

Лекція 9
ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 6 ПРОТЯЖКИ
Тема 7 Протяжки

1 Призначення та основні типи протяжок

Протягуванням можна обробити наскрізні отвори будь-якої форми, прямі або гвинтові канавки, зовнішні поверхні різноманітної форми (рис. 1), зубчасті колеса зовнішнього і внутрішнього зачеплення.

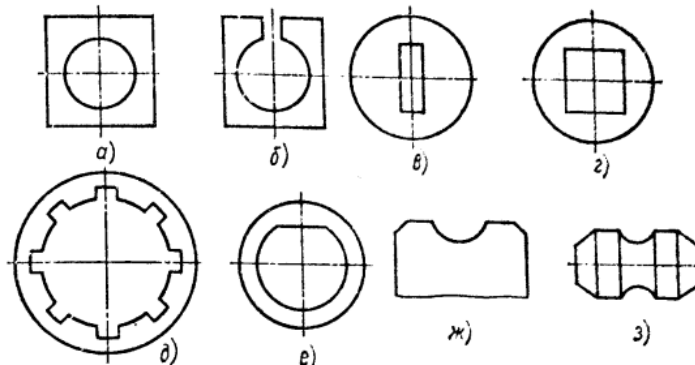


Рисунок 1 – Основні види оброблюваних поверхонь при протягуванні
а – е – внутрішні поверхні; ж, з – зовнішні поверхні

Незважаючи на порівняно низькі швидкості різання (2-15 м/хв), що застосовуються при протягуванні, продуктивність протягування дуже висока. Це пояснюється великою сумарною довжиною різальних кромок, що одночасно беруть участь у зрізанні металу. Протягування дозволяє отримати оброблені поверхні високої точності з малими параметрами шорсткості. Високі показники при протягуванні залежать від схеми різання, геометричних параметрів, товщини шару, що зрізається тощо. Продуктивність при протягуванні ще більш підвищується, якщо використовуються протяжні верстати з безперервним робочим рухом і автоматичним завантаженням заготовок. Внаслідок високої продуктивності і точності обробки, а також забезпечення чистоти обробленої поверхні протягування набуває все більшого поширення в машинобудуванні та металообробці.

Протяжка – це багатозубий металорізальний інструмент, що здійснює процес зрізування шарів металу за відсутності руху подачі за рахунок перевищення ширини або висоти наступного зуба відносно ширини або висоти попереднього (рис. 2). Тобто у протяжці подача закладна в самій конструкції, так як кожний наступний зуб вище попереднього. Кожний зуб протяжки лише один раз приймає участь в обробці даної заготовки. Так як сумарне число зубів, які

беруть участь в різанні, велике, то в роботі одночасно знаходиться декілька зубів (3-6).

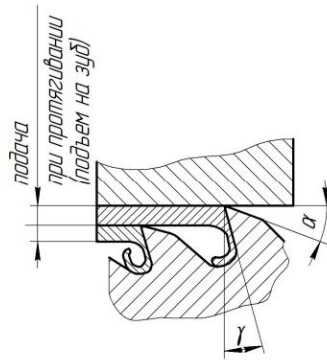


Рисунок 2 – Схема різання шарів метала

Рух різання прямолінійний і рідше – круговий (рис. 4). Головний рух при протягуванні – поступальний рух інструменту. Заготовка при прямолінійному протягуванні нерухома.

Прошивки – це багатозубий металорізальний інструмент, що здійснює процес зрізування шарів металу за рахунок сили, прикладеної до хвостовика.

Протяжки застосовують для обробки наскрізних отворів та зовнішніх поверхонь різноманітних деталей, а прошивки – лише наскрізних отворів. Прошивки найчастіше застосовують для калібрування внутрішніх отворів високої точності. Іноді останні секції прошивки або протяжки виконують напівкруглими для розвальцювання – згладжування шорсткості і надання поверхні високих експлуатаційних якостей.

Протяжка зазвичай закріплюється в повзунові верстата і переміщається разом з ним. При роботі круглої протяжки це переміщення здійснюється уздовж осі отвору (рис. 3, а). Поступово збільшуються в розмірах зуби протяжки зрізають шари металу, збільшуючи при цьому розміри отвору. Якщо сила прикладається до хвостовика, то корпус протяжки працює на розтяг (рис. 3, а). Якщо сила прикладається до задньої частини протяжки, то це вже прошивка, яка на відміну від протяжки, працює на стиск (рис. 3, б). Щоб уникнути поздовжнього вигину прошивка повинна бути коротше протягування, і її довжина зазвичай не перевищує 15-кратного діаметра.

За способом застосування протяжки бувають для внутрішнього та зовнішнього протягування. **Внутрішніми** протяжками обробляють різні замкнуті поверхні (отвори), а **зовнішніми** – напівзамкнуті і відкриті поверхні різного профілю.

За формою розрізняють круглі (рис. 5), шліцьові (рис. 6), шпонкові (рис. 7), багатогранні (рис. 8) і плоскі протяжки (рис. 9).

Круглі протяжки призначені для обробки внутрішніх циліндричних поверхонь. На секціях круглих протяжок в шаховому порядку робляться стружкоподільні канавки.

Шліцьові протяжки застосовують для обробки прямих і гвинтових шліцьових канавок. Канавки виконують прямими і евольвентного профілю. При протягуванні гвинтових канавок заготовка або протяжка обертаються в процесі обробки.

Шпонкові протяжки застосовують для обробки шпонкових пазів. Обробка заготовки 1 шпонковою протяжкою виконується за допомогою спеціального пристосування – оправки 2.

Багатогранні протяжки застосовуються для обробки гранованих отворів з будь-яким числом сторін. Вони працюють за генераторною схемою різання.

Плоскі протяжки призначені для обробки плоских поверхонь. Вони працюють за профільною та прогресивною схемами.

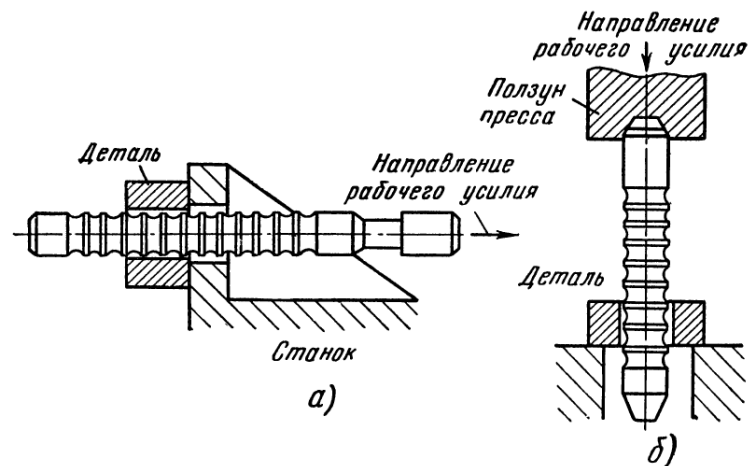


Рисунок 3 – Схема роботи протяжки (а) та прошивки (б)

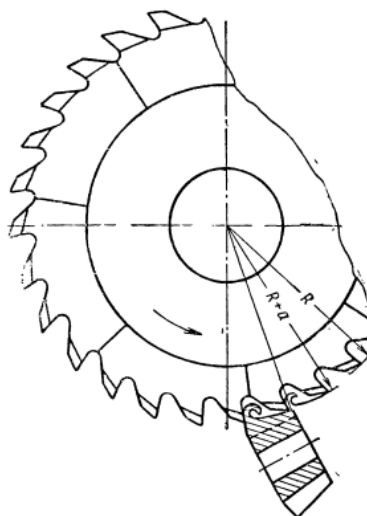


Рисунок 4 – Схема роботи кругової протяжки

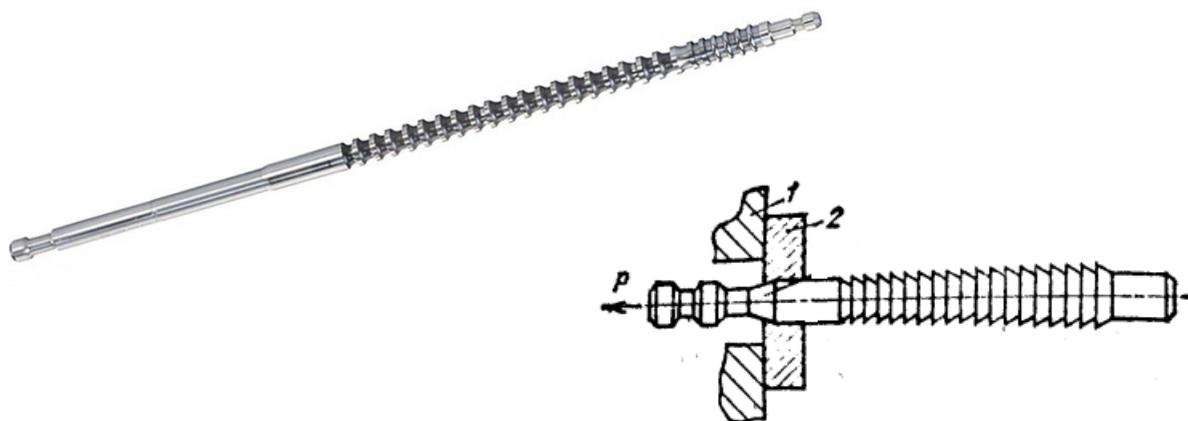


Рисунок 5 – Кругла протяжка



Рисунок 6 – Шліцева протяжка

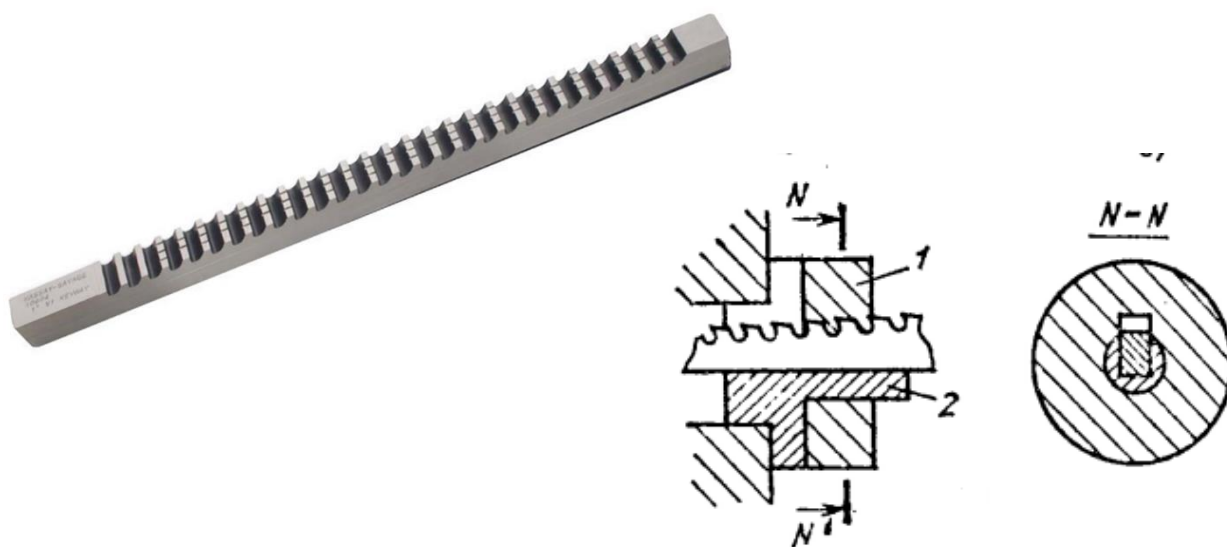


Рисунок 7 – Шпонкова протяжка



Рисунок 8 – Шестигранна протяжка

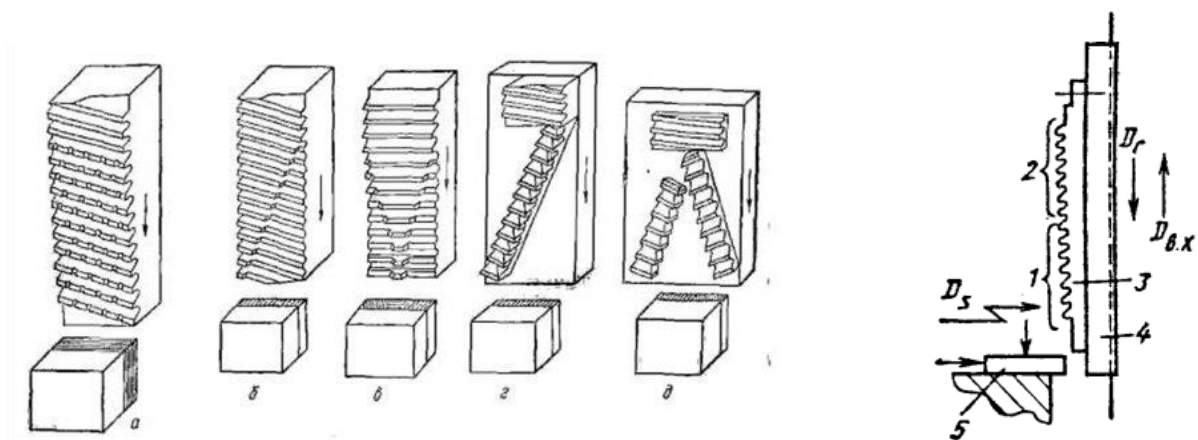


Рисунок 9 – Плоска призматична протяжка

а) плоска протяжка з профільною схемою різання; б – плоска одностороння протяжка з генераторною схемою різання; в – плоска двостороння протяжка з генераторною схемою різання; г – похила одностороння протяжка з генераторною схемою різання; д – похила здвоєна протяжка з генераторною схемою різання

За конструкцією зубів протяжки бувають ріжучими та ущільнювальними. У першому випадку зуби мають гострі леза, у другому – округлені, що працюють за методом пластичного деформування поверхні без зняття стружки.

Ущільнюючі протяжки використовують для ущільнення попередньо оброблених поверхонь з метою поліпшення структури поверхневого шару і зменшення шорсткості обробленої поверхні. Ущільнення поверхні істотно підвищує її зносостійкість.

В залежності від конструктивного виконання розрізняють також збірні протяжки зі вставними ножами, оснащеними пластинками з твердого сплаву (рис. 10, б).

Збірні протяжки знаходять широке застосування для зовнішнього протягування, а також для остаточної обробки і калібрування внутрішніх поверхонь. При внутрішньому протягуванні додаткові калібрувальні секції при

зношуванні калібруючих зубів протяжки набагато збільшують її розмірну стійкість. Секції збірних протяжок часто виготовляють з твердосплавних ріжучих елементів.

Протяжки можуть працювати як поодинокі, так і в комплекті з 2 – 3 і більше штук. Діаметри отворів під протягування зазвичай 6 – 100 мм.

Зовнішні протяжки поділяються за типом оброблюваних поверхонь на плоскі, круглі і фасонні протяжки.

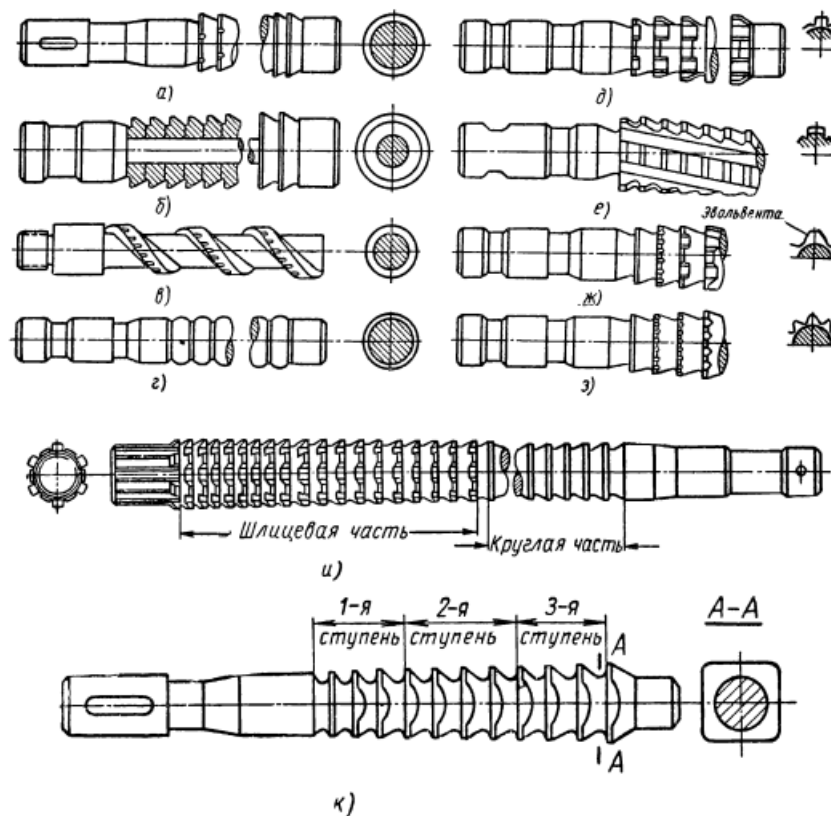


Рисунок 10 – Типи протяжок

- а) кругла цільна; б) кругла збірна; в) з гвинтовим зубом; г) вигладжуюча; д) прямошліцьова; е) спірально-шліцьові; ж) евольвентна; з) гострокутна-шліцьова; и) комбінована (кругла і шліцьова в одній протяжці)

Отвір під протяжку виконується свердлом, зенкером або чорною розгорткою, а також – розточуванням. Діаметра хвостовика повинен бути менше діаметра отвору на 2 – 5 мм

Внутрішні протяжки призначалися спочатку для обробки циліндричних і фасонних отворів. Зараз протягування стало застосовуватися і для обробки зовнішніх поверхонь. Спочатку за допомогою протягування обробляли тільки плоскі поверхні, а потім з розвитком і удосконаленням методів зовнішнього протягування, стали обробляти поверхні, що мають складну конфігурацію.

Протяжки є складним і дорогим спеціальним інструментом, який виготовляється для обробки певних деталей. Економічна ефективність від їх застосування повною мірою виявляється лише при масовому і серійному типах

виробництва. Проте на підприємствах з одиничним і дрібносерійним випуском виробів протяжки можуть дати значний економічний ефект, якщо форми оброблюваних поверхонь та їх розміри нормалізовані. У деяких випадках протягування є єдиним способом обробки.

Протягування має переваги перед іншими методами обробки металів різанням:

1 Висока продуктивність, що досягається за рахунок скорочення основного і допоміжного часу і в результаті виконання попередньої і остаточної обробки за один робочий цикл.

2 Висока точність розмірів і геометричної форми поверхонь, що протягаються, оброблюваних деталей, які забезпечуються високою стійкістю протяжок.

3 Висока стійкість протяжок.

4 Низька шорсткість простягнутих поверхонь деталей машин, досягає Ra 0,32 мкм.

5 Точність обробки досягає 8,7 квалітетів.

6 Простота пристрою і експлуатації протяжних верстатів.

Існує два варіанти протягування: *вільне і координатне*. При *вільному протягуванні* забезпечується розмір профілю і мала шорсткість отвору, при *координатному* – витримується ще і розмір профілю відносно базових поверхонь заготовки.

В загальному випадку при внутрішньому вільному протягуванні заготовку 2 із заздалегідь просвердленим отвором базують торцевою поверхнею на опорну плиту 1 протяжного верстата, насаджують на передню напрямну частину протяжки, яка своїм хвостовиком приєднується до тягового патрона верстата (рис. 5). В процесі робочого ходу протяжка протягується кареткою верстата крізь отвір у заготовці, яка при цьому утримується на ній силою тертя. Коли протяжка пройде крізь отвір у заготовці, оброблена деталь падає в корито верстата або робочий знімає її зі стола. Потім дається зворотний хід, від'єднується протяжка від тягового патрона, очищається від стружки, після чого весь цикл роботи повторюється.

При обробці отворів на вертикальному верстаті з допоміжним верхнім циліндром після протягування чергової заготовки протяжка своїм заднім хвостовиком автоматично приєднується до допоміжного патрона, від'єднується від тягового патрона і піднімається в початкове положення для обробки нової заготовки. Потім робітник встановлює на столі верстата оброблювані деталі, і після включення робочого ходу протяжка за допомогою верхнього допоміжного циліндра вводиться у заздалегідь оброблений отвір, захоплюється тяговим патроном і протягується крізь заготовку, після чого цикл повторюється. В цьому випадку проводять тільки зміну оброблюваних заготовок і очищають протяжку

від стружки, якщо вона не змивається струменем мастильно-охолоджуючої рідини. За аналогічним напівавтоматичним циклом працюють і деякі горизонтально-протяжні верстати.

Особливість протяжки, яка здійснює протягування зовнішньої поверхні, полягає в тому, що вона не має ні передньої, ні задньої напрямних. Зовнішня протяжка 3 (рис. 9), жорстко закріплена на каретці 4 протяжного верстата, має ріжучу 1 і калібруючу 2 частини. Заготівка 5, жорстко закріплена на столі верстата, відводиться по завершенню циклу обробки і знімається з верстату.

Методи протягування та протяжний інструмент безперервно удосконалюються. В даний час у промисловості застосовується декілька **схем протягування**.

Найбільш простою є схема протягування, при якій здійснюється зворотно-поступальний відносний рух інструменту відносно заготовки (рис. 8, а). Ця схема використовується як при обробці внутрішніх, так і при обробці зовнішніх поверхонь на протяжних універсальних верстатах.

Для обробки отворів протяжка має форму стрижня, поперечний переріз якого відповідає поперечному перерізу обробленої деталі. На зовнішній робочій поверхні початкового стрижня створюються різальні зуби, діаметральні розміри яких збільшуються до кінця протяжки. За рахунок поступового збільшення діаметральних розмірів зубів відбувається зрізання металу тільки при поступальному русі протяжки відносно деталі. Останні профілюючі зуби протяжки мають різальні кромки, розташовані на поверхні початкового стрижня, що і забезпечує формування заданої поверхні деталі.

Протяжка, призначена для обробки зовнішніх поверхонь, є **призматичним тілом**, на робочій поверхні якого утворені різальні зуби.

Висотні розміри різальних зубів збільшуються до кінця протяжки. Завдяки цьому відбувається зрізання металу тільки при поступальному русі протяжки відносно заготовки.

Профільюючі ділянки різальних кромок зубів протяжки розташовуються на початковій робочій поверхні протяжки. Ця поверхня при обробці стикається з поверхнею деталі і її профіль співпадає з профілем деталі, що і забезпечує формування поверхні деталі. Поверхня деталі в даному випадку має форму циліндричної поверхні, твірні якої проходять паралельно напрямку зворотно-поступальних рухів протяжки. Профіль цієї поверхні може бути найрізноманітнішим. Він залежить від форми і розмірів профільюючих ділянок різальних кромок зубів протяжок і від їх взаємного розташування.

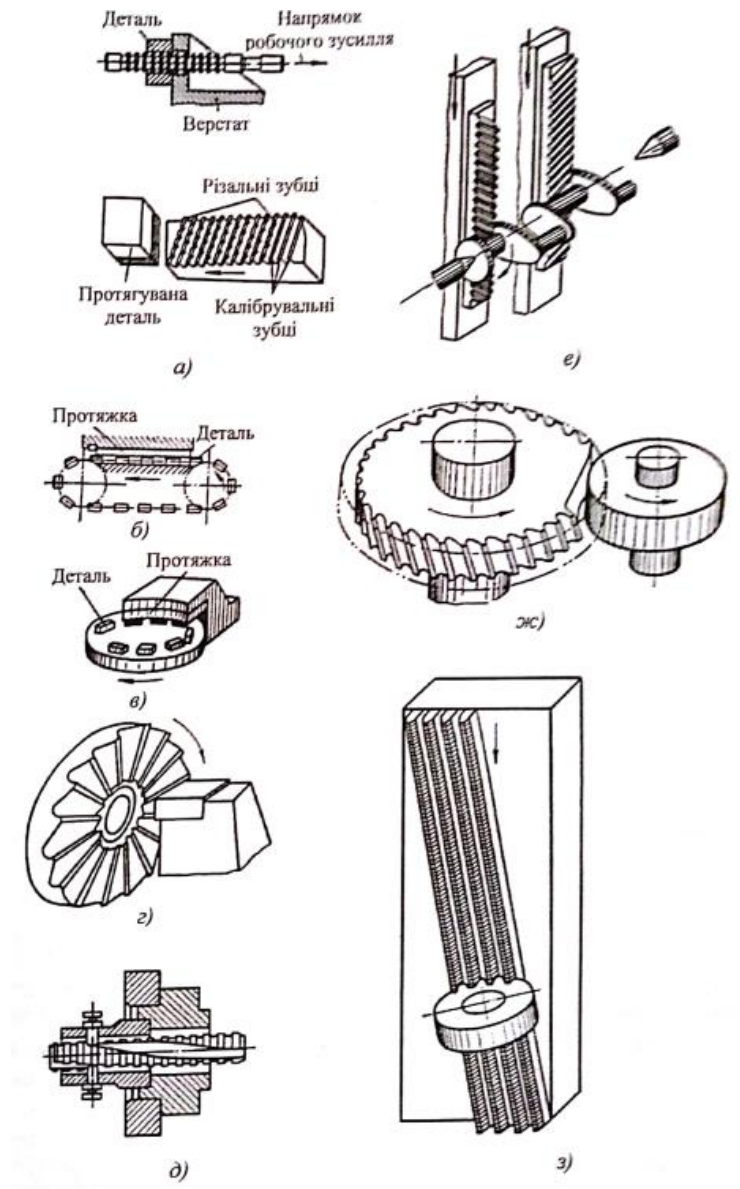


Рисунок 11 – Схеми протягування

З метою підвищення продуктивності праці використовуються **схеми безперервного протягування**. В цьому випадку заготовки переміщаються відносно нерухомої протяжки.

Щоб забезпечити прямолінійний рух оброблюваних деталей відносно нерухомої протяжки, необхідно використовувати замкнутий ланцюг з рядом пристосувань, які ковзають по напрямних станини (рис. 11, б). Закріплення заготовок у пристосуваннях та їх вивільнення після обробки здійснюються автоматично або вручну.

Відносний рух протяжки і деталі може бути **обертальним**. При цьому заготовки закріплюються на круглому столі, що обертається, і проходять під протяжкою, прикріпленою до нерухомого кронштейна (рис. 11, в).

Обертальний рух відносно нерухомої заготовки може здійснювати також протяжка (рис. 11, г).

При круговому протягуванні оброблена поверхня деталі створюється у формі поверхні обертання. В окремому випадку вона може бути площиною, яку можна розглядати як поверхню обертання прямої лінії навколо осі, перпендикулярної їй. Приблизно оброблену поверхню деталі можна вважати циліндричною, коли відстань від осі обертання до зони обробки буде великою.

Щоб в процесі кругового протягування отримати необхідну поверхню, необхідно розташувати профілюючі ділянки різальних кромek зубів протяжки на поверхні деталі. Зуби, які вступають в роботу раніше профілюючих, повинні у момент різання розташовуватися на різних відстанях від поверхні деталі, що поступово збільшуються, щоб забезпечити доцільну товщину зрізу.

При круговому протягуванні відсутній зворотний хід, що відповідно прискорює процес обробки.

Відносний рух протяжки і заготовки може бути гвинтовим, що використовується при протягуванні гвинтових канавок.

Гвинтовий рух може здійснюватися як сукупність поступального та відповідного обертального руху. Обертальний рух може примусово надаватися протяжці або заготовці. Може використовуватися також самообертання протяжки або заготовки.

Примусове обертання протяжки може бути забезпечене різними способами, наприклад, за допомогою пальця (рис. 11, д) або ролика, що ковзає по гвинтовій канавці на протяжці, копірної лінійки, від копірного гвинта через зубчасту пару, шляхом настроювання відповідного кінематичного ланцюга верстата тощо.

Обробка гвинтових канавок з кутом нахилу до 10° може проводитися при самообертанні протяжки або деталі, відповідно встановлених на кулькових опорах.

Протягування із самообертанням застосовують при порівняно невисоких вимогах до точності обробки.

Для отримання необхідної поверхні при обробці потрібно, щоб профілюючі ділянки різальних кромek зубів протяжки розташовувалися на поверхні деталі і при гвинтовому русі інструменту відносно заготовки описували необхідну поверхню. Поступове заглиблення зубів протяжки в матеріал заготовки забезпечується і в даному випадку тим, що різальні кромки різних зубів розташовані на різних (вибраних певним чином) відстанях від поверхні деталі.

Гвинтове протягування знаходить застосування при обробці гвинтових шліців, при нарізанні різьби спеціальних профілів в гайках за допомогою мітчиків-протяжок тощо.

Протягуванням обробляються також зовнішні поверхні тіл обертання з прямолінійними або криволінійними твірними. Схема такої обробки (рис. 11, е) включає відносно швидке обертання заготовки навколо своєї осі, яке є головним

рухом різання. Разом з цим, протяжка рухається прямолінійно, торкаючись оброблюваної поверхні. Кожен зуб такої протяжки можна розглядати як тангенціальний фасонний різець. Поступове заглиблення при роботі зубів протяжки в матеріал заготовки забезпечується різальними кромками зубів, розташованих на різних відстанях від опорної площини інструменту. Завдяки цьому мінімальна відстань від різальних кромок до осі заготовки від зуба до зуба змінюється, що і визначає розміри шарів металу, які зрізаються кожним зубом.

Протягування поверхонь обертання може проводитися також **спіральними протяжками** (рис. 11, ж). В процесі обробки здійснюється швидке обертання деталі навколо своєї осі і відносно повільне обертання протяжки навколо її осі. Обробка проводиться за один оберт протяжки. Постійне заглиблення зубів протяжки в матеріал заготовки відбувається в результаті розташування різальних кромок зубів на спіральній поверхні, тобто на різних відстанях від осі. Щоб в процесі обробки отримати необхідну поверхню, необхідно профілюючі ділянки різальних кромок зубів розташувати на поверхні обертання. Вісь цієї поверхні співпадає з віссю протяжки, і вона в процесі обробки торкається поверхні деталі.

Спіральні протяжки можуть використовуватися також при обробці внутрішніх поверхонь обертання.

При обробці зовнішніх поверхонь обертання застосовують **кільцеві протяжки** з внутрішніми зубами. Різальні кромки зубів такої протяжки розташовуються на різних відстанях від осі, завдяки чому забезпечується послідовне заглиблення зубів інструменту в матеріал заготовки.

В порівнянні зі спіральними протяжками кільцеві протяжки мають збільшену дугу контакту кожного зуба з матеріалом заготовки, що сприяє підвищенню продуктивності.

Останнім часом набули поширення складніші схеми **протягування методом обкатки фасонних поверхонь подвійної кривизни**, конічних прямозубих коліс та інших деталей. На рис. 3, з зображена схема протягування за методом обкатки прямозубих циліндричних зубчастих коліс. Як інструмент використовується рейкова протяжка, яка має прямолінійний рух. Швидкість цього руху складає певний кут з віссю рейкової протяжки. Заготовка примусово обертається навколо своєї осі. Швидкість цього обертання повинна бути узгоджена зі швидкістю руху інструменту. Складова швидкості інструменту в площині, перпендикулярній до осі деталі повинна бути рівна коловій швидкості заготовки на ділильному колі. Цим забезпечується умова обкатування заготовки по інструменту-рейці.

При протягуванні прямозубих коліс вісь заготовки нахилиється під тим кутом, під яким розташовані зуби рейки-інструменту. Кожен зуб рейки-інструменту знімає матеріал однієї певної западини колеса. Щоб забезпечити обробку всіх зубів колеса, необхідно мати широку і довгу протяжку. Тому

зазвичай застосовують протяжки з двома-трьома рейковими виступами, виконуючи роботу в декілька проходів.

Зі всіх розглянутих схем найбільшого розповсюдження в промисловості отримало протягування, при якому відносний рух інструменту і заготовки є прямолінійним.

2 Конструктивні параметри протяжки

Протяжки для обробки отворів мають наступні основні частини (рис. 12): хвостовик 1, шийку 2, перехідний конус 3, передню напрямну частину 4, різальну частину 5, калібруючу частину 6, задню напрямну частину 7, опорну цапфу і задній хвостовик 8.

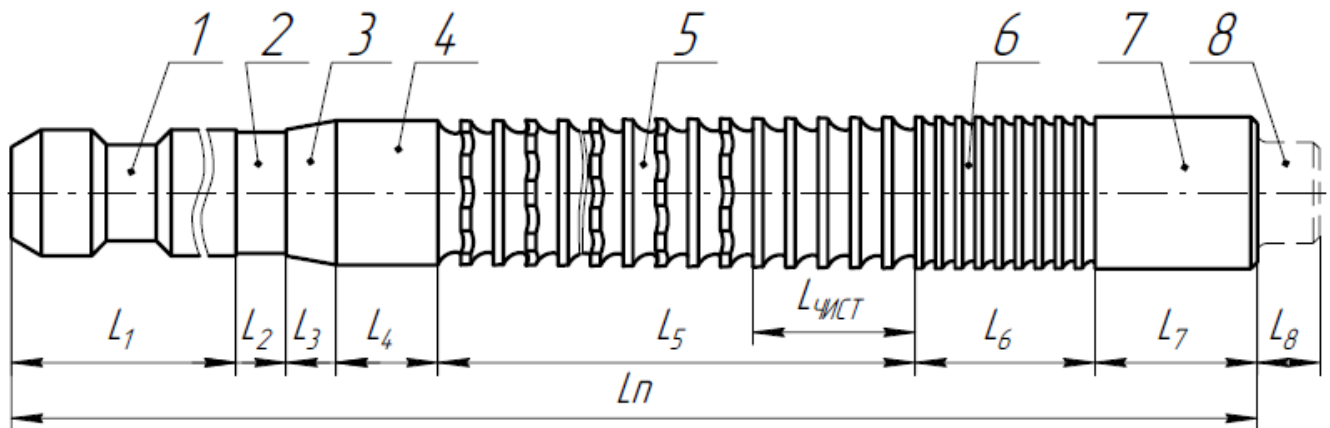


Рисунок 12 – Конструкція протяжки

Хвостовик служить для закріплення протяжки в патроні верстата і передачі сили різання. Він може мати різну форму. Широко застосовується циліндричний хвостовик, що має кругову виточку, куди заходять кулачки швидкодіючого патрона для закріплення протяжки. Перевагами такої форми хвостовика є простота виготовлення, достатньо висока міцність, швидкість закріплення та розтискання інструменту.

Розміри хвостовика вибираються за стандартом відповідно до патрона, що є на верстаті. Для вільного насадження заготовки на протяжку діаметр його повинен бути не менше ніж на 0,5 мм меншим діаметра попередньо обробленого отвору. Довжина хвостовика приймається відповідно до розмірів патрона від п'яти діаметрів у малих, до двох – у великих протяжок, щоб забезпечити надійне положення хвостовика в патроні і уникнути надмірного провисання інструменту.

Для кріплення протяжок з поперечним перерізом некруглої форми, наприклад, шпонкових, застосовують призматичні хвостовики.

Шийка – проміжна сполучна ланка між хвостовиком і робочою частиною протяжки. **Направляючий конус** служить для полегшення установки протяжки в попередньо оброблений отвір.

Шийка і перехідний конус складають сполучну ланку між хвостовиком і прямою частиною. Діаметр шийки береться рівним або на 0,3... 1 мм меншим діаметра хвостовика. Довжина шийки вибирається з таким розрахунком, щоб забезпечити необхідну довжину протяжки до першого різального зуба і можливість припинення протяжки до патрона протяжного верстата. Перехідний конус, завдовжки 10-25 мм, робиться для легшого введення передньої прямої частини у протягуваний отвір.

Передня пряма служить для центрування осі заготовки щодо осі протяжки, перед протягуванням. У перетині, перпендикулярному до осі протяжки, форма поперечного перерізу і розміри передньої направляючої відповідають формі і розмірам обробленого отвору заготовки.

Форма передньої прямої частини відповідає формі отвору, який протягується. Діаметр прямої частини приймається рівним найменшому діаметру попереднього отвору, а довжина – рівною довжині протягуваного отвору. Коротша передня пряма частина може не забезпечувати надійного центрування.

Робоча частина служить для зрізання всього припуску на протягування і забезпечення необхідних форми, розмірів і шорсткості оброблюваного отвору. Вона є сукупністю різальних зубів різних розмірів.

Кількість різальних зубів залежить від величини припуску під протягування, від розмірів і форми оброблюваної деталі, від вибраної схеми різання та прийнятого підйому на зуб, тобто товщини шару, що зрізається.

Робоча частина складається з чорнових, перехідних, чистових і калібруючих зубів.

Чорнова частина призначена для зрізання основної частини припуску, **перехідна частина** служить для поступового зменшення сили при переході від чорнової до чистої частини і для зачистки грубої поверхні після обробки чорновими зубцями. **Чистова різуча частина** служить для остаточного формування отвору, **калібуюча частина** призначена для забезпечення необхідної чистоти поверхні і для збереження розміру протяжки при повторних заточуваннях.

Задня пряма частина центрує протяжку щодо обробленої деталі при проходженні через неї калібруючих зубів по закінченні процесу обробки. Форма її поперечного перерізу повинна відповідати формі різальних кромок калібруючих зубів. Також вона служить для утримання довгої протяжки від провисання і не допускає перекосу деталі в кінці процесу протягування (в момент виходу останнього зуба).

Задній хвостовик при автоматизованому циклі протягування призначений для захоплення протяжки патроном і відводу її в початкове положення. А в процесі протягування він підтримується кареткою, що його супроводжує для запобігання від провисання під дією власної ваги.

У протяжок, що працюють на верстатах без автоматичного циклу, замість заднього хвостовика виконується цапфа.

Геометрія протяжки. При конструюванні круглих протяжок можна прийняти **плоску форму передньої поверхні** і розташувати її перпендикулярно до осі протяжки. В цьому випадку різальна кромка зуба буде колом перетину зовнішньої поверхні початкового стрижня і передньої площини. В усіх точках різальної кромки такої протяжки передні кути будуть рівні нулю, що часто не доцільно.

Щоб створити додатні передні кути в усіх точках даної різальної кромки, приймають **конічну форму передньої поверхні**, вісь якої поєднується з віссю протяжки. Величина переднього кута вибирається, як завжди, в залежності від властивостей оброблюваного матеріалу і матеріалу інструменту. У протяжок зі швидкорізальної сталі величини передніх кутів коливаються від 5 до 25°, а у протяжок, оснащених твердим сплавом, - від 0 до 10°.

Задня поверхня зубів круглої протяжки виконується також у формі конічної поверхні і таким чином створюються додатні задні кути в усіх точках різальних кромок. Задні кути внутрішніх протяжок мають зазвичай невелику величину, порядку 2-4°. Вони повинні забезпечити гарні умови різання, зменшуючи тертя задньої поверхні по оброблюваній поверхні. При виборі величин задніх кутів необхідно зберегти діаметральні розміри протяжки протягом можливого тривалого часу.

У калібруючих зубів виконується циліндрична стрічка шириною $f = 0,05 - 0,2$ мм. Значення заднього кута береться в залежності від виду операції (чорнова або чистова) і типу протяжки.

Маленьке значення заднього кута у протяжки для внутрішнього протягування пояснюється тим, що при більшому значенні кута α заточування протяжки призведе до значної зміни розмірів зубів в поперечному перетині. Із-за цього ж робиться незначний і задній кут на фасці зубів калібруючої частини.

Протяжки переточуються по передній конічній поверхні.

При переточуваннях зменшуються діаметральні розміри інструменту тим швидше, чим більшої величини прийнятий задній кут α . Ця обставина і примушує вибирати відносно малі величини задніх кутів при конструюванні протяжок.

Якщо у протяжки виконати зуби з однаковими розмірами і розташувати їх різальні кромки на поверхні початкового циліндричного стрижня, то перший зуб протяжки зніматиме весь припуск, буде перевантажений і швидко вийде з ладу,

а подальші зуби не прийматимуть участі у зрізанні стружки і залишаться незавантаженими.

Щоб розподілити роботу різання на всі різальні зуби, діаметри їх виконуються різними. Діаметр першого зуба приймається рівним найменшому діаметру попереднього отвору. Діаметр кожного подальшого зуба збільшується на певну величину, рівну подвоєній товщині зрізу. Тільки діаметр останнього різального зуба виконується рівним діаметру початкового стрижня.

Товщина зрізу a , рівна підйому на зуб, суттєво впливає на процес протягування. Чим вона більша, тим коротшою буде протяжка, тим менша її вартість та вища продуктивність протягування.

Разом з тим, при збільшенні товщини зрізу зростають зусилля різання, що може призвести до розриву протяжки, погіршення чистоти обробленої поверхні, підвищення інтенсивності зношування інструменту. Проте при дуже малій товщині зрізу радіус заокруглення різальної кромки порівняємо з товщиною зрізу, і окремі зуби протяжки замість різання виконують втискання матеріалу заготовки. Це призводить до зростання зусиль різання, інтенсивності зношування, нерівномірного завантаження різальних зубів, погіршення якості протягнутої поверхні. Тому не потрібно брати товщину шару, що зрізається, менше 0,015 мм. Для даних циліндричних протяжок орієнтовні значення товщини зрізу при обробці сталі $a = 0,02 \dots 0,04$ мм, чавуну - 0,03-0,1 мм, алюмінію - 0,02-0,05 мм, бронзи і латуні - 0,05-0,12 мм.

Товщина зрізу істотно впливає на процес завивання стружки та її розміщення у западині зуба.

При великій товщині зрізу жорсткість стружки заважає їй завиватися в западині зуба, стружка впирається у дно западини, її виток отримує безперервну форму, що в подальшому призводить до заклинювання стружки і навіть поломок протяжок.

За дослідними даними граничні значення товщини зрізу з умов правильного завивання стружки при обробці сталей середньої твердості коливаються від 0,05 до 0,35 мм і залежать від глибини западини і ширини зрізу. Зі збільшенням глибини западини і зменшенням ширини зрізу граничні величини товщини зрізу зростають.

У даних протяжок товщини зрізу або підйом зубів різальної частини приймаються постійними, за винятком декількох останніх зачисних (чистових) зубів, на яких підйом на зуб поступово зменшується до 0,025-0,015 мм. Чистові зуби необхідні для забезпечення плавного падіння зусиль різання в кінці протягування та отримання необхідної чистоти обробленої поверхні. їх число коливається від 2 до 5. Воно повинно бути тим більшим, чим більший підйом на зуб і вищі вимоги до чистоти протягнутої поверхні.

Працездатність протяжок суттєво залежить від розмірів і форми стружкових канавок, оскільки при протягуванні вони істотно впливають на

процес формування і сходу стружки. Форма западини зуба повинна сприяти плавному завиванню стружки у щільний валик та її вільному розміщенню в западині.

Форми стружкових канавок, що використовуються на практиці, показані на рис. 5. При протягуванні сталей та інших металів, що дають зливну стружку, рекомендується дворадіусна форма канавки (рис. 13, а), яка забезпечує хороші умови для формування та розміщення стружки в досить великому об'ємі. Однорадіусна форма з плоскою спинкою зуба (рис. 13, б) проста у виготовленні і застосовується при обробці крихких металів, а також сталі при великих кроках зубів.

Спеціальна дворадіусна форма з виступом біля дна канавки складна у виготовленні, але забезпечує хороше видалення стружки при обробці пластичних матеріалів з великою товщиною зрізу і високими швидкостями різання.

Подовжена форма стружкових канавок (рис. 13, в) рекомендується для протяжок, які використовуються при обробці довгих деталей.

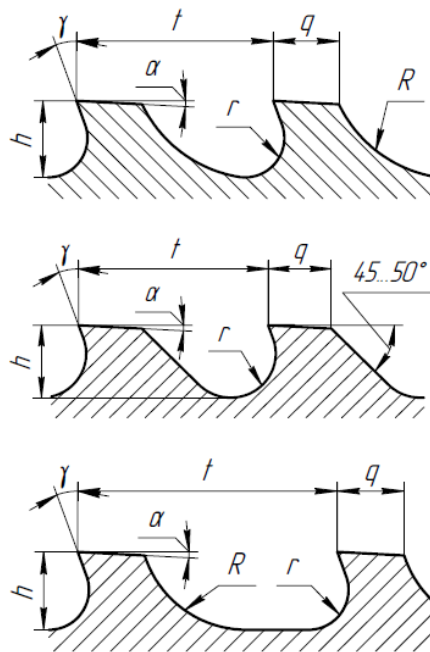


Рисунок 13 – Форми стружкових канавок

Зуби протяжок повинні задовольняти наступним вимогам:

- 1 Забезпечувати найбільший період стійкості, що залежить від величини переднього і заднього кутів.
- 2 Форма стружкової канавки не повинна перешкоджати утворенню і вільному завиванню стружки у виток.
- 3 Об'єм канавки повинен бути достатнім для розміщення стружки.

4 Розміри зубів повинні забезпечувати достатню міцність, вібростійкість і можливість більшої кількості переточок.

Крок різальних зубів є важливим конструктивним елементом. При виборі кроку необхідно враховувати, що зі зменшенням його скорочується довжина протяжки, знижується її вартість, підвищується продуктивність та якість обробленої поверхні. При зменшенні кроку і незмінній товщині зрізу зростає число одночасно працюючих зубів. В результаті цього зростають зусилля протягування, виникає небезпека розриву протяжки, зменшується об'єм стружкової канавки і погіршуються умови формування та розміщення стружки, скорочується число можливих переточувань, а отже, і довговічність інструменту.

При проектуванні протяжок вирішальними чинниками, що визначають величину кроку, є умови місткості стружки у западині зуба і міцності протяжки.

Крім того, при виборі кроку необхідно забезпечити одночасну роботу не менше двох зубів протяжки. Щоб виконати цю вимогу, деталі малої довжини протягують пакетом, що складається з декількох деталей. Це дозволяє застосовувати протяжки з кроком, що перевищує довжину однієї деталі.

Найчастіше крок зубів визначається з умови достатньо вільного розміщення стружки. При такому розрахунку площа активної частини канавки, в межах якої може розміщуватися стружка, приблизно приймається рівною площі круга. :

З метою отримання кращої якості обробленої поверхні крок зубів виконується змінним, оскільки рівномірний крок сприяє появі поперечних рисок на протягуваній поверхні. Це пояснюється тим, що при протягуванні зуби послідовно входять і виходять із зіткнення із заготовкою.

У моменти входу і виходу зубів спостерігається різка зміна навантаження і пов'язана з цим періодична зміна пружної деформації деталі та протяжки. В результаті “ударів” (зміни навантаження та деформацій) різальні кромки зубів дають відбитки на протягуваній поверхні, які при рівномірному кроці потім посилюються наступними зубами протяжки.

Риски значно зменшуються за величиною та розсіюються по протягуваній поверхні при нерівномірному кроці зубів. Величина нерівномірності кроку зубів коливається від $\pm 0,3$ мм для невеликих кроків і до ± 1 мм при кроці понад 18 мм.

Число одночасно працюючих зубів при протягуванні не є величиною постійною. Воно визначається відношенням довжини протягування до кроку.

Зазвичай при протягуванні спостерігається коливання на одиницю числа одночасно працюючих зубів. Наслідком змінної кількості одночасно працюючих зубів є зміна навантаження верстата і протяжки, а також порушення плавності в роботі інструменту.

Плавність роботи підвищується при збільшенні числа одночасно працюючих зубів, тобто при зменшенні кроку протяжки. Проте застосування

дуже малого кроку зубів небажане. Протяжки з таким кроком допускають мало переточувань, а заточування їх ускладнюється із-за небезпеки врізання шліфувального круга в сусідній зуб.

При конструюванні протяжок прагнуть забезпечити число одночасно працюючих зубів в інтервалі від 3 (при коротких оброблюваних отворах) до 8 (при довгих оброблюваних отворах).

При проектуванні протяжок, особливо при високих вимогах до чистоти поверхні, необхідно прагнути до того, щоб довжина протягування не була кратною кроку зубів, тобто відношення довжини протягування до кроку зубів не повинно бути точно цілим числом.

Не дивлячись на уявну, при кратному кроці досягти постійності числа одночасно працюючих зубів і повної рівномірності навантаження верстата і протяжки фактично не можливо. У даному випадку із-за коливань довжини протягування та нерівномірності кроку зубів число одночасно працюючих зубів коливається на 2 зуби. Це може у ряді випадків виявитися причиною розриву протяжки внаслідок її перевантаження.

Для розділення стружки на окремі вузькі ділянки при протягуванні сталі та інших пластичних металів на різальних зубах в шаховому порядку виконуються стружкороздільні канавки.

При обробці чавуну та інших металів, що дають сипучу стружку, таке ділення не обов'язкове. Відстань між канавками вибирається в межах 3-10 мм. Вона рівна ширині зрізуваного шару, що помітно впливає на умови формування та розміщення стружки у западині зуба.

Широка стружка згортається у валик важче, ніж вузька, особливо при криволінійній формі кромки. При дуже широких стружках процес різання утруднений, і можуть спостерігатися поломки інструменту.

Стружкороздільні канавки необхідні також для забезпечення легкого видалення стружки після протягування чергової деталі. Якщо різальні зуби не матимуть стружкороздільних канавок, то при обробці металів, що дають зливну стружку, в канавках утворюватимуться кільця стружки, видалити які після протягування кожної деталі надзвичайно важко.

Глибина стружкороздільних канавок 0,4...1 мм, а їх ширина 0,6...1,2 мм. Профіль стружкороздільних канавок може бути прямокутним і кутовим з кутом 45...60°. Радіус заокруглення дна канавки 0,2...0,5 мм.

Щоб отримати на кромках стружкороздільних канавок додатні задні кути, їх необхідно шліфувати під кутом до осі протяжки паралельно задній поверхні зуба.

Разом з позитивними явищами, стружкороздільні канавки призводять до негативних. Вони погіршують чистоту протягнутої поверхні, знижують стійкість протяжки внаслідок прискореного зношування ділянок різальних кромки, що примикають до канавок. Слід від стружкороздільної канавки попереднього зуба

створює на стружці ребро жорсткості, що утруднює її згортання та розміщення у западині зуба. Ці недоліки протяжок даної профільної схеми різання суттєво можуть бути послаблені застосуванням протяжок інших схем різання, зокрема протяжок змінного різання.

Щоб виключити на різальних зубах стружкороздільні канавки, застосовують також комбіновані протяжки з роздільними елементами. У цих протяжок деформуючий (або різальний) роздільний елемент, встановлений попереду різальних зубів, видавлює в отворі поздовжні пази на всю глибину припуску.

В результаті втискання матеріалу заготовки на протягуваному отворі створюються стружкороздільні канавки, а на поверхні отвору - напливи. Величини напливів необхідно враховувати при виборі діаметра першого зуба протяжки.

Створені на даній протяжці умови вільного різання, а також попередня деформація матеріалу шару, що зрізається, деформуючими елементами призводять до підвищення стійкості протяжок.

Калібруюча частина протяжки служить для загладжування і остаточного формування обробленої поверхні. Крім того, калібруючі зуби в міру переточувань заміщають різальні.

Калібруюча частина є сукупністю ряду зубів постійного діаметра, рівного діаметру останнього різального зуба, тобто діаметру початкового стрижня.

Кількість калібруючих зубів повинна бути такою, щоб забезпечити необхідне число переточувань протяжки. Тому для протяжок, які обробляють точні отвори, число калібруючих зубів потрібно приймати більшим, ніж при протягуванні отворів з відносно грубими допусками.

Число калібруючих зубів протяжок вибирається в межах від 4 до 8.

Крок калібруючих зубів складає 0,6-1,0 кроку різальних зубів. Укорочені кроки калібруючих зубів сприяють стійкому напрямку протяжки і тим самим забезпечують отримання правильної форми і високої точності розмірів отвору. Співвідношення розмірів профілю калібруючих зубів зберігаються такими ж, як і у різальних зубів. На калібруючих зубах залишається циліндрична стрічка шириною 0,2 мм. Задній кут на цих зубах виконується невеликої величини (0,5-2°), що виправдовується необхідністю забезпечення повільного зменшення поперечних розмірів калібруючої частини при переточуваннях і отриманням придатних отворів протягом всього періоду експлуатації інструменту.

Калібруючі зуби не мають стружкороздільних канавок.

При обробці отворів, що мають малі допуски на виготовлення, звичайні протяжки відносно швидко виходять з ладу. З метою збільшення терміну служби розроблені протяжки з регульованою по діаметру калібруючою частиною.

Так як протяжки є складним за конструкцією і дорогим інструментом, вони повинні мати максимально можливу стійкість. У шпонкових протяжок із швидкорізальних сталей стійкість $T \geq 120$ хв, у шліцьових $T \geq 420$ хв при обробці сталевих заготовок. Хоча протяжки працюють з невеликими швидкостями різання, але, як показала практика, доцільно їх виготовляти зі швидкорізальних сталей. Для виготовлення цілісних протяжок застосовують такі швидкорізальні сталі: Р6М5, Р9, Р9Ф5, Р9К5 тощо. В деяких випадках застосовують вуглецеві і леговані сталі (9ХС, ХВГ тощо). сталь ХВГ мало деформується при термічній обробці, що дуже важливо, коли протяжки мають значну довжину. Стійкість протяжок з легованих сталей в 2-2,5 рази вище стійкості протяжок із швидкорізальних сталей.

З метою економії швидкорізальної сталі іноді внутрішні і зовнішні протяжки виготовляють збірними. Ріжучу частину збірних протяжок виконують зі швидкорізальної сталі або з твердосплавних елементів ((ВК8, ВК6М), так як їх стійкість значно підвищується в порівнянні із швидкорізальними протяжками, наприклад, при обробці чавуну), а кріпильну і приєднувальну – з конструкційної сталі. Стійкість твердосплавних елементів в протяжках в 12-18 разів вище, ніж ріжучих елементів протяжок зі швидкорізальної сталі.

Зовнішні та круглі протяжки діаметром понад 80 мм часто виготовляються збірними.

Внутрішні протяжки розрізняють за формою (плоскі і круглі) і конструктивними особливостями замкової частини. Розміри замкової частини і їх форму вибирають в залежності від конструкції протяжки за ГОСТ 4044-70 для круглих і ГОСТ 4043-70 для плоских протяжок. Конструкція зовнішніх протяжок 3 дозволяє компенсувати знос ріжучих кромок зубів за допомогою клинів, регульованих гвинтами 1. Сила різання повинна сприйматися врізними шпонками або упором 2 (рис. 14).

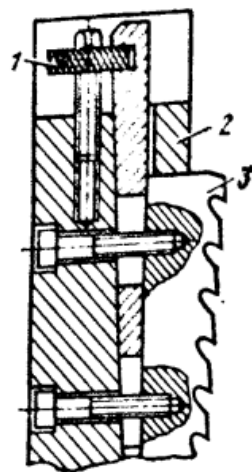


Рисунок 14 – Конструкція зовнішньої протяжки

1 – регульовальний гвинт; 2 – упор; 3 – протяжка

3 Схеми різання

Існує дві схеми різання: *одинарна та групова*.

Одинарна – схема, коли кожний ріжучий зуб зрізає широкий і тонкий шар. Одинарна схема поділяється на профільну та генераторну (рис. 16).

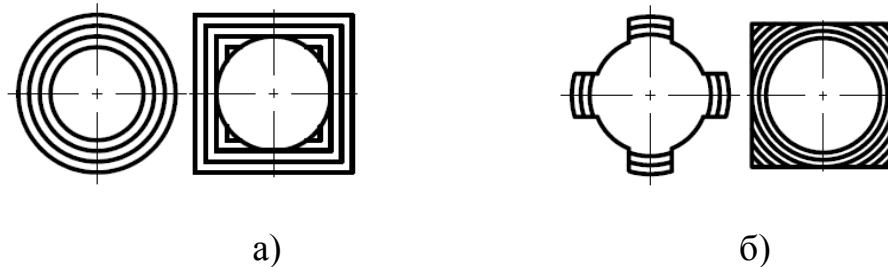


Рисунок 15 – Схеми різання
а – профільна схема; б – генеративна схема

При профільній схемі форма кожного різального зуба ідентична формі остаточно обробленій поверхні. Кожен зуб протяжки знімає тонку стружку по всій ширині оброблюваної поверхні. Така протяжка дає значно питомі тиски різання, в тому значні зусилля протягування. Така схема різання має обмежене застосування, із-за складності виготовлення такої протяжки. За профільною схемою працюють протяжки круглого профілю, а також зовнішні протяжки, які забезпечують високу якість оброблювальної поверхні. Застосовується для точних круглих отворів.

При генераторній схемі припуски знімаються паралельними шарами кожним зубом протяжки не по всьому профілю, а лише по його частині. Перший зуб протяжки має круглу форму, всі інші також мають круглу форму у вигляді частин кола – дуг. Лише останні зуби відповідають заданому профілю і знімають тонку стружку по всьому профілю. Такі протяжки більш прості у виготовленні, їх простіше заточувати і собівартість їх виготовлення нижче, ніж у попередніх протяжок. Застосовується для шліцьових, шпонкових, пазових та багатограних протяжок.

Якщо неможливе різання за генераторною схемою (сила різання першими трьома зубами перевищує гранично допустиму силу розриву небезпечного перетину або припуск на зуб менше 0,02 мм – коли різання становиться не ефективним), застосовують **прогресивну (групову) схему** різання. **Ця схема передбачає поділ шару, який зрізається, на декілька шарів з великим припуском на зуб.**

При груповій схемі різання всі ріжучі зуби розбиваються на групи від 2 до 5 зубів, які мають однаковий зовнішній розмір, але збільшуються по ширині. Останній зуб групи зачисний (без стружкороздільних канавок). При цьому

зрізаються товсті порівняно вузькі стружки. Стійкість такої протяжки в середньому в 2 рази вище, ніж у протяжок, які працюють за генераторною схемою. Але такі протяжки більш складні у виготовленні, ніж протяжки, які працюють за профільною або генераторною схемами. Прорізні зуби мають стружкороздільні канавки різної форми, які розташовуються в шахматному порядку.

При роботі протяжками групової схеми різання виникають менші сили різання, так як наступна група зубів працює по наклепаному металу. У внутрішніх протяжок групова схема різання із стружкороздільними канавками у вигляді шліців отримала назву **шахматної** (рис. 16). При стружкороздільних канавках у вигляді викружок – **перемінного різання** (рис. 17). При стружкороздільних канавках у вигляді лиски – **багатогранної** (рис. 18).

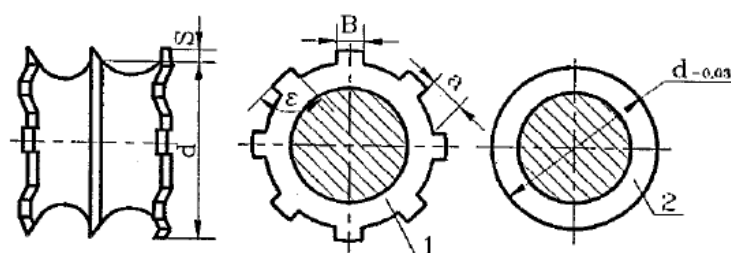


Рисунок 16 – Шахматна схеми різання

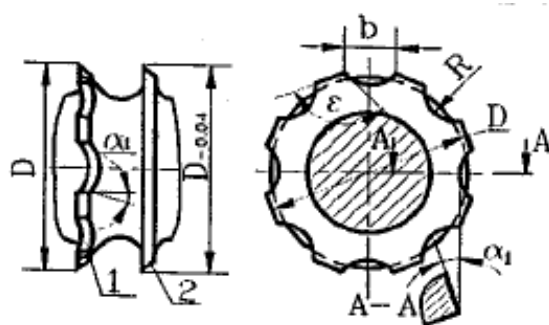


Рисунок 17 – Перемінна схема різання

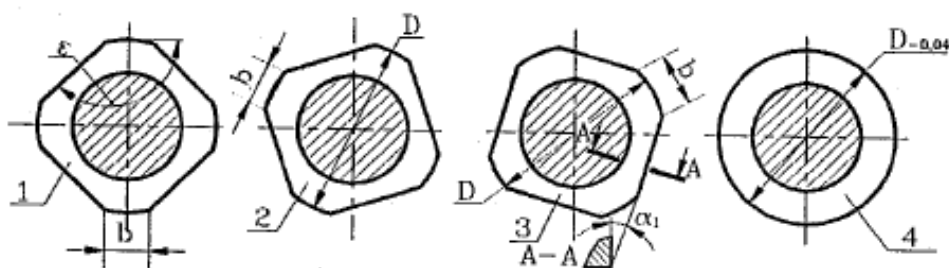


Рисунок 18 – Багатогранна схема різання

В якості мастильно-охолоджуючої рідини при протягуванні використовують емульсії, сульфолфрезол, а також суміш гасу і мастила. Обробка чавунних заготовок виконується без охолодження.