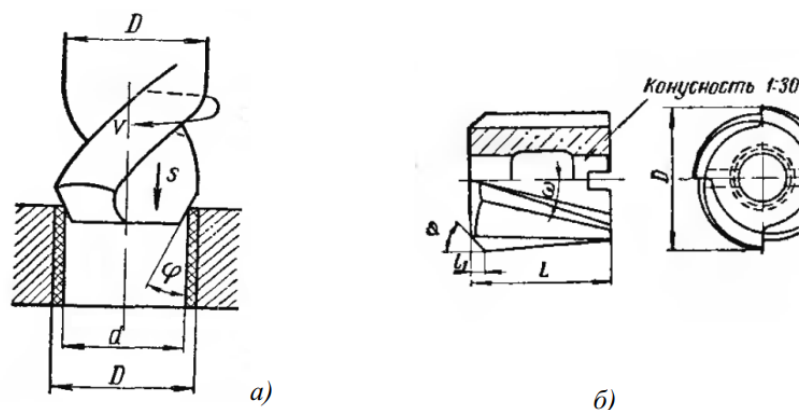


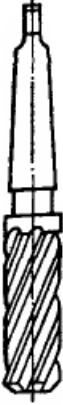
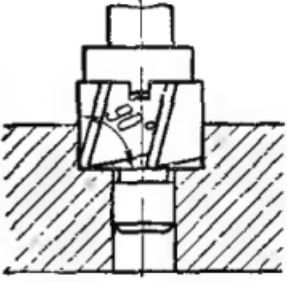
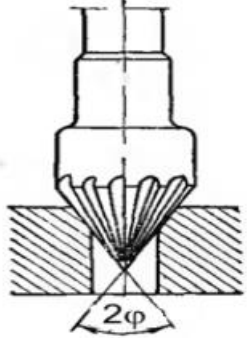
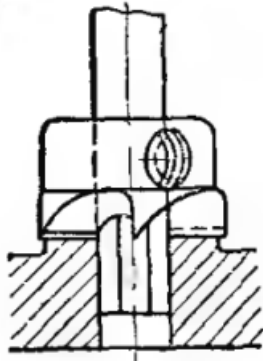
Рисунок 19 – Зенкери

2) цільний; б) насадний

Зенкери виготовляють цільними, зварними, збірними, з припаяними або закріпленими механічно пластинами з твердого сплаву. Зенкери можуть бути виготовлені зі швидкорізальної сталі або з твердого сплаву.

Типи та призначення зенкерів іншої конструкції наведено в табл.1.

Таблиця 1 – Типи зенкерів

Тип зенкера	Призначення
	Спиральний циліндричний зенкер. Застосовується для обробки наскрізних циліндричних отворів діаметром 10...100 мм
	Циліндричний головочний зенкер. Основне призначення – утворення посадкових місць під головки болтів та гайок. Має направляючий елемент, який центрує зенкер відносно обробленого отвору
	Конічний зенкер (зенківка). Основне призначення – утворення фасок різного розміру. Це можуть бути просто фаски на отворі. Але при необхідності фаски можуть бути великими для посадкових місць під конічні головки потайних гвинтів та шурупів
	Торцевий зенкер (цековка). Основне призначення – утворення посадкових місць в деталях отриманих методом лиття. Як правило, це збірний інструмент який складається з centruючої оправки та змінної різальної частини

За характером роботи зенкер подібний до свердла при розсвердлюванні отворів. За конструкцією і оформленням ріжучих кромek зенкер, призначений для збільшення діаметра отвору, відрізняється від свердла.

Зенкери набули широкого поширення в масовому і крупносерійному виробництвах. У порівнянні з розточувальними різцями вони, будучи мірними інструментами, не вимагають настроювання на розмір, що забезпечує скорочення допоміжного часу і підвищує точність отворів.

Кінематика робочих рухів зенкерів подібна свердла.

Конструктивні параметри зенкера.

До основних конструктивних елементів зенкерів відносяться: ріжуча частина (забірний конус), калібруюча частина, число канавок (зубів), форма канавок, кріпильна частина.

Конструктивні елементи стандартного зенкера цільної конструкції детально подано на рис. 20.

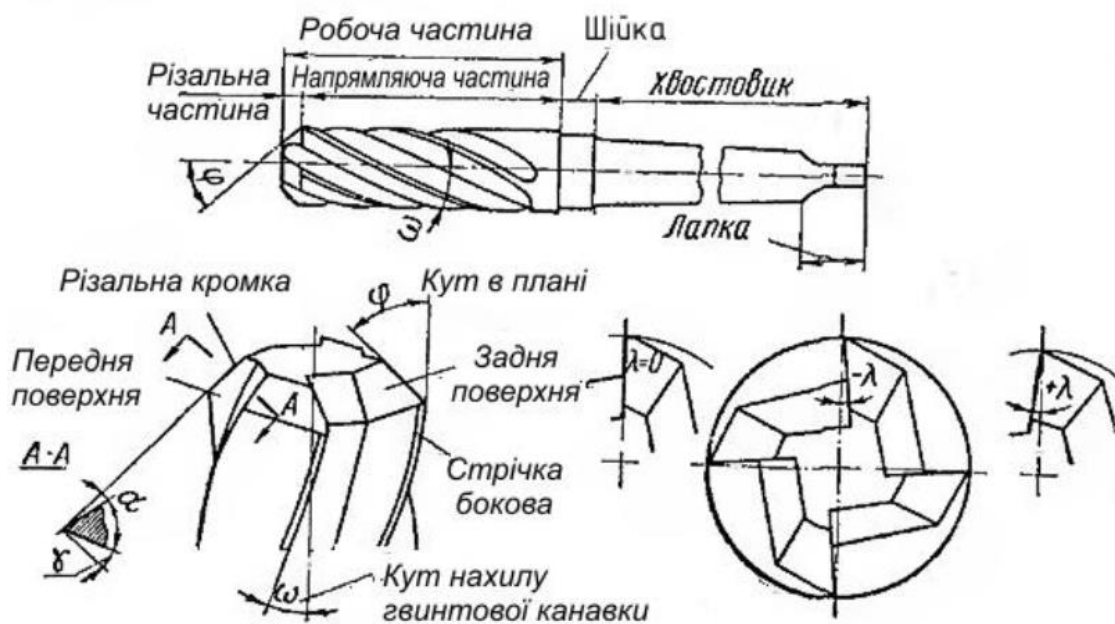


Рисунок 20 – Конструктивні параметри зенкера

Основними конструктивними частинами та геометричними параметрами стандартного цільного зенкера є:

- зовнішній діаметр різальної частини D ;
- загальна довжина інструмента L ;
- довжина робочої частини зенкера, забезпечена різальними зубами і складається з двох частин: різальною і калібруючою,
- кількість різальних лез зенкера;
- довжина забірного конусу який входить до складу різальної частини;
- циліндрична стрічка f на боковій поверхні зенкера;

- ω - кут нахилу стружкової канавки на зовнішньому діаметрі зенкера;
- α - задній кут на різальній частині,
- γ - передній кут на різальній частині
- λ - кут нахилу різальної кромки,
- ϕ - головний кут у плані, кут забірної частини.

Робоча частина зенкера, яка видаляє припуск 1-4 мм, складається із зубів ($z = 3-6$) з ріжучою і направляючою частинами, які виконуються гвинтовими.

Різальна частина різальними кромками, розташованими щодо осі зенкера під кутом, виконує основну роботу різання.

Напрямна частина спрямовує інструмент в отворі і забезпечує виготовлення отвору потрібного діаметра.

Серцевина зенкера більше ніж у свердла, тому зенкер за рахунок своєї жорсткості, дозволяє усунути похибки свердління.

Хвостовик зенкера такий же, як у свердла.

Калібруюча частина має зворотну конусність, по стрічках в межах 0,04 ... 0,10 мм на 100 мм довжини в залежності від діаметру інструменту. У твердосплавних зенкерів зменшення діаметра задається в межах 0,05 ... 0,08 мм на довжині ріжучої пластини, а діаметр корпусу інструменту знижується на 0,01 ... 0,02 мм по відношенню до розміру кінця твердосплавної пластини. Збільшення ширини стрічок твердосплавних зенкерів недоцільно, оскільки воно супроводжується налипанням на них дрібної стружки і призводить до зниження стійкості інструменту. При збільшенні зворотної конусності спостерігаються вібрації і відбувається швидка втрата розміру зенкера при його переточуванні. Зворотна конусність необхідна для зниження тертя і виключення можливості защемлення в отворі, призначена для калібрування отвору і зберігання розміру інструменту після його переточування.

Діаметр зенкера вибирають з умов його використання. Якщо зенкер призначений для попередньої обробки отвору після свердління під розвертування, його діаметр вибирають менше номінального діаметру отвору на величину припуску під розверстування (приблизно 0,07...0,1 мм на сторону). Якщо зенкер призначений для остаточної обробки отворів, його діаметр приймають з урахуванням допуску отвору, величини розбиття і запасу на знос.

Після визначення необхідного діаметру зенкера визначають глибину різання t . Глибина різання t задається припуском на зенкерування (рис. 3) і дорівнює половині різниці діаметрів отвору до і після обробки.

В тому випадку коли зенкерування застосовують тільки для покращення параметрів отвору величину t приймають в межах 2...3 мм. Зенкер повинен мати достатню довжину різальної кромки, і розмір l_2 має бути більше глибини різання t в 1,5-2 рази.

Кількість канавок зенкера можна вибрати різним. Зазвичай зенкер має 3...4 канавки. Застосовуються також насадні зенкери великих розмірів ($d > 58$ мм)

з 6 і більше канавками. У важкому машинобудуванні для зняття великих припусків застосовують двозубі зенкери (зенкери-равлики), що насаджуються на оправку. Вони мають короткі і великі за обсягом канавки і служать для обробки отворів діаметром до 300 мм. При виборі числа канавок слід забезпечити достатній простір для відведення стружки, з цієї точки зору вигідніше брати менше число канавок.

Канавки зенкерів зазвичай гвинтові, але можуть бути і прямими, наприклад у твердосплавних зенкерів для обробки сталей і чавунів високої твердості. У збірних зенкерів зі вставними ножами, в тому числі з напасними твердосплавними пластинами, канавки косі, похилі до осі.

Однак, при необхідності забезпечити достатню чистоту і точність отвору вигідніше приймати велике число канавок, чим більше канавок (бокових фасок f), тим краще направлення зенкера в отворі. Через малу глибину стружкових канавок вони мають більшу, ніж свердла, жорсткість, а відсутність поперечної кромки дозволяє вести обробку з більш високими подачами.

Наявність більшого числа зубів, порівняно із свердлом, підвищує стійкість і продуктивність зенкерів, а також точність отворів і якість їхньої поверхні.

На рис. 21 показані деякі форми канавок. Криволінійна форма канавок (рис. 3, а ... д) дозволяє спростити виготовлення зенкерів і скоротити число операцій, але вимагає спеціальних фасонних фрез. Канавки прямолінійного профілю (рис. 3, е) часто використовуються при оснащенні насадних зенкерів напасними твердосплавними пластинами.

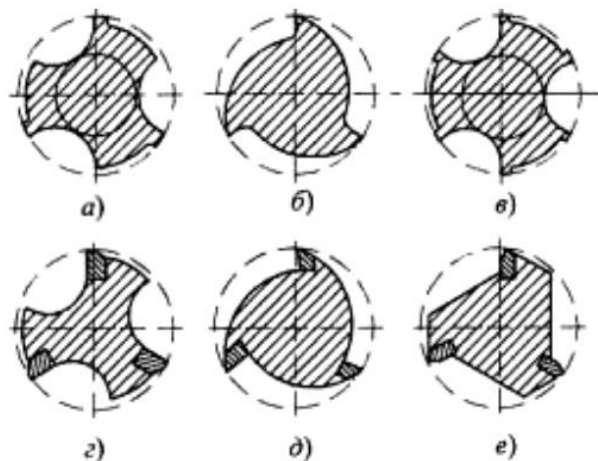


Рисунок 21 – Основні форми канавок зенкерів

Геометричні параметри.

Кут ω нахилу стружкових канавок. Якщо зенкер забезпечений гвинтовими стружковими канавками, необхідно визначити кут гвинтових канавок ω .

Кут ω залежить від властивостей оброблюваного матеріалу і від діаметру зенкера. Зазвичай кут ω коливається в межах від 10 до 25°. Його величину визначають на зовнішньому діаметрі інструменту.

Передній кут γ виміряють у площині перпендикулярній до різальної кромки і позначають як γ_N . Передній кут приймають в межах $\gamma = 0 \dots 10^\circ$.

Задній кут α різальної частини (на різальній кромці) зенкерів приймають у межах 6...15°. Задній кут на боковій калібруючій частини дорівнює нулю, через наявність циліндричної стрічки f.

Кут забірної частини 2ϕ є важливим елементом зенкера. Величина кута ϕ впливає на форму стружки і на відведення її з канавок. Якщо немає особливих умов, викликаних технологічними причинами, то рекомендується кут ϕ приймати в наступних межах:

- для обробки стали $\phi=60^\circ$;
- для обробки чавуну $\phi=45^\circ$ або 60° ;
- для підрізних робіт $\phi=90^\circ$;
- для зенкерів з твердими сплавами $\phi=60^\circ$;
- для двозубих зенкерів $\phi=75^\circ$.

Зенківки (рис. 22), на відміну від звичайних зенкерів, зрізують стружки більшої ширини і мають менш стійке положення в радіальному напрямку в момент врізання й особливо в разі розташування різальних кромки перпендикулярно до осі інструменту. Цей процес часто супроводжується вібраціями і, як наслідок, викривленням різальних кромки. Тому в конструкціях зенківки для циліндричних поглиблень і підрізування торців передбачені направляючі цапфи, виконані або за одне ціле з корпусом у зенківки малих діаметрів, або вставними, змінними, у зенківки великих діаметрів, які більш кращі. При цьому спочатку цапфи входять у попередньо просвердлений отвір, а потім починається процес обробки отвору. У міру зношування змінні цапфи замінюються.

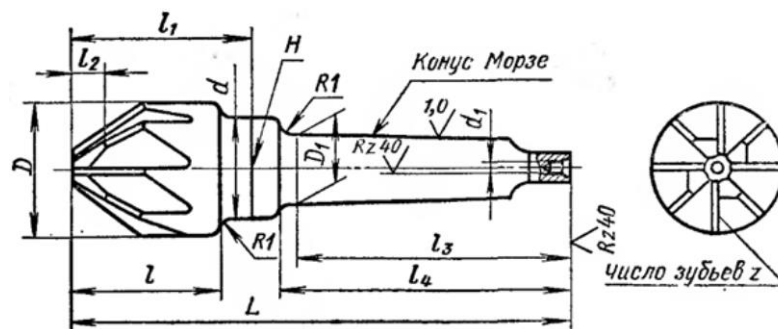


Рисунок 22 – Зенківка

Зенківки для підрізування торцевих поверхонь (цековки) мають ріжучі кромки тільки на торці. Допоміжні кромки у них відсутні. Зенківки виготовляють хвостовими або насадними. Для обробки чавунів зуби зенківки оснащують напасними твердосплавними пластинами.

Направляючі цапфи виготовляють змінними або за одне ціле з корпусом інструменту. Діаметри зенківки $d = 14 \dots 40$ мм. Із-за тяжких умов роботи число зубів у зенківки парне і дорівнює $2 \dots 4$. Для відводу стружки передбачені канавки у формі заглиблень на торці циліндричної частини.

З метою полегшення роботи зенківки, що мають велику довжину різальних кромки, рекомендується на ріжучих кромках виконувати стружкоподільні канавки, розташовані на зубах у шаховому порядку. Точність і шорсткість поверхні отворів, оброблених зенкуванням, не задовольняють вимогам, що пред'являються до деяких отворів.

4.2 Основні типи та конструкція розгортки

Розгортання є процесом обробки отворів з метою отримання підвищеної чистоти і точності.

Розгортка – це багатозубий інструмент, який здійснює в процесі оброблення отвору обертання навколо своєї осі (головний рух) і поступально переміщається уздовж осі, здійснюючи рух подачі.

Відмінність розгортки від свердел та зенкерів полягає в тому, що розгортка має значно більшу кількість різальних кромки. Стандартна розгортка має $6 \dots 8$ зубів, а інколи до $12 \dots 16$. Це дозволяє отримати отвір 7-го квалітету і 7...8- го класу чистоти обробленої поверхні. Принцип роботи розгортки подано на рис. 23.

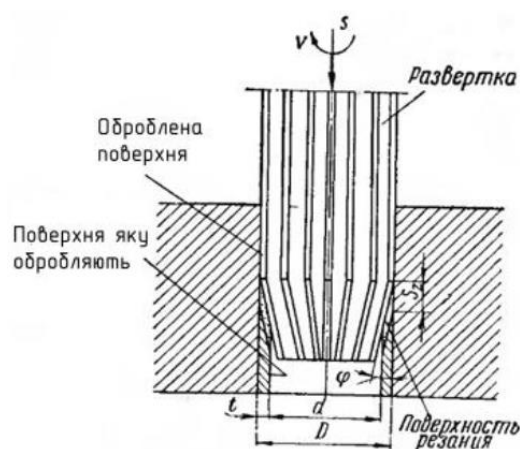


Рисунок 23 – Схема роботи розгортки

Типи розгортки.

Цілісні розгортки. Простий і найбільш поширений тип ручної розвертки – цілісна циліндрична з прямими канавками. Їх виготовляють, зазвичай, з хромистої сталі 9ХС. Недолік таких розверток – неможливість регулювання розміру після зносу розвертки.

Розвертки регульовані. У корпусі 1 розтискної розвертки (рис. 24, а), виготовленої із сталі 9ХС, в центрі просвердлений отвір, на одному кінці якого нарізана різьба; в глибині отвір має конусну частину. В отвір розвертки вставлена кулька 3 і вкручено регулювальний гвинт 2. Якщо почати вкручувати гвинт, то він натискатиме на кульку, яка прагнучиме розтискати стінки отвору. У середній частині корпус розвертки забезпечений прорізами. По мірі втискування кульки в отвір, корпус розвертки розтискається та збільшується в діаметрі, але збільшення діаметру відбувається тільки в центральній частині розвертки.

У корпусі ручної розсувної розвертки (рис. 24, б), виготовленої з конструкційної сталі, профрезеровані точні пази, що йдуть з ухилом, по відношенню до осі розвертки. В пази вставлені з ковзаючою посадкою плоскі ножі. На торцях ножів є скоси під кутом.

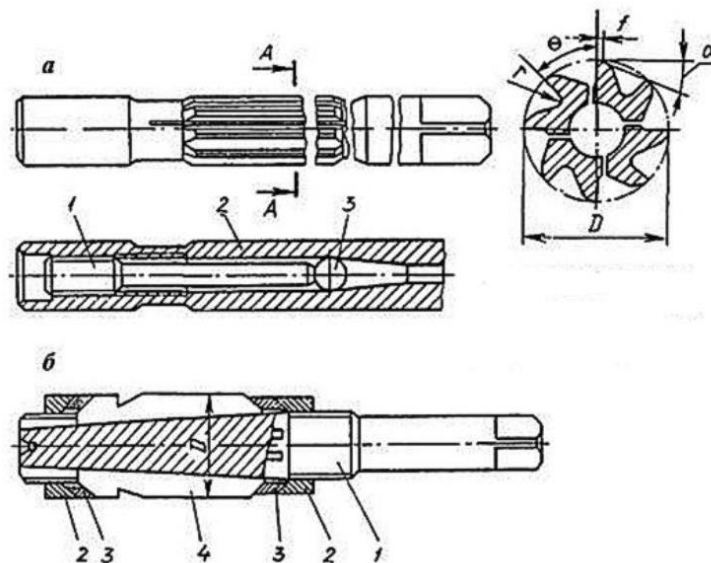


Рисунок 24 – Типи регульованих розверток:

а – розрізна; б – з розсувними ножами

Регульовані розсувні розвертки мають значні межі регулювання діаметру від 0,5 до 3 мм. Ці розвертки дуже зручні для ремонтних робіт. Регульовані ручні розвертки виготовляють для отворів діаметром 10...38 мм, дрібніші розвертки дуже важко виготовляти, а більші розвертки рідко використовують як ручні.

Розвертки для конічних отворів. Для розвертування конічних отворів застосовують комплект конусних розверток. Розвертки для конічного отвору працюють у важчих умовах, ніж циліндричні. Конічна розвертка ріже усім своїм

лезом і не має калібруючої частини, оскільки різальні кромки по усій довжині вступають в роботу. До комплекту входять три розвертки: чорнова (обдирна), проміжна і чистова.

Чорнова розвертка (рис. 25, а) призначена для зняття значного припуску; для полегшення роботи різальної кромки її роблять ступінчастою. Для цього на конічній поверхні розвертки нарізують гвинтовий зуб.

Проміжна розвертка (рис. 25, б) має стружкорозподільні канавки, нарізані у вигляді різьблення; залежно від діаметру крок цього різьблення різний.

Чистова розвертка (рис. 25, в) має прямі зубці по усій довжині різальної частини.

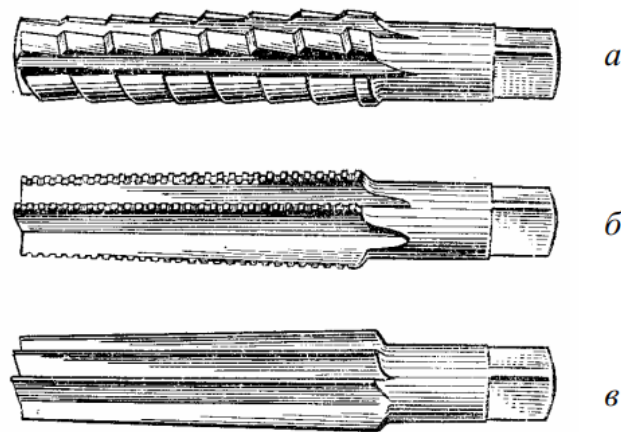


Рисунок 25 – Конічні розвертки:

а – чорнова; б – проміжна; в – чистова

Машинні циліндричні розвертки. На відміну від ручних розверток, машинні розвертки мають коротку робочу частину і часто менше число зубців.

Машинні розвертки виготовлені із інструментальної сталі (рис. 26, б) завжди мають конічний хвостовик. Довжина їх робочої частини приблизно дорівнює їх діаметру.

Машинні розвертки з напайними пластинами твердого сплаву (рис. 26, а) нічим не відрізняються від звичайних, окрім того що їх робоча частина трохи коротша, приблизно 0,8...0,9 від діаметру.

Починаючи з 25...30 мм розвертки можна виготовляти не хвостовими, а насадними (рис. 26, в). Насадні розвертки виготовляють з легованої сталі 9ХС, а також зі швидкорізальної сталі. Застосування насадної конструкції обумовлено виключно фінансовими факторами.

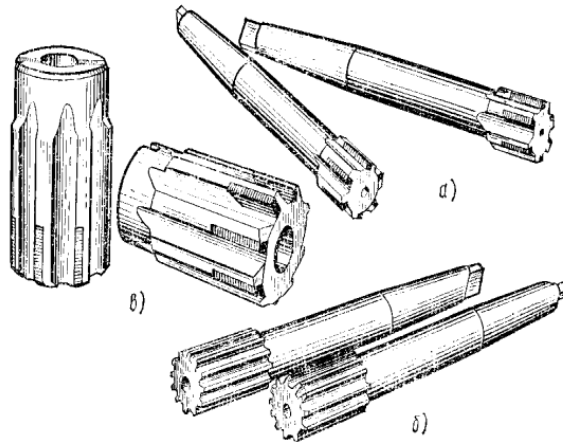


Рисунок 26 – Машинні розвертки

Конструкція розгортки.

Типова конструкція розгортки представлена на рис. 27.

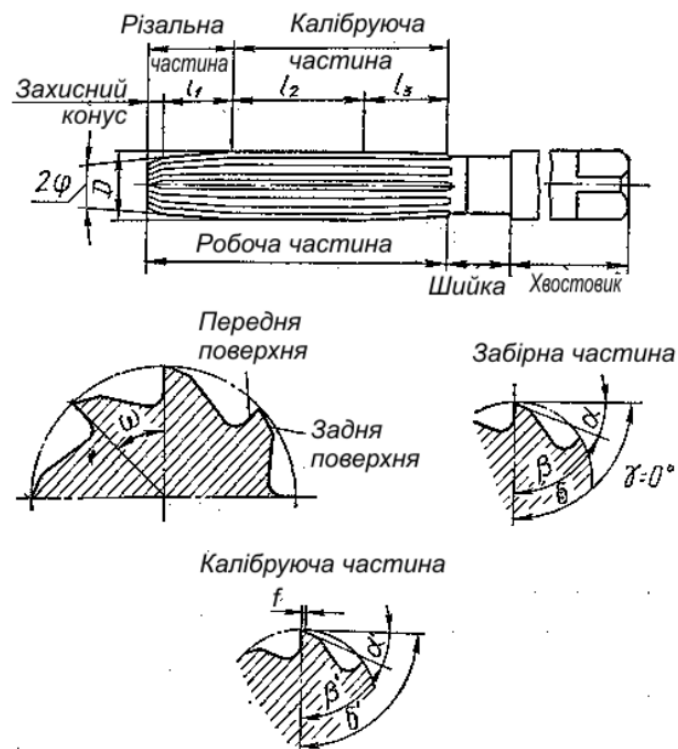


Рисунок 27 – Конструктивні параметри розгортки

Робоча частина. Робоча частина складається з двох основних складових: різальної та калібруючої.

Різальна частина на своєму початку має захисний конус, який призначений для захисту інструменту, на випадок якщо припуск перевищить допустимий.

Сама різальна частина l_1 це забірний конус з кутом 2φ . Із зміною кута в плані φ змінюється співвідношення між шириною і товщиною зрізу. Із

збільшенням кута забірного конуса росте осьове зусилля, ускладнюється просування розвертки. Тому у ручних розверток кут в плані приймається невеликим, в межах $\varphi = 1 \dots 2^\circ$, що сприяє також плавному входу і виходу розвертки з отвору.

Машинні розвертки при роботі направляються краще за ручних, тому довжина їх різальної частини (забірний конус) може бути меншою, а кут в плані великим. При обробці чавуну $\varphi = 4 \dots 5^\circ$, а при обробці сталі $\varphi = 12 \dots 15^\circ$. Для глухих отворів як у ручних, так і у машинних розверток $\varphi = 45 \dots 60^\circ$.

Калібруюча частина складається з циліндричної ділянки l_2 та ділянки l_3 із зворотною конусністю.

Діаметр циліндричної частини l_2 визначає остаточний розмір обробленого отвору. Треба мати на увазі, що ця частина насправді не зовсім циліндрична – вона має зворотну конусність у межах $1/3$ від допуску на виготовлення розвертки.

Ділянка l_3 являє собою конус, який полегшує вихід інструменту з обробленого отвору. Він не є обов'язковим. Зазвичай довжина зворотного конуса $3 \dots 5$ мм, а інколи $0,5 \dots 0,7$ мм.

Довжину робочої частини розверток приймають по відповідних стандартах. Для розвертки машинного приводу вона складає, приблизно, діаметр отвору який обробляється. Для ручних розверток довжина робочої частини складає $5 \dots 10$ її діаметрів, а інколи і більше.

Кількість зубців розвертки вибирається залежно від:

- оброблюваного матеріалу заготовки;
- діаметру інструменту (чим більший діаметр тем більше зубів);
- конструкції інструменту (цільна, складена, напайна).

Із збільшенням числа зубців чистота обробки отворів підвищується, проте зменшується поперечний переріз стружкових канавок, і вони можуть виявитися недостатніми для вільного розміщення та відведення стружки. Розвертки мають від 6 до 14 зубців для цілих машинних і ручних розверток діаметром $3 \dots 50$ мм.

Розвертки зазвичай мають парне число зубів. Це полегшує вимірювання їх діаметру. Число зубів визначаються за формулою, для крихких металів.

Позитивний вплив на роботу розвертки має нерівномірний розподіл зубців по колу (кут ω на рис. 9), що сприяє гасінню вібрацій, що виникають при роботі, особливо на підвищених режимах різання в умовах недостатньої жорсткості.

Профіль стружкових канавок. Утворення стружкових канавок розверток здійснюється однокутовими (рис. 28, а) або двокутковими (рис. 28, б) фрезами з кутом профілю $\theta = 65 \div 110^\circ$. Для середніх і великих розмірів застосовується профіль з контуром спинки зуба по радіусу, що полегшує розміщення стружки в канавках (рис. 28, в).

Зазвичай канавки у розверток роблять прямі, що спрощує їх виготовлення та контроль. Однак для оброблення отворів, що уриваються по довжині або мають канавки, застосовують розвертки з гвинтовими зубами.

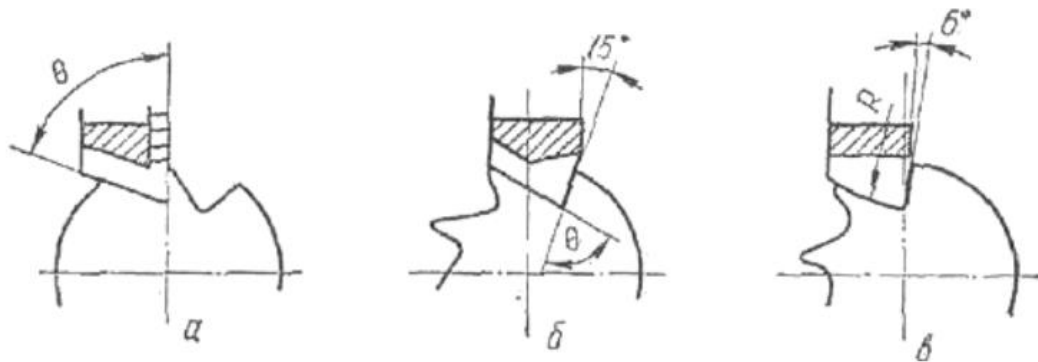


Рисунок 28 – Профілі канавок розгортки

Геометричні параметри розвертки.

Детальна геометрія розвертки представлена на рис. 29. Зубець розвертки на різальній частині l_1 робиться "гостро". Ділянка l_2 потрібна для захисту інструменту на випадок неочікуваного збільшення припуску.

На калібруючій частині залишена циліндричної стрічки f шириною 0,05...0,3 мм. При обробці в'язких металів, щоб уникнути налипання часток металу, ширина стрічки зменшується до 0,05...0,10 мм. Стрічка служить для направлення розвертки в отворі, сприяє калібруванню отвору і полегшує контроль розвертки по діаметру.

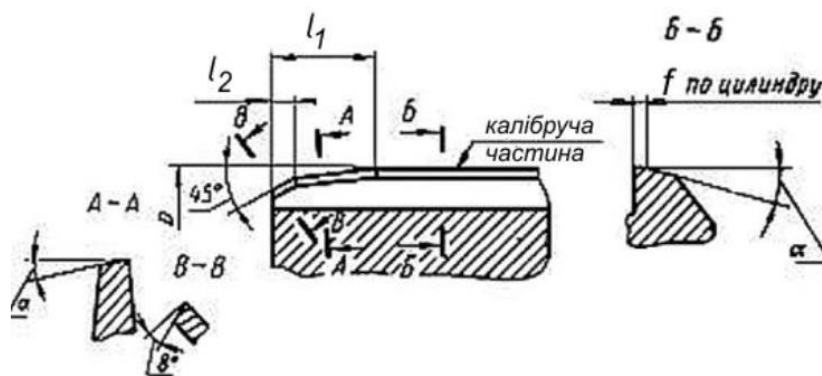


Рисунок 29 – Геометричні параметри розвертки

Передній кут γ розверток зазвичай приймається рівним нулю, оскільки розвертка працює в зоні малої товщини зрізуваного шару (0,05...0,1 мм). Характер протікання процесу різання залежить, головним чином, не від переднього кута, а від радіусу закруглення різальної кромки, який співвідноситься з товщиною зрізуваного шару. На чорнових розвертках та при обробці в'язких матеріалів передній кут збільшують до 5...10°.

Задній кут α приймають невеликим для збереження міцності різальної кромки. Його величина обмежується не скільки міркуваннями міцності, скільки способом загострення на верстаті - при значних величинах задніх кутів є небезпека зрізати сусідній зуб. Тому кут α коливається в межах $4...8^\circ$.