

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 86 с., 14 табл., 21 рис., 8 джерел.

КІЛЬЦІВЕ СВЕРДЛО, ЗАГОТОВКА, ТЕХНОЛОГІЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ГЛИБОКИЙ ОТВІР, БАЗА, ДЕТАЛЬ, МОДЕЛЬ, ПРИПУСК, СВЕРДЛІННЯ.

Об'єкт розробки - різцева головка кільцевого свердла.

Мета роботи - розробка конструкторського та технологічного процесу виготовлення різцевої головки для глибокого свердління.

В ході дипломного проекту розглядається проблематика обробки глибоких отворів та конструктивні особливості інструменту який використовується для цієї операції.

Також розроблена конструкція та технологічний процес спеціальної різцевої головки для кільцевого свердла.

До дипломного проекту входять робочі креслення: різцевої головки, різальних інструментів другого порядку, пластини.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis: 88 p., 14 tables, 21 figures, 8 sources.

RING DRILL, BLANK, TECHNOLOGY, CUTTING MODES, DEEP HOLE, BASE, PART, MODEL, ALLOWANCE, DRILLING.

The object of development is a cutting head of a ring drill.

The purpose of the work is to develop a design and technological process for the manufacture of a cutter head for deep drilling.

In the course of the diploma project, the problems of machining deep holes and the design features of the tool used for this operation are considered.

Also, the design and technological process of a special cutter head for a ring drill have been developed.

The thesis project includes working drawings of the cutter head, second-order cutting tools, and a cutting plate.

ЗМІСТ

	С.
РЕФЕРАТ.....	4
ABSTRACT.....	2
ЗМІСТ.....	3
СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ.....	5
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ.....	8
1.1 Поняття процесу глибокого свердління.....	8
1.2 Дефекти деталей при глибокому свердлінні.....	9
1.3 Вплив МОР при глибокому свердлінні.....	12
1.4 Огляд конструкції інструментів для глибокого свердління.....	16
1.4.1 Спиральне свердло	16
1.4.2 Гарматне свердло	17
1.4.3 Рушничне свердло	19
1.4.4 Багатокромкові свердла	20
1.4.5 Шнекові свердла.....	20
1.4.6 Свердло для кільцевого свердління	22
2 КОНСТРУЮВАННЯ КІЛЬЦЕВОГО СВЕРДЛА.....	26
2.1 Вихідні дані для проектування.....	26
2.1.1 Розміри головки кільцевого свердла.....	28
2.2 Вибір та розрахунок інструменту другого порядку.....	32
2.2.1 Розрахунок та конструювання фасонної фрези.....	32
2.2.2 Розрахунок та конструювання різьбового різця.....	35
3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....	38
3.1 Вибір типу виробництва.....	38
3.2 Вибір методу отримання заготовки.....	40
3.2.1 Проектування кованої заготовки.....	42
3.2.2 Проектування заготовки із прутка.....	43
3.2.3 Аналіз на технологічність.....	44

3.3 Маршрут обробки заготовки.....	48
3.3.1 Маршрут обробки поверхонь.....	55
3.4 Обґрунтування технологічних баз.....	60
3.5 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів.....	62
3.6 Розрахунок режимів різання.....	69
3.6.1 Розробка токарної операції 015.....	69
4 РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОГРАМИ.....	74
ВИСНОВОК.....	82
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	83

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

МОР - мастильно-охолоджувальна рідина

САПР – система автоматичного проектування

ЧПУ – числове програмне управління

МОП – маршрут обробки поверхонь

МОЗ – маршрут обробки заготовки

ЕОМ – електронно-обчислювальна машина

табл. – таблиця

рис. – рисунок

ВСТУП

Роль інструментального оснащення в умовах високоавтоматизованого гнучкого виробництва зросла так, що здатна визначати конструкцію та схему побудови окремих верстатів та систем (інструментальні магазини, їх запасні комплекти, маніпулятори для заміни інструментів, автоматичні інструментальні склади та транспортери, системи компенсації зносу інструментів тощо). В останні роки конструкції інструментів зазнали принципових змін.

Глибоке свердління займає особливе місце серед операцій, які застосовуються при обробці деталей, що мають більшу відносну довжину. Специфічність цієї операції полягає як у тому, що інструмент повинен прокладати собі шлях у суцільному матеріалі, не маючи заздалегідь підготовленої опори та жорсткого напрямку, так і в тому, що від якості проведення свердління суттєво залежить структура наступного технологічного процесу. Типовим для глибокого свердління також є неможливість безпосереднього спостереження за перебігом процесу та труднощі виконання цієї операції на універсальному устаткуванні без його ґрунтовної підготовки.

Використання підведення МОР під високим тиском безпосередньо в зону різання та використання МОР для зворотного транспортування стружки дозволяє підвищити ефективність механообробки (особливо внутрішніх поверхонь).

Розробка різних модульних систем інструментів, що представляють органічне поєднання груп різальних і допоміжних інструментів, дозволяє підвищити універсальність інструментів автоматичного виробництва, по можливості скоротити кількість елементів у наборі та охопити якомога ширше коло технологічних завдань, а також скоротити масу частин інструментів, що замінюються.

Метою дипломного проекту є розробка різцевої головки шляхом вирішення наступних завдань: призначення та застосування, опис інструменту, що проектується; хімічний склад та властивості матеріалу; вибір заготовки;

проектування технології виготовлення; аналіз деталі на технологічність; розробка маршруту обробки основних поверхонь; обґрунтування технологічних баз; складання маршруту обробки заготовки; призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів; проектування механічних операцій техпроцесу; режими різання; розрахунок та конструювання ріжучого інструменту.

1 АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОБРОБКИ ГЛИБОКИХ ОТВОРІВ

1.1 Поняття процесу глибокого свердління

У всіх галузях машинно- та приладобудування застосовуються деталі, що мають глибокі отвори. Найчастіше деталі з глибокими отворами зустрічаються в суднобудуванні, авіабудуванні, нафтовому та хімічному машинобудуванні, приладобудуванні, тощо.

Поділяють отвори на глибокі і «неглибокі», і як чисельну межу між ними приймають співвідношення:

$$L/D_0=8...10, \quad (1.1)$$

де L - довжина отвору,

D_0 – діаметр отвору.

Так нормальним інструментом і звичайними способами можна обробити отвори зі співвідношенням $L/D_0 < 8...10$, а для оброблення глибших отворів доводиться застосовувати спеціальне обладнання та інструмент і особливі способи обробки. У зв'язку з цим отвори із співвідношенням $L/D_0 > 8...10$ прийнято називати глибокими отворами.

Деталі з глибокими отворами зустрічаються найрізноманітнішої форми. Виробляються вони різними методами, з різною точністю та чистотою обробки, з різних матеріалів та мають великий діапазон діаметрів та довжин.

Більшість металевих та неметалевих деталей, що мають глибокі отвори, виготовляються без застосування глибокого свердління. Найчастіше глибокі отвори виконуються металургійними методами: методами лиття, гнуттям або завивкою листового матеріалу з подальшим зварюванням у труби, різними методами прокатки, волочіння та ін.

На відміну від свердління, багато з зазначених методів не вимагають відносного обертання заготовки та інструменту, а тому дозволяють досить просто отримувати циліндричні отвори не тільки круглого перерізу, але і інших профілів.

Застосування свердління замість інших згаданих вище методів утворення глибоких отворів проводиться або тоді, коли воно є найбільш продуктивним, або тоді, коли свердління забезпечує найповніші вимоги до точності або чистоти обробки. У ряді випадків глибоке свердління, особливо швидкісне, перевершує за продуктивністю та якістю виконання операцій усі інші існуючі технологічні процеси.

1.2 Дефекти деталей при глибокому свердлінні

Найрозповсюдженішими дефектами при глибокому свердлінні отворів є:

- відхилення осі отвору на торцях заготовки;
- кривизна осі отвору в перерізах заготовки;
- різностінність заготовки в перерізі;
- уступи отворів на стику в разі двостороннього свердління;
- злам осі просвердленого з двох боків отвору;
- еліптичність (некруглість) отворів.

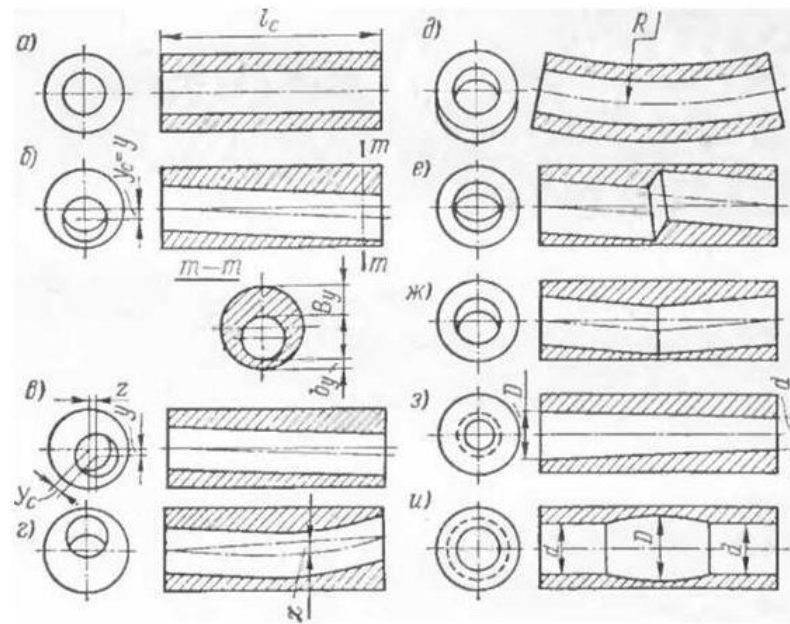


Рисунок 1.1 – Дефекти отвору

Перераховані дефекти, одержувані під час глибокого свердління, крім еліптичності, пов'язані з відведенням свердла від потрібного напрямку. Під відведенням осі отвору в перерізі або на торцях заготовки після свердління розуміється відхилення осі отриманого отвору від осі отвору, наміченого кресленням.

Виправлення кривизни отвору під час глибокого свердління здійснюють або пресом, або розточуванням на всю глибину отвору.

Виправлення різностінності при глибокому свердлінні, отриманої від відведення свердла, здійснюють зовнішнім обточуванням заготовки. Центрування заготовки при цьому проводиться від отвору.

Виправлення кривизни осі отвору слід проводити правкою заготовки або розточуванням отвору, якщо дозволяє припуск.

Якщо відведення при двосторонньому свердлінні розвивається відносно заготовки в одному напрямку, то відбудеться злам осі отвору, якщо в протилежному напрямку - то вийде уступ.

Обидва ці дефекти при глибокому свердлінні можуть бути усунені тільки розточуванням. У низці випадків - багаторазовим, що вимагає збільшеного припуску.

Еліптичність отворів виникає в результаті явища «копіювання» під час розточування отворів з нерівномірним припуском. Усунути еліптичність можна, якщо дозволяє припуск, чистовим або чорновим розточуванням. Іноді еліптичність усувають протягуванням.

Дефекти огранювання, що є наслідком вібрацій внаслідок коливань свердла.

Конусність отворів під час свердління виникає через підвищене зношування базових напрямних свердел, або їхніх калібрувальних кромок. Тому в разі виникнення конусності слід особливу увагу звертати на матеріал ріжучих і напрямних елементів свердел, а також на МОР. Помічено, що інструменти із зовнішнім відведенням стружки схильні утворювати більшу конусність, ніж інструменти з внутрішнім відведенням стружки.

Бочкоподібність отворів виникає тільки тоді, коли свердло втрачає опору в отворі та швидко виходить з ладу.

Досліди з літературних джерел показали, що середнє відхилення осі отворів під час свердління однокромковими свердлами становить 1,5 мм, тоді як середнє відхилення під час свердління двокромковими свердлами дорівнює 4,5 мм, тобто було втричі вище, ніж в однокромкових свердел.

Досліди проводились зі свердлами, що охоплюють практично всі можливі комбінації свердел: від свердл з абсолютною визначеністю базування (однокромкові свердла) до свердл без визначеності базування (двокромкові свердла, які працюють методами розподілу подачі).

Швидкість різання, не є причиною відхилення свердла, однак цей фактор може зменшити поперечну різнооброблюваність і цим помітно скоротити відхилення.

При свердлінні з обертанням заготовки кут між віссю обертання заготовки і віссю свердла чинить певний вплив на відхилення, але значно менший, ніж при нерухомій заготовці. Ця розбіжність легко коригується під час свердління обертової заготовки.

Отже, можна зробити висновок, що для зменшення відхилення свердла при обробці глибоких отворів необхідно забезпечити наступні умови:

- працювати на високих швидкостях різання;
- застосовувати як матеріали заготовок якомога більш високолеговані сталі;
- ретельно проводити операції термообробки заготовок перед свердлінням, не допускаючи великої поперечної різнооброблюваності;
- проводити свердління по можливості з обертанням заготовок;
- застосовувати більш жорсткі свердла;
- у разі зовнішньої обробки перед свердлінням заготовок типу тіл обертання забезпечувати по можливості знімання рівномірного припуску;
- точно центрувати заготовки.

1.3 Вплив МОР при глибокому свердлінні

Мастильно-охолоджувальні рідини (МОР) - це складні багатокомпонентні системи, призначені для змащування та охолодження металообробних інструментів і деталей, що сприяє зниженню зносу інструментів і підвищенню точності оброблених деталей.

Вплив МОР при глибокому свердлінні полягає в наступних функціях:

- відводить стружку із зони різання і транспортує її відвідними каналами;
- зменшує сили різання і тертя між напрямними елементами і поверхнею отвору;
- відводить тепло, що утворюється в процесі різання і тертя.

Відведення стружки надійно забезпечується в тому разі, коли потік МОР матиме таку мінімально необхідну швидкість, за якої кінематична енергія потоку буде достатня для надання стружці можливості рухатись уздовж відвідних

каналів. Успішному відведенню стружки і продуктів зношування інструменту сприяють хороші мийні властивості МОР (тобто здатність її змочувати частинки стружки і частинки зносу, перешкоджати злипанню та приварюванню їх до поверхні інструменту і оброблюваної заготовки).

Розрізняють три способи відведення стружки під час свердління (рис 1.2):

- внутрішнє відведення стружки за допомогою ежектора;
- зовнішнє підведення МОР і внутрішнє відведення стружки;
- внутрішнє підведення МОР і зовнішнє відведення стружки.



а) ежекторна система; б) зовнішнє підведення МОР і внутрішнє відведення стружки; в) внутрішнє підведення МОР і зовнішнє відведення стружки

Рисунок 1.2 – Способи відведення стружки при глибокому свердлінні

Кожна з цих систем має свою сферу застосування. Так, наприклад, ежекторне свердління застосовується найчастіше, оскільки легко вбудовується в обладнання. Під час свердління отворів у деталях із нержавіючої сталі або низьколегованої сталі застосовується система із зовнішнім підведенням МОР. Також тільки ця система рекомендується при свердлінні отворів понад 200 мм. Третій спосіб застосовується для отворів малого діаметра до 40 мм за максимальної довжини отвору, що дорівнює 50-ти діаметрам.

Зменшення сил різання і тертя досягається за рахунок використання змащувальних властивостей МОР, а також властивостей, що сприяють різанню. Ці властивості створюються за рахунок додавання в МОР відповідних присадок і поверхнево-активних речовин. Кожна з присадок сприяє виникненню своєї

плівки, яка утворюється і зберігається за цілком певних умов, що є результатом сукупного впливу низки чинників, причому кожна з присадок у присутності іншої діє активніше.

Відведення тепла під час глибокого свердління (розточування) за допомогою МОР вирішується побічно, поряд з головним призначенням МОР - відведенням стружки. Мають місце деякі труднощі, пов'язані з циркуляцією великої кількості МОР в одиницю часу, що призводить до її нагрівання. І відведення тепла здійснюється переважно шляхом конвекційного теплообміну між нагрітими поверхнями заготовки та інструменту і потоком МОР. Інтенсивність відведення тепла значною мірою залежить від теплопровідності МОР, її витрати і швидкості переміщення, різниці температур охолоджуваних поверхонь і потоку МОР. Для підтримання оптимальної температури МОР верстати для глибокого свердління і розточування слід забезпечувати теплообмінниками.

В таблиці 1.1 наведено рекомендації, щодо вибору МОР в залежності від матеріалу деталі що оброблюється.

Таблиця 1.1 – Рекомендації щодо вибору МОР, залежно від матеріалу деталі.

Матеріал деталі	МОР
1	2
Нержавіюча сталь та жароміцні сплави	Суміш: олеїнова кислота (20%), сульфифрезол (80%). Остній можна замінити на гас (30%) та осірнене масло (50%)
Алюміній та сплави на його основі	Гас, емульсія, змішані масла або без охолодження
Нікель	Емульсія

Кінець таблиці 1.1

1	2
Мідь	Емульсія, змішані масла або без охолодження
Латунь	Емульсія або без охолодження
Цинк	Емульсія
Бронза	Змішані масла або без охолодження
Литий чавун	Гас, емульсія або без охолодження
Ковкий чавун	Емульсія
Легована сталь	Змішані масла
Інструментальна сталь	Змішані масла
Конструкційна сталь	Суміш осіреного масла та гасу
Вуглецева сталь	Осірене масла, гас

На рисунку 1.2 представлені діаграми на яких вказано деякі параметри обробки які ми можемо досягти при глибокому свердлінні.

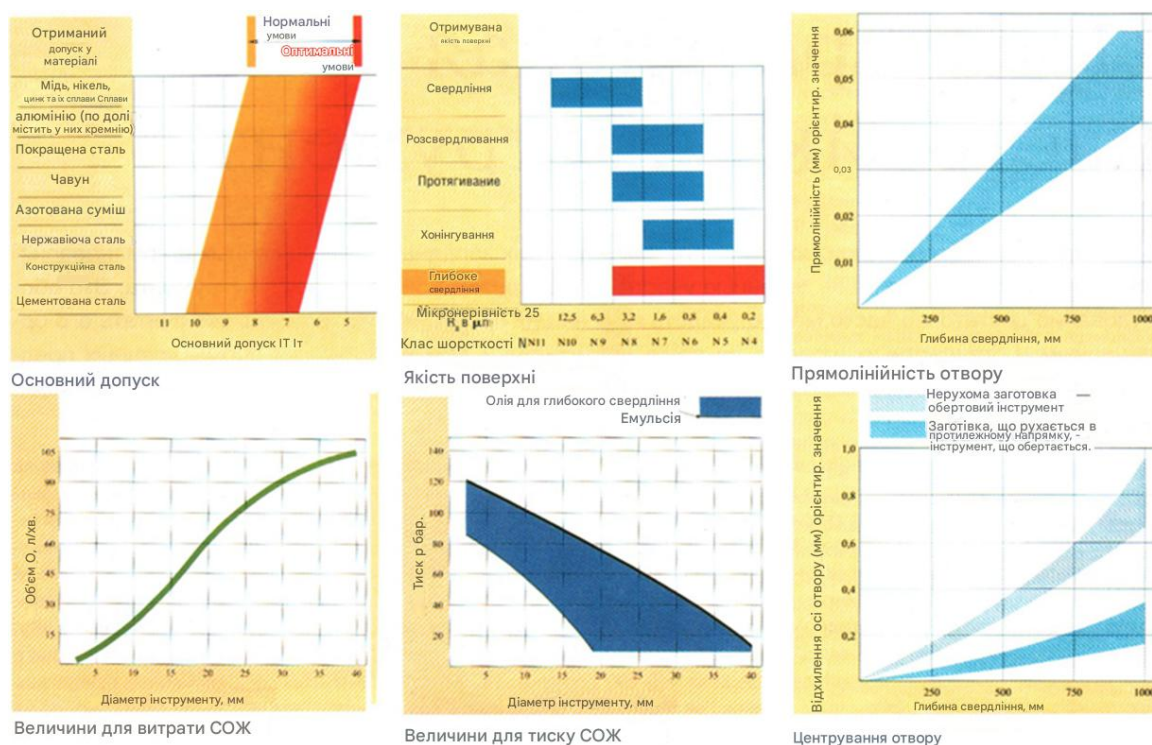


Рисунок 1.2 – Параметри глибокого свердління

1.4 Огляд конструкції інструментів для глибокого свердління

Свердло являє собою ріжучий інструмент для обробки отворів у суцільному матеріалі або для розсвердлювання отворів під час двох рухів, які відбуваються одночасно: обертання свердла навколо його осі та поступального руху подачі уздовж осі інструмента.

У промисловості застосовуються такі основні типи свердел: спіральні, перові, гарматні, рушничні, для кільцевого свердління, спеціальні. Свердла виготовляють зі швидкорізальної сталі марок P18, P12, P9, P6M3, P9K5 тощо.

1.4.1 Спіральне свердло

Найпоширенішим методом звичайного (неглибокого) свердління є свердління так званими спіральними свердлами. Однак цей метод успішно застосовується тільки при глибині свердління, що дорівнює не більше 3 - 5 діаметрам свердла.

Спіральні свердла складаються з таких основних частин: ріжучої, прямої або калібрувальної, хвостовика і сполучної. Ріжуча і пряма частини в сукупності складають робочу частину свердла, забезпечену двома гвинтовими канавками.

Ріжуча частина спірального свердла складається з двох зубів, які в процесі свердління своїми ріжучими краями врізаються в матеріал заготовки і зрізають його у вигляді стружки. Це основна частина свердла. Умови роботи свердла визначаються головним чином конструкцією ріжучої частини свердла.

Пряма частина свердла необхідна для створення напрямку під час роботи інструмента. Тому вона має дві прямі гвинтові стрічки, які під час свердління стикаються з робочою поверхнею прямої втулки і зі стінками

обробленого отвору. Напрямна частина має допоміжні ріжучі кромки - кромки стрічки, які беруть участь в оформленні (калібруванні) поверхні обробленого отвору. Крім цього прямна частина свердла служить запасом для переточування інструменту. Вона забезпечує також видалення стружки із зони різання.

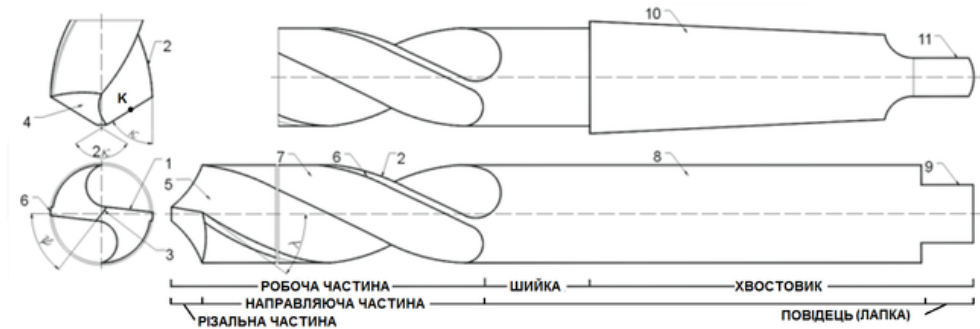


Рисунок 1.4 – Конструкція спірального свердла

Хвостовик служить для закріплення свердла на верстаті. Він за допомогою циліндричної шийки з'єднується з робочою частиною свердла. Найчастіше робоча частина свердла виготовляється зі швидкорізальної сталі, а хвостовик зі сталі 45. Робоча частина і хвостовик з'єднуються зварюванням. У промисловості використовуються також твердосплавні свердла. Ріжуча частина цих свердел оснащується пластинками твердого сплаву або твердосплавними коронками. У твердосплавних свердел малого діаметра повністю вся робоча частина може виготовлятися з твердого сплаву.

1.4.2 Гарматне свердло

Багато деталей мають отвори, довжина яких перевищує діаметр свердла в 5-10 разів. Свердління таких отворів пов'язане з великими труднощами, спричиненими скрутними умовами відведення стружки і підведення мастильно-охолоджувальної рідини в зону різання, необхідністю забезпечення більш точного

напрямку свердла під час роботи тощо. Виконання цих вимог до глибокого свердління забезпечується застосуванням спеціальних свердел. До них належать так звані гарматні свердла.

Робоча частина гарматного свердла являє собою напівкруглий стрижень, плоска поверхня якого є передньою поверхнею. На торці стрижня створюється ріжуча кромка, перпендикулярна осі свердла. Задня торцева площина свердла заточується під кутом $\alpha = 10...20^\circ$.

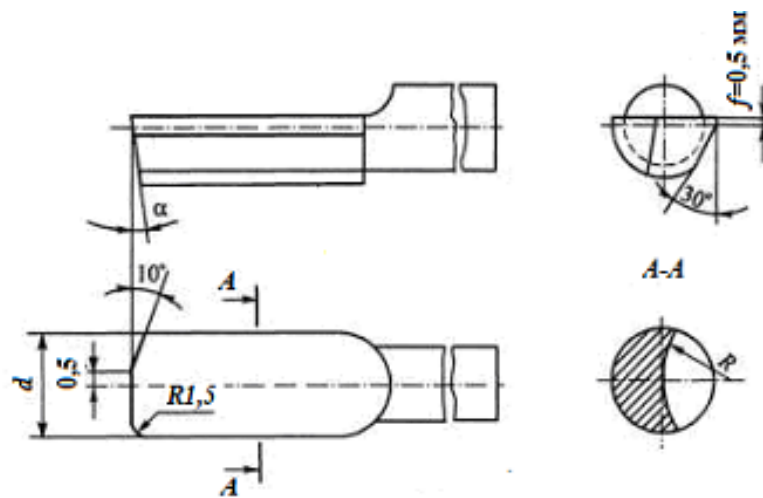


Рисунок 1.5 - Гарматне свердло

Для кращого спрямування свердло має циліндричну опорну поверхню, на якій зрізаються лиски під кутом $30-45^\circ$ і робиться зворотний конус порядку $0,03-0,05$ мм на 100 мм довжини робочої частини. У 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.

1.4.3 Рушничне свердло

Більш досконалими свердлами для глибокого свердління є рушничні свердла.

Вони мають робочу частину і стебло. Робоча частина являє собою трубку з поздовжнім прямолінійним пазом. Через отвір у трубку підводиться до ріжучої частини свердла МОР, яка виходить поздовжнім пазом назовні, захоплюючи при цьому і стружку.

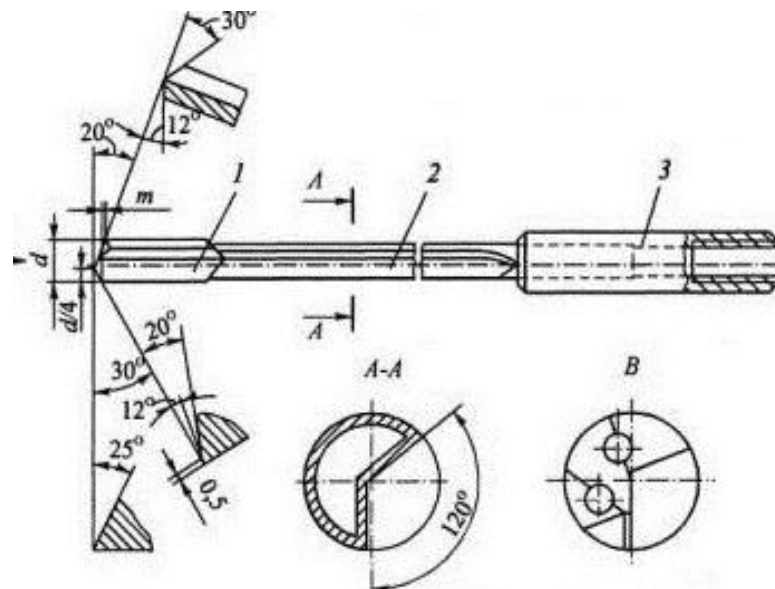


Рисунок 1.6 - Рушничне свердло

Для полегшення різання і кращого напрямку вершина свердла зміщена щодо його осі на 0,25 діаметра свердла. Свердло має одну ріжучу кромку, що складається із зовнішньої і внутрішньої частин. Кут у 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 робиться зворотна конусність розміром 0,1-0,3 мм на 100 мм довжини, а також знімаються лиски.

Такі свердла порівняно з гарматними свердлами мають кращий напрямок, поліпшене 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 ріжучу кромку, що знижує їхню продуктивність.

1.4.4 Багатокромкові свердла

Під час глибокого свердління отворів, діаметр яких понад 20 мм, застосовується свердло, що має чотири напрямні стрічки. Це сприяє кращому центруванню його в отворі. Для підведення МОР в стеблі свердла передбачено отвір, який з'єднується з низкою дрібних отворів, що розподіляють рідину по ріжучих кромках. На головних ріжучих кромках робляться стружкороздільні канавки, які сприяють роздробленню стружки і кращому вимиванню її охолоджувальною рідиною.

Глибоке свердління отворів порівняно малого діаметру проводиться подовженими спіральними свердлами. Найбільш вдалим є спіральні свердла з отворами для подачі охолоджувальної рідини під тиском у зону різання, що сприяє поліпшенню відведення стружки і підвищенню стійкості інструменту. Однак під час свердління на глибину, що дорівнює восьми діаметрам і більше, стабільне відведення стружки цими свердлами не забезпечується.

1.4.5 Шнекові свердла

Щоб забезпечити видалення великої кількості стружки з оброблюваного отвору, обробку проводять з періодичними виводами свердла. Цей процес характеризується малою продуктивністю через значну витрату часу на періодичні

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

Під час глибокого свердління виявляється важко одночасно забезпечити надійне відведення стружки із зони різання і створити на ріжучій частині свердла необхідні величини геометричних параметрів. Тому використовується конструкція свердла для глибокого свердління, у якій форма гвинтової канавки визначається виходячи з умови забезпечення нормального відведення стружки, а необхідні геометричні параметри ріжучої частини створюються заточуванням передніх і задніх поверхонь.

Прикладом подібної конструкції можуть слугувати шнекові свердла для обробки отворів глибиною до 30-40 діаметрів у чавуні.

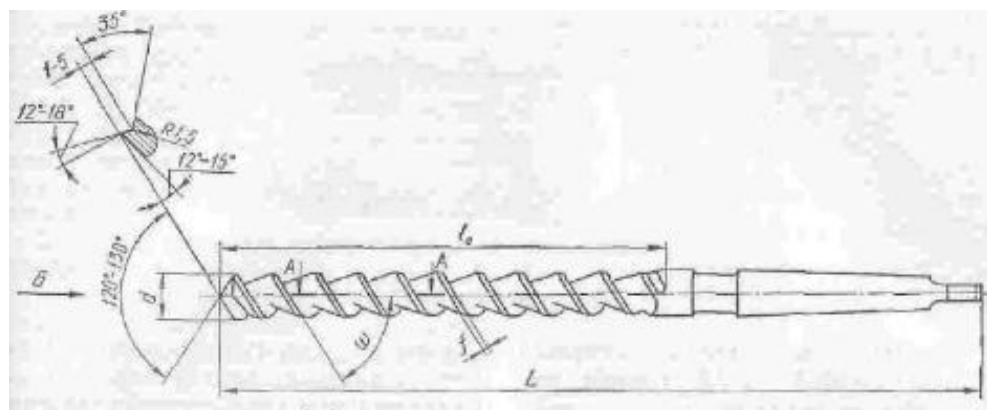


Рисунок 1.7 - Шнекове свердло

На відміну від стандартних свердла шнекові мають більший кут нахилу гвинтових канавок $\omega = 60^\circ$ і збільшену товщину серцевини, що дорівнює 0,3-0,35 діаметра свердла. Діаметр серцевини не змінюється по довжині свердла, тоді як у стандартних свердел він збільшується під час переміщення від ріжучої частини до хвостовика. Стружкові канавки шнекового свердла мають в осьовому перерізі прямолінійний трикутний профіль, що має заокруглення в западині. Причому твірна робочої сторони канавки йде перпендикулярно осі свердла. Канавка свердла плавно переходить у спинку зуба, що йде 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 і їхній відповідний профіль забезпечують під час глибокого свердління надійне видалення стружки із зони різання без виводів свердла з отвору.

Необхідні величини геометричних параметрів на ріжучій частині шнекового свердла створюються підточуванням передньої поверхні і заточуванням задньої поверхні по площинах. Під час обробки чавуну геометричні параметри приймають рівними: статичний передній кут $12-18^\circ$, задній кут $12-15^\circ$ кут при вершині свердла $2\phi - 120-130^\circ$.

Під час обробки сталі передній і задній кути беруться в межах $12-15^\circ$, а кут при вершині 90° . Глибоке свердління високоміцної сталі типу 1X18H9T здійснюють шнековими свердлами, що мають кут нахилу гвинтової канавки $\omega = 35^\circ$, кут при вершині свердла $2\phi = 120^\circ$, задній кут $8-10^\circ$, передній кут $12-15^\circ$.

1.4.6 Свердло для кільцевого свердління

Під час обробки глибоких отворів порівняно великих діаметрів застосовуються свердла для кільцевого свердління. Кільцеве свердло являє собою порожнистий циліндр, на торці якого закріплені ріжучі зуби, кількість яких коливається від трьох до дванадцяти.

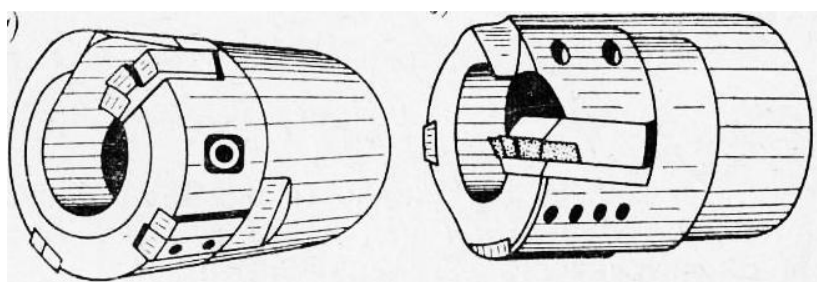


Рисунок 1.8 – Кільцеве свердло

На зовнішній поверхні кільцевого свердла прорізані стружкові канавки, що розширюються до неробочого торця для полегшення видалення стружки.

Під час проектування кільцевих свердел можна застосовувати різні схеми різання:

- схему різання, що забезпечує ділення ширини різання;
- схему, що забезпечує ділення подачі;
- комбіновану схему.

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

Схема поділу подачі забезпечує зрізання повної ширини різання кожним зубом інструменту. Завдяки цьому значно збільшується подача на оберт інструменту загалом, яка дорівнює добутку подачі на зуб на число зубів. Однак умови роботи інструменту, сконструйованого за схемою поділу подачі, мають недоліки, оскільки за повної ширини різання стружка своїми торцями стикається з бічними поверхнями отвору, що ускладнює її відведення. Тому найчастіше використовують комбіновану схему різання, коли відбувається поділ і ширини різання, і подачі між окремими зубами.

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

Для глибокого кільцевого свердління рекомендуються такі розміри викружок: радіус викружки береться в межах $(20...25)S_z$ висота $(12...16)S_z$, і довжина $(22...28)S_z$, де S_z - величина подачі на зуб.

Надійним методом дроблення стружки є кінематичний, коли обробка ведеться з примусовими вібраціями і забезпечується переривчасте різання, що

виявляється особливо ефективним при кільцевому свердлінні легованих сталей та інших матеріалів.

Величини задніх кутів на ріжучих кромках обирають невеликі, близько 3-5°, оскільки великі задні кути дають неплавне різання на початку роботи інструменту. У міру затуплення інструменту вібрації поступово припиняються.

Застосування кільцевих свердел забезпечує порівняно із суцільним свердлінням значне підвищення продуктивності праці.

Огляд джерел показав, що використання кільцевого свердління для обробки глибоких отворів у діапазоні діаметрів від 32,5 до 86 мм, підвищило продуктивність свердління у 2-8 разів. Також такий метод призводить до виключення необхідності таких операцій, як розсвердлювання на великі діаметри. Поєднання кільцевого свердління зі швидкісним розточуванням за допомогою комбінованої головки дозволяє отримувати точний циліндричний глибокий отвір в термічно обробленій заготовці всього за два проходи.

Порівняння ефективності застосування кожного виду інструменту при глибокому свердлінні наведено у таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Порівняння ефективності інструментів

Характеристика	Гарматне свердло	Рушничне свердло	Багатокромкове свердло	Шнекове свердло	Свердло для кільцевого свердління
Квалітет точності деталі	7...9	6...8	7...9	9...11	8...10
Шорсткість поверхні, Ra	0,4-3,2	0,2...0,8	0,4...1,6	0,8...3,2	1,6...3,2
Відхилення від округлості, мм	0,01...0,05	0,01...0,03	0,01...0,05	0,05...0,1	0,02...0,1
Прямолінійність, мм	0,05...0,1	до 0,05	до 0,05	до 0,1	до 0,1

Кінець таблиці 1.2

Швидкість різання, м/хв	60...120	50...100	60...120	10...80	50...100 для сталі, 80...150 для алюмінієвих сплавів, 20...60 для нержавіючих сталей і титану
Подача, мм/об	0,02...0,2	0,02...0,15	0,03...0,2	0,05...0,3	0,05...0,2мм/зуб
Співвідношення діаметру до довжини отвору	1:100	1:50	1:20	1:15	1:50

2 КОНСТРУЮВАННЯ КІЛЬЦЕВОГО СВЕРДЛА

2.1 Вихідні дані для проектування

Вихідними даними при проектуванні інструменту для кільцевого свердління є:

$D_{\text{св}} = 46\text{мм}$ - діаметр глибокого отвору;

$L_{\text{св}} = 2\text{м}$ - довжина отвору або глибина свердління.

Матеріал заготовки та його фізико-механічні властивості:

Інструмент для кільцевого свердління заготовки виготовляється з вуглецевої якісної сталі 50, механічні, фізичні властивості та хімічний склад даної сталі відповідає ГОСТ 1050-88 та представлений у таблицях 2.1 та 2.2

Таблиця 2.1 – Механічні властивості

Опір розриву	$\sigma_{\text{в}}$, МПа	630
Відносне подовження	%	14
Відносне звуження	%	40

Таблиця 2.2 – Фізичні властивості

ϵ (град)	$E \cdot 10^{-5}$ (МПа)	$\alpha \cdot 10^6$ (1/град)	λ (Вт/(м·град))	ρ (кг/м ³)	C (Дж/(кг·град))
20	2,16		48	7810	
100	2,13	11,2	48		487
200	2,07	12	47		500
300	2	12,8	44		517
400	1,8	13,4	41		533
500	1,71	13,9	38		559
600	1,54	14,2	35		584
700	1,36	14,5	31		
800	1,23	13,4	27		

T - температура, при якій отримані дані властивостей, [Град]

E - модуль пружності першого роду, [МПа]

α - коефіцієнт температурного розширення [1/град]

λ - коефіцієнт теплопровідності [Вт/(м·град)]

ρ - Щільність сталі [кг/м³]

C - питома теплоємність сталі [Дж/(кг·град)]

Вибір твердосплавної пластини проводиться за ГОСТ 25409-90, а її характеристики наведені в таблиці 2.3.

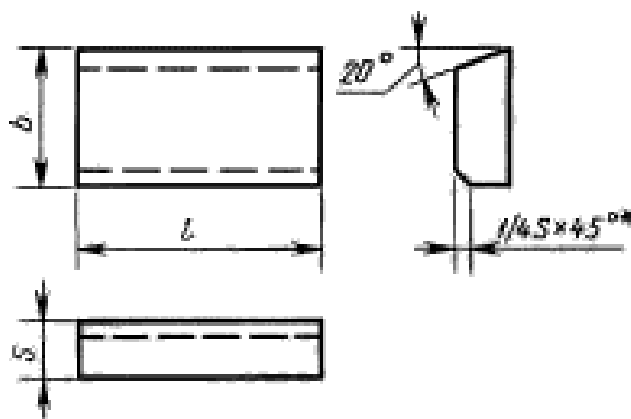


Рисунок 2.1 – Геометричні параметри пластинки

Таблиця 2.3 – Параметри пластини

Пластина за ГОСТ 25409-90	24770
Довжина	$l = 12$ мм
Ширина	$b = 7$ мм
Товщина	$s = 3$ мм
Марка сплаву	ВК8
Орієнтовна маса пластини	3,36г

2.1.1 Розміри головки кільцевого свердла

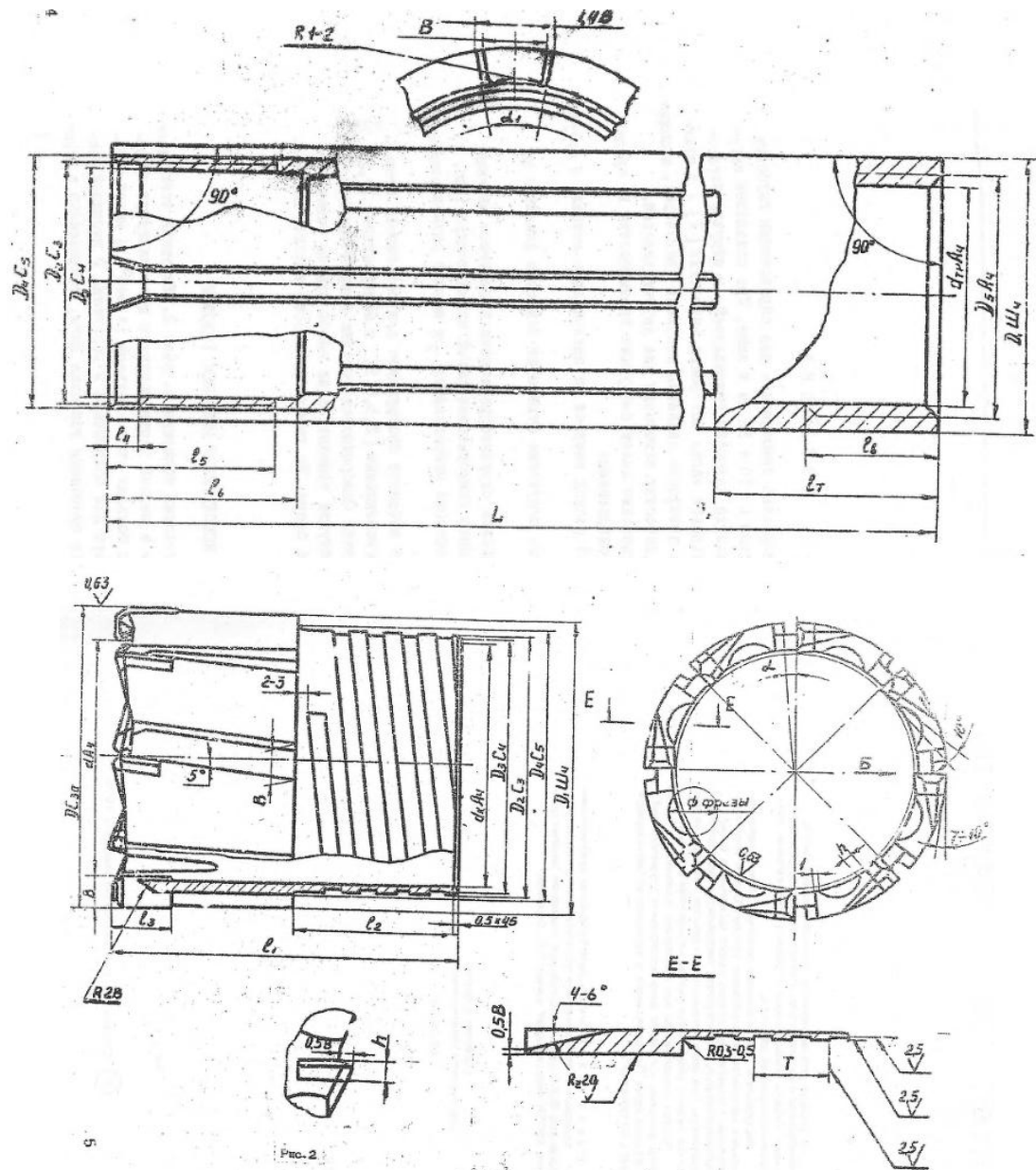


Рисунок 2.2 – Розрахункові розміри головки кільцевого свердла

Ширина різy B визначається залежно від діаметра $D_{\text{св}}$ і довжини свердління

$L_{\text{св}}$:

$$B = (0,05 \cdot D_{\text{св}} + 3) \cdot \alpha_{\text{св}}^{0,15} \quad (2.1)$$

$$B = (0,05 \cdot 46 + 3) \cdot 1,11 = 5,88 \text{ мм}$$

У [1] табл. 1 представлений множник $\alpha_{\text{св}}^{0,15}$ залежно від довжини свердління.

Зовнішній діаметр головки $D_{\text{с3а}}$ призначається залежно від технологічного допуску на діаметр отвору. Для забезпечення номінального розміру діаметра свердління інструментом, що гранично зносився, використовується $\approx \frac{1}{3}$ частина допуску Δ .

$$D_{\text{с3а}} = D_{\text{св}} + \frac{1}{3} \Delta \quad (2.2)$$

$$D_{\text{с3а}} = 46 + 0,2 = 46,2_{-0,1} \text{ мм}$$

Внутрішній діаметр по зубцях або діаметр центрального отвору:

$$D_{\text{ст}A_4} = D_{\text{с3а}} - 2B \quad (2.3)$$

$$D_{\text{ст}A_4} = 46,2 - 2 \cdot 5,88 = 34,5^{0,17} \text{ мм}$$

Діаметр головки D_1 призначають за широкоходовою посадкою 4-го класу від $D_{\text{св}}$, тобто $D_1 \text{Ш}_1$

Діаметр напрямної головки та зовнішній діаметр корпусу свердла: $D_1 \text{Ш}_1 = 45,66_{-0,17} \text{ (мм)}$

Розмір по дну канавок головки та корпусу:

$$D_4 C_5 = D_{\text{св}} - B \quad (2.4)$$

$$D_4 C_5 = 46 - 5,88 = 40,12 \approx 40,0_{-0,34} \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр кріплення:

$$D_2C_5 = D_4C_5 - (0,5 \div 1) \quad (2.5)$$

$$D_2C_5 = 40 - 1 = 39_{-0,05\text{мм}}$$

Внутрішній діаметр головки:

$$d_{\text{к}}A_4 = d_{\text{ст}} + 0,3B \quad (2.6)$$

$$d_{\text{к}}A_4 = 34,5 + 0,3 \cdot 5,88 = 36,5^{0,17}\text{мм}$$

Крок різьби T вибирається таким, щоб забезпечити кут нахилу нитки t в межах від $4^{\circ}30'$ до 6°

$$T = \pi \cdot D_2C_3 \cdot \text{tg}t \quad (2.7)$$

$$T = 3,14 \cdot 39 \cdot \text{tg}6^{\circ} = 12\text{мм}$$

Для забезпечення збігу канавок на головці з канавками на корпусі свердла число заходів різьби вибирають кратним числу зубів головки: $\alpha = 2$.

Довжина різьбової частини:

$$l_2 = (0.65 \div 0.35) \cdot D_{\text{св}} \quad (2.8)$$

$$l_2 = 0.65 \cdot 46 = 30\text{мм}$$

Довжина прямої частини:

$$l_{\text{н}} = (1 \div 0.5)D_{\text{св}} \quad (2.9)$$

$$l_{\text{н}} = 1 \cdot 40 = 40 \text{ мм}$$

Загальна довжина головки:

$$l_1 = l_H + l_2 \quad (2.10)$$

$$l_1 = 40 + 30 = 70 \text{ мм}$$

Канавки на зовнішньому діаметрі головки виконуються з розширенням, що забезпечує кращий схід стружки. Ширина канавок у зубів головки на торці – 0,8В = 4,5 мм і наприкінці – В = 6 мм.

Ширина канавок на корпусі – 6 мм.

Число зубів головки:

$$z_{max} = \frac{D_{CB}}{(0,05 \cdot D_{CB} + 3) \cdot \alpha_{CB}^{0,15}} - 1 \quad (2.11)$$

$$z_{max} = \frac{46}{(0,05 \cdot 46 + 3) \cdot 1,1} - 1 = 6,83$$

Вибираємо кількість зубів $z = 6$.

Корпус свердла

Внутрішній діаметр:

$$d_{тр}A_4 = d_{ст}A_4 + 2 \cdot 0,22В \quad (2.12)$$

$$d_{тр}A_4 = 34,5 + 2 \cdot 0,22 \cdot 5,88 = 37^{0,17} \text{ мм}$$

Довжина різьби для кріплення головки:

$$l_5 = l_2 + 10 \quad (2.13)$$

$$l_5 = 30 + 10 = 40 \text{ мм}$$

Довжина різьби кріплення корпусу: приймаємо $l_B = 30 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр різьби, для кріплення: $D_5A_4 = 39$ мм.

Крок однозахідної різьби:

$$T = \pi \cdot D_2C_3 \cdot \operatorname{tg} t \quad (2.14)$$

$$T = 3,14 \cdot 39 \cdot \operatorname{tg} 4^\circ = 6 \text{ мм}$$

Загальна довжина корпусу свердла:

$$L = L_{\text{св}} + L_{\text{пр}} = 2509 \text{ мм} \quad (2.15)$$

Інші конструктивні елементи корпусу свердла ($D_1, Ш_4, D_2C_3, D_3C_4, D_4C_5$) подібні до того, що і у головки кільцевого свердла.

Розміри l_4 та l_6 призначають з конструктивних міркувань, залежно від відповідних розмірів головки інструменту.

2.2 Вибір та розрахунок інструменту другого порядку

2.2.1 Розрахунок та конструювання фасонної фрези

Фреза - лезовий інструмент для обробки з обертальним головним рухом різання без можливості зміни радіусу траєкторії цього руху і хоча б з одним рухом подачі, який не збігається з віссю обертання.

Необхідно спроектувати фрезу для нарізання поздовжніх стружкових канавок кільцевого свердла на операції 50. Так як у процесі роботи фреза буде встановлена у вертикальному шпинделі верстата, приймаємо спосіб кріплення фрези за допомогою хвостовика з конусом Морзе №3. При цьому з метою економії інструментального матеріалу хвостова частина фрези буде виготовлена

зі сталі 40Х і приварена до робочої частини методом контактним стиковим зварюванням оплавленням.

Матеріалом робочої частини фрези призначаємо швидкорізальну сталь Р6М5К5 (теплостійкість 620°С, твердість 62...65 HRC, у загартованому стані мають порівняно високу міцність, межа міцності на вигин 3200Мпа). Сталь Р6М5К5 близька за ріжучими властивостями до сталі Р18, але має підвищену схильність до знеуглецювання при нагріванні. Значно дешевше сталі Р18. Р6М5К5 – широкоуніверсальна інструментальна сталь, що застосовується для виготовлення фрез, довбаків, протяжок, мітчиків, шеверів та іншого інструменту.

Розрахунок конструктивних параметрів провадиться в наступній послідовності.

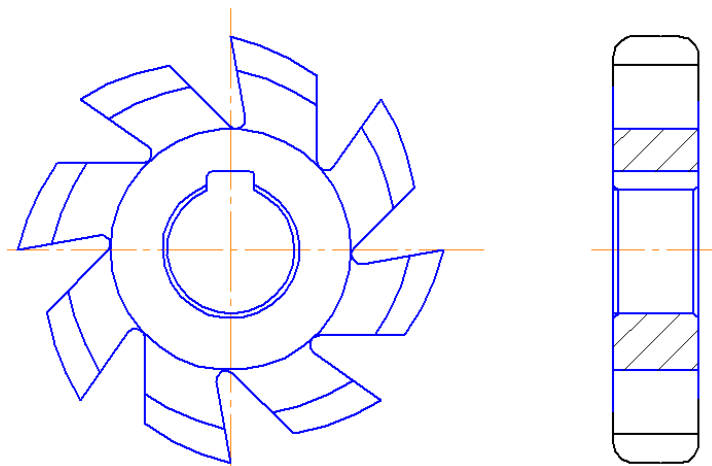


Рисунок 2.3 - Ескіз фасонної фрези

Висота зуба фрези:

$$H=h_1+K_1+r \quad (2.16)$$

де h_1 - висота профілю зуба фрези, мм;

$$h_1 = h + (1 \div 3) \quad (2.17)$$

де h - глибина оброблюваної канавки деталі, мм;

$$h_1 = 5 + 2 = 7 \text{ мм};$$

де K_1 – величина затилування, мм;

r – радіус западини між зубами, мм;

$$H = 7 + 3 + 1 = 11 \text{ мм};$$

$$D = 30 + 2 \cdot 11 = 52 \text{ мм}$$

Приймаємо $D=52$ мм.

Приймаємо ширину фрези = 6 мм.

Кількість зубів:

$$Z = \frac{\pi \cdot D}{A \cdot h} \quad (2.18)$$

A – коефіцієнт, що дорівнює 1,8 – 2,5 для чорнових фрез, 1,3 – 1,8 для чистових. Отриманий результат округлюють до цілого числа. Число зубів доцільно вибирати парним.

$$Z = \frac{3,14 \cdot 52}{2 \cdot 9} = 8,3$$

Приймаємо $Z = 8$.

Кут, що відповідає кроку зубів:

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ \quad (2.19)$$

Призначаємо наступні геометричні параметри ріжучої частини:

Передній кут $\gamma=10^\circ$. Передній кут впливає на умови утворення стружки, силу різання та міцність леза.

Задній кут приймаємо $\alpha=15^\circ$. Зі збільшенням кута знос зменшується, а стійкість підвищується, але при значному α зменшується кут загострення і відповідно міцність леза.

2.2.2 Розрахунок та конструювання різьбового різця

Для обробки сталі 50 як матеріал пластини для різця застосовуємо ВК-8. Так як вона має більш високу міцність, твердість тепло- і зносостійкість. Для економії інструментального матеріалу державку різця виготовляємо із сталі 40Х. Ріжуча частина приварюється до державки.

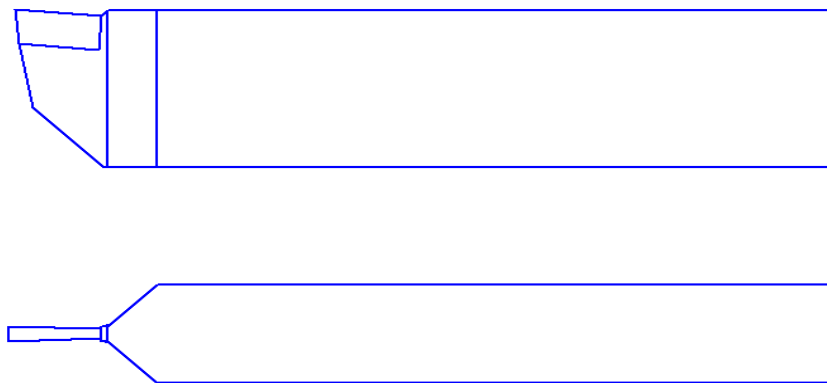


Рисунок 2.4 - Ескіз різьбового різця

Головна складова сили різання:

$$P_z = 9.81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot K_p \quad (2.20)$$

де C_p - коефіцієнт, що враховує розмірності величин, що входять у формулу;

t – глибина різання мм;

S_0 - Подача на оборот мм/об;

K_p – поправочний коефіцієнт;

X, Y - показники ступеня, що враховують вплив режимів різання на силу різання;

$$P_z = 9.81 \cdot 200 \cdot 1^1 \cdot 0,15^{0,75} \cdot 1 = 472,89 \text{ Н};$$

Приймаємо $P_z = 473 \text{ Н}$;

Корпус різця приймаємо прямокутного перерізу.

Ширина корпусу різця розраховується:

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{u.d.}}} \quad (2.21)$$

де l - виліт різця мм;

$\sigma_{u.d.}$ - допустиме напруження на вигин [МПа];

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 473 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 20 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 20 \text{ мм};$$

приймаємо $b = 16 \text{ мм}$.

Висота корпусу різця розраховується:

$$h = 1.6 \cdot b \quad (2.22)$$

$$h = 1.6 \cdot 20 = 32 \text{ мм}$$

приймаємо $h = 32 \text{ мм}$.

Перевіряємо міцність та жорсткість корпусу різця.

Максимальне навантаження, яке допускається міцністю різця

$$P_z = \frac{b^3 \cdot \sigma_{u.d.}}{l} \quad (2.23)$$

$$P_z = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (26 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 75 \cdot 10^{-3}} = 4807 \text{ Н};$$

Максимальне навантаження, яке допускається жорсткістю різця:

$$P_{zж} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot I}{l^3} \quad (2.24)$$

де f - допускається стріла прогину різця при чорновому точені [м];

E – модуль пружності матеріалу різця [Па];

I – момент інерції квадратного перерізу корпусу;

$$I = \frac{b \cdot h^3}{12} \quad (2.25)$$

$$I = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (26 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4;$$

$$P_{zж} = \frac{3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{(75 \cdot 10^{-3})^3} = 2844.4 \text{ Н};$$

Так як максимальні навантаження, що допускаються міцністю і жорсткістю різця більше сили різання, то можна зробити висновок, що різець має достатню міцність і жорсткість.

Конструктивні елементи різця.

Конструктивні елементи різця беремо за СТ РЕВ 190-75. Загальна довжина різця $L = 140$ мм.

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір типу виробництва

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним та масовим виробництвом. При серійному виробництві вироби виготовляють партіями, що складаються з однойменних, однотипних по конструкції і однакових за розмірами деталей, що запускаються у виробництво одночасно. Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком, як у обробці, і у збірці. Поняття "партія" відноситься до кількості деталей, а поняття "серія" - до кількості машин, що запускаються у виробництво одночасно. Кількість деталей у партії та кількість машин у серії можуть бути різними.

У серійному виробництві, залежно від кількості виробів у серії, їх характеристики та трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють: дрібносерійне, середньосерійне, великосерійне. Коефіцієнт закріплення операцій: $K_{zo} = 1 \dots 10$ - великосерійне виробництво; $K_{zo} = 10 \dots 20$ - середньосерійне виробництво; $K_{zo} = 20 \dots 40$ - дрібносерійне виробництво.

У серійному виробництві технологічний процес переважно диференційований, тобто. розчленований на окремі операції, які закріплені за певними верстатами. Технологічний процес докладно розробляється. Верстати застосовуються різноманітних видів: універсальні, спеціалізовані, спеціальні, агрегатні, автоматизовані.

Верстатний парк повинен бути спеціалізований такою мірою, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої, що трохи відрізняється від першої в конструктивному відношенні. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані та спеціальні пристрої, ріжучий інструмент та вимірювальний інструмент – у вигляді граничних (стандартних та спеціальних) калібрів та шаблонів, що забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготівля при серійному типі виробництва

конфігурації повинна наближатися до готової деталі, коефіцієнт використання матеріалу дорівнює 0,6-0,88. Кваліфікація робітників невисока.

Серійне виробництво значно економніше, ніж одиничне завдяки використанню обладнання, спеціалізації робітників, збільшення продуктивності праці. Усе це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво є найпоширенішим видом виробництва.

Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими, тимчасовими та матеріальними витратами, а це залежить від:

- грамотного вибору варіанта технологічного процесу;
- оснащення технологічного процесу;
- застосування спеціальних верстатів, напівавтоматів та автоматів;
- рівня механізації та автоматизації виробництва;
- Застосування оптимальних режимів різання.

Таблиця 3.1 - Таблиця попереднього визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблюваних деталей на рік, штук		
	Тяжкі, масою більше 100 г	Середні, масою 10-100 кг	Легкі, масою до 10 кг
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5 – 100	10 - 200	100 – 500
Середньосерійне	100 – 300	200 – 500	500 – 5000
Багатосерійне	300 – 1000	500 – 5000	5000 – 50000
Масове	Понад 1000	Більше 5000	Більше 50000

Річна програма випуску калібру 500 шт. Деталь належить до легких, так як її маса менша 10 кг. Отже, за таблицею 3.1, визнаємо, що це середньосерійне виробництво.

Кількість деталей у партії можна визначити за формулою:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi} = \frac{7 \cdot 500}{252} = 11,9 \approx 12 \text{ шт} \quad (3.1)$$

де a - Чисельність днів запасу деталей на проміжному складі (приймаємо $a = 5 \dots 10$);

Φ - число робочих днів на рік (252 днів).

Приймаємо партію деталей $n=12$ шт.

Для середньосерійного виробництва характерно використовувати універсальний та спеціальний різальний та вимірювальний інструменти.

Такт випуску продукції, хв/шт:

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi}{N} = \frac{60 \cdot 4015}{500} = 481,8 \text{ хв/шт} \quad (3.2)$$

де Φ – річний фонд часу робіт (для 2 – змінної роботи 4015 год);

N - Програма випуску.

Цей тип виробництва з коефіцієнта закріплення операцій – середньосерійний.

3.2 Вибір методу отримання заготовки

Заготовка – предмет праці, з якого шляхом механічної обробки, зміною розмірів, форми та властивостей одержують деталь відповідно до креслення.

Отримання заготовки – багатоваріантно. Завжди є кілька конкуруючих методів. Вибраний метод отримання заготовки повинен відповідати таким умовам:

- метод повинен забезпечувати такі властивості заготовки, при яких деталь після обробки виконуватиме всі свої службові функції відповідно до технічних вимог;

- метод має бути технічно реалізований;

- метод має бути економічно доцільний у конкретній виробничій ситуації.

Для оцінки економічної доцільності при порівнянні методів використовуються два критерії:

- технологічна собівартість отримання заготовки;

- коефіцієнт використання матеріалу заготовки КВМ.

Для отримання заготовки кільцевого свердла застосовують прокат, а також методи обробки матеріалів тиском. У таких заготовках мала зернистість, що збільшує механічні властивості матеріалу, а також менша ймовірність раковин та відсутність неметалевих включень у поверхневому шарі.

Порівняння різних способів отримання заготовок необхідне визначення економічно найвигіднішого методу отримання заготовок.

Тепер порівняємо два суміжні методи отримання заготовки:

- прокат;

- поковка.

Ескіз кованої заготовки представлений рисунку 3.2, ескіз заготовки з прокату представлений рисунку 3.3.

Для визначення коефіцієнта використання матеріалу потрібно знати масу деталі. Ескіз різцевої головки представлено на рисунку 3.1.

Матеріал: Сталь 50 ГОСТ 1050-88;

Щільність: $\rho = 0,007810 \text{ г/м}^3$;

Маса:

$$m_d = V_d \cdot \rho = 890541 \cdot 10^{-4} \cdot 7810 = 6,955 \approx 7 \text{ кг} \quad (3.3)$$

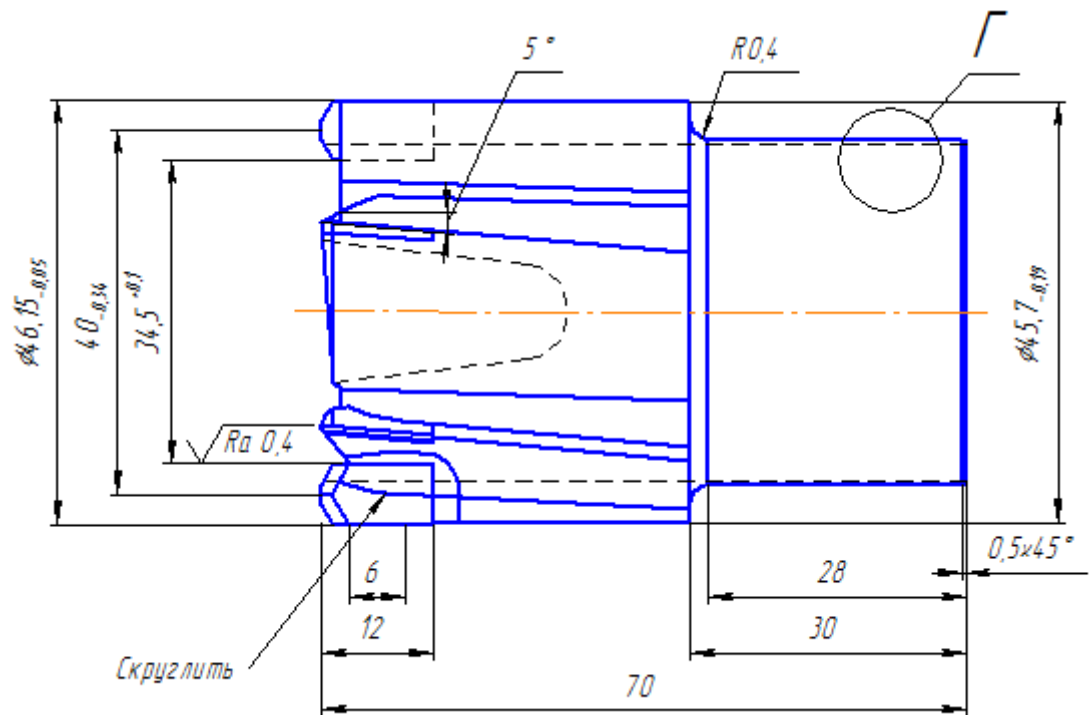


Рисунок 3.1 - Ескіз різцевої головки

3.2.1 Проектування кованої заготовки

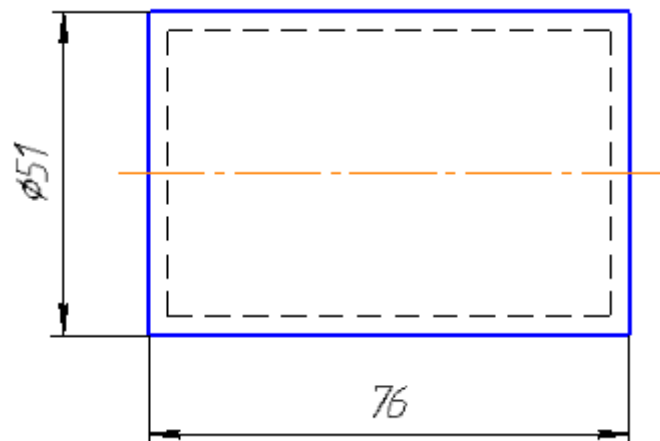


Рисунок 3.2 – Ескіз кованої заготовки

Визначаємо орієнтовну масу заготовки:

Орієнтовний об'єм заготовки визначаємо за допомогою методів САПР: $V_3 = 15524 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3$.

Матеріал: Сталь 50 ГОСТ 1050-88

Щільність: $\rho = 0,007810 \text{ г/м}^3$

Маса:

$$m_d = V_d \cdot \rho = 15524 \cdot 10^{-4} \cdot 7810 = 12.12 \text{ кг} \quad (3.4)$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{q}{Q} = \frac{7}{12.12} = 0.57 \quad (3.5)$$

де q - Маса деталі, кг;

Q – маса заготовки, кг.

3.2.2 Проектування заготовки із прутка

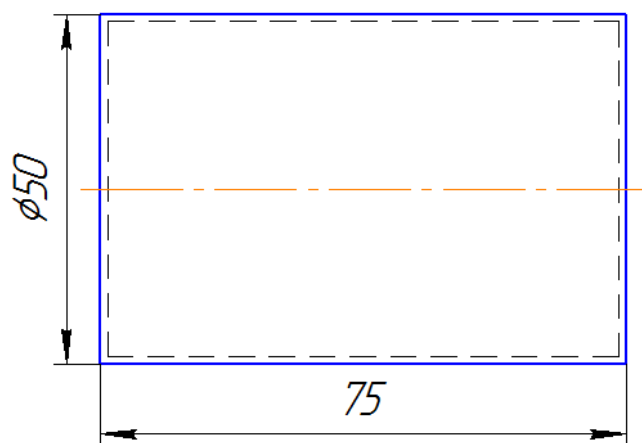


Рисунок 3.3 – Ескіз заготовки із прутка

Визначаємо орієнтовну масу заготовки:

Орієнтовний обсяг заготовки визначаємо за допомогою методів САПР:

$$V_3 = 124\,916 \cdot 10^{-4} \text{ мм}^3.$$

Матеріал: 50 ГОСТ 1050-88

Щільність: $\rho = 0,007810 \text{ г/м}^3$.

Маса:

$$m_d = V_d \cdot \rho = 124916 \cdot 10^{-4} \cdot 7810 = 9.75 \text{ кг} \quad (3.6)$$

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу за формулою (3.5):

$$\eta = \frac{q}{Q} = \frac{7}{9.75} = 0.48$$

3.2.3 Аналіз на технологічність

З даного креслення деталі відомо що сумарна кількість розмірів приблизно 37, у тому числі 1 розмір виконується по 6-му квалитету точності, 1 розмір по 2-му, інші за 7-му квалитету точності. Щодо чистоти поверхонь: пластинки твердого сплаву та пази під них обробляється до чистоти 0,4 мкм, завзятий базовий торець і прямокутне різьблення обробляється до чистоти 1,6 мкм, решта поверхні до 6,3 мкм.

Проведемо аналіз на технологічність оцінка, якою виражається показником, а числове значення характеризує ступінь задоволення технологічності. Відповідно до ГОСТ 14.202-73 номенклатура показників технологічності виробу містить основні та додаткові показники. Щодо виробництва кількісну оцінку технологічності розробляють за технічними показниками, визначення яких можливе лише за допомогою креслення деталі. До них відносяться коефіцієнт точності K_T та шорсткості $K_{ш}$.

Середнє значення точності:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} \quad (3.7)$$

де T_i - Квалітет точності;

n_i - Кількість розмірів або поверхонь для кожного квалітету.

$$T_{cp} = \frac{(1 \cdot 6 + 2 \cdot 5 + 34 \cdot 7)}{37} = 6,86$$

Коефіцієнт точності:

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}} \quad (3.8)$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{6,86} = 0,85$$

Коефіцієнт точності $K_T = 0,85 > 0,8$ – у результаті деталь технологічна.

Середнє значення шорсткості, мкм:

$$Ra_{cp} = \frac{\sum Ra_i}{\sum n_i} \quad (3.9)$$

$$Ra_{cp} = \frac{(2 \cdot 0.4 + 2 \cdot 1.6 + 3 \cdot 3.2)}{7} = 1.9$$

де Ra_i - значення параметрів шорсткості поверхонь;

n_i - Кількість значень параметрів шорсткості;

$$K_w = \frac{1}{Ra_{cp}} \quad (3.10)$$

$$K_w = \frac{1}{1,9} = 0,52$$

Оскільки має бути $K_{ш} < 0,32$, роблю висновок, що по шорсткості базова деталь технологічна.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{исп} = \frac{6,96}{9,75} = 0,7$$

$m_{заг}$ - Отримуємо побудувавши 3D модель заготовки (прокат) діаметром 50 мм та довжиною 75 мм (рис. 3.3)

Оскільки $K_{им} > 0,3$, використання матеріалу є технологічним.

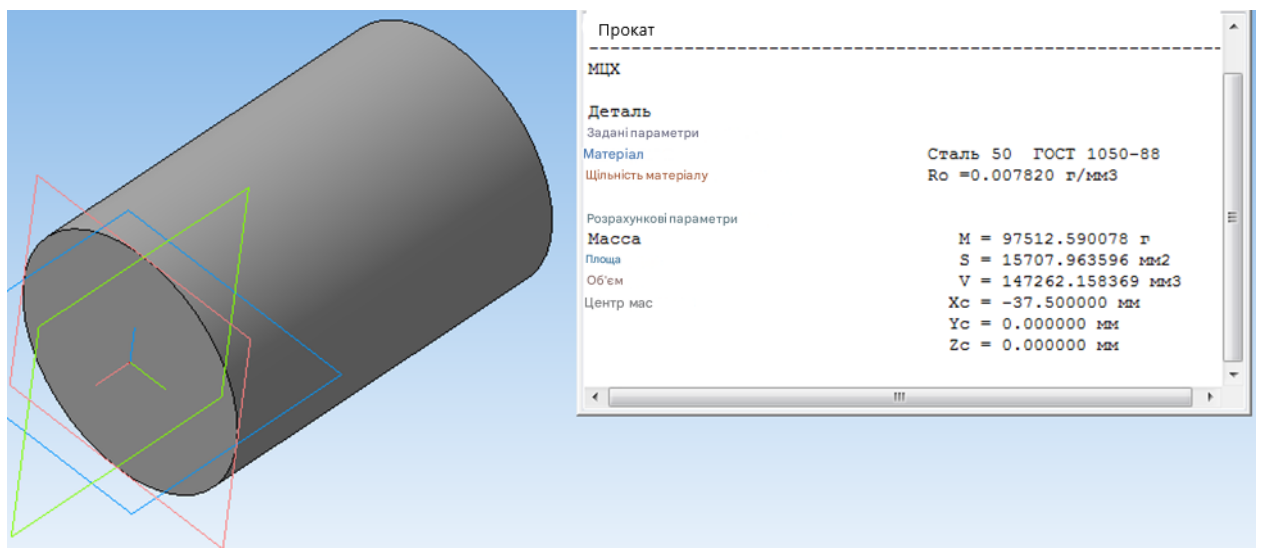


Рисунок 3.4 – Заготовка прокат

Для перевірки маси та кращого розуміння креслення виконуємо деталь у тривимірній проекції, будуємо 3D модель (рис. 3.5).

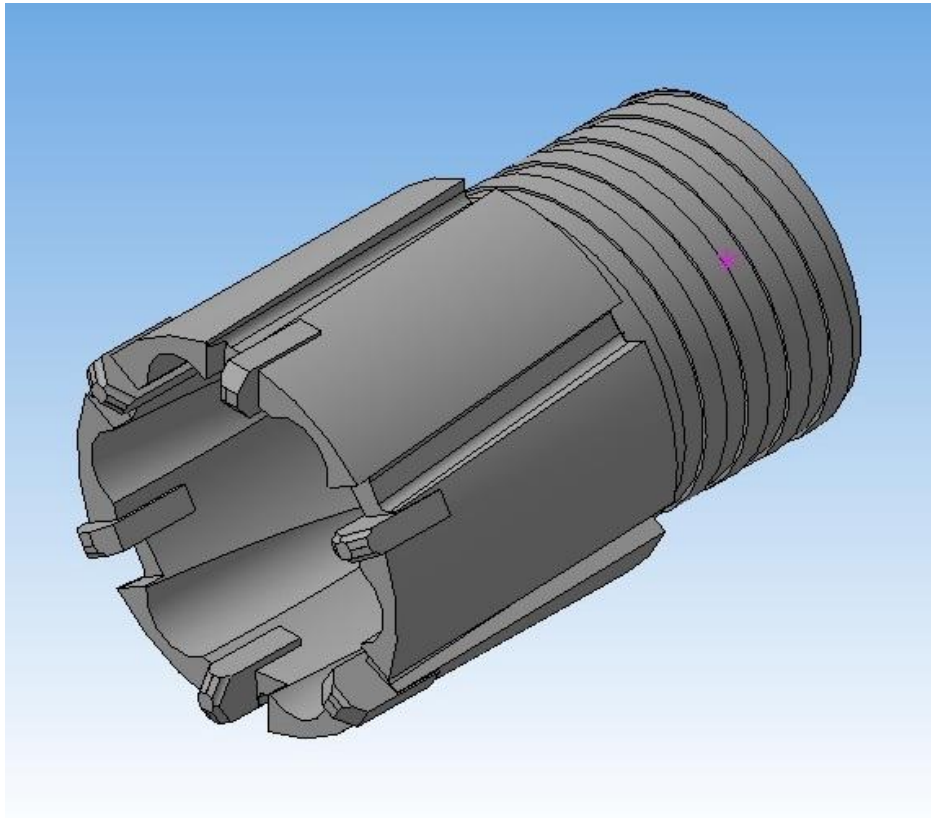


Рисунок 3.5 – 3D модель деталі

Після побудови 3D моделі її маса дорівнює 6,964 кг (рис. 3.6). Тому можна сказати, що 3D модель відповідає реальній деталі.

МЦХ

Складання

Масса

Площа

Об'єм

Центр мас

$M = 6964.035205 \text{ г}$

$S = 727552.520237 \text{ мм}^2$

$V = 890541.586344 \text{ мм}^3$

$X_c = 51.000560 \text{ мм}$

$Y_c = 52.011851 \text{ мм}$

$Z_c = 1369.362536 \text{ мм}$

Рисунок 3.6 – Параметри деталі

3.3 Маршрут обробки заготовки

Технологічний процес виготовлення тонкостінної коронки складається з трьох груп операцій:

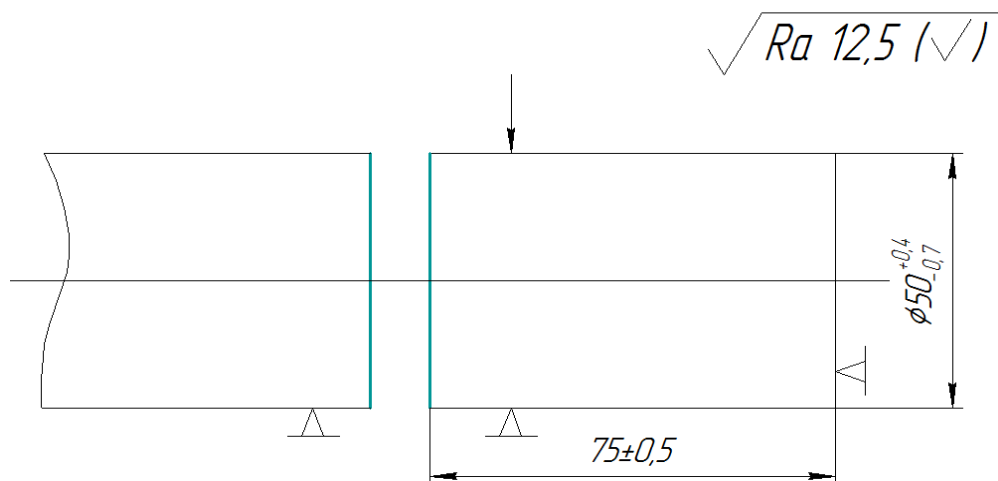
- виготовлення корпусу;
- монтаж та паяння пластин твердого сплаву;
- шліфування та заточування ріжучих зубів.

У процесі експлуатації у міру затушення ріжучих кромek проводиться переточування зубів з відновленням всіх геометричних параметрів, але заточувальні операції при переточці та виготовленні ідентичні. Корпус коронки виготовляється із сталі 50. Обробка деталі проводиться на токарному обробному центрі HAAS OL-1.

Порядок технологічних операцій наступний:

1. Операція 005

Заготівельна.



2. Операція 010

Нормалізація.

3. Операція 015

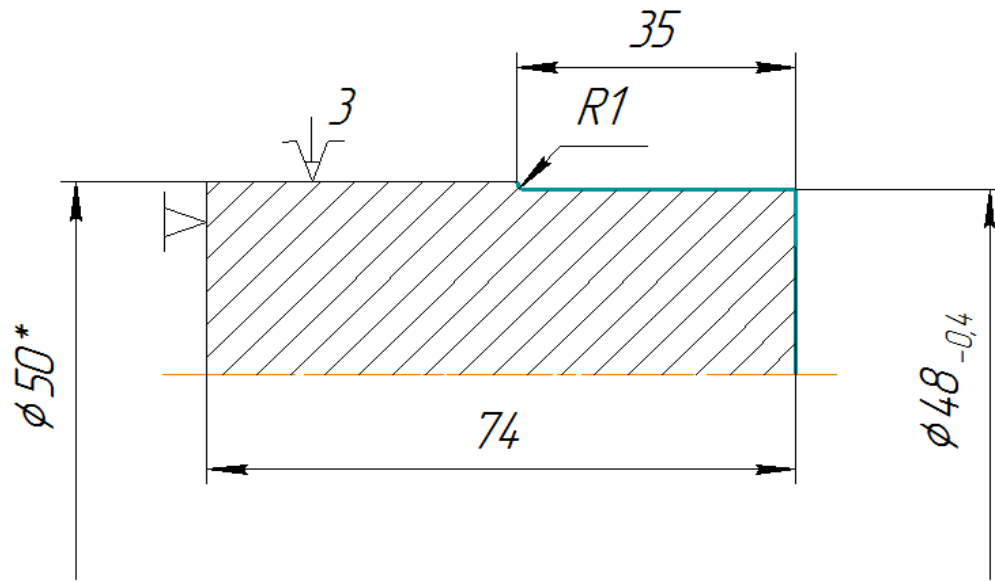
Токарна з ЧПУ

Перехід 1

Встановлення заготовки.

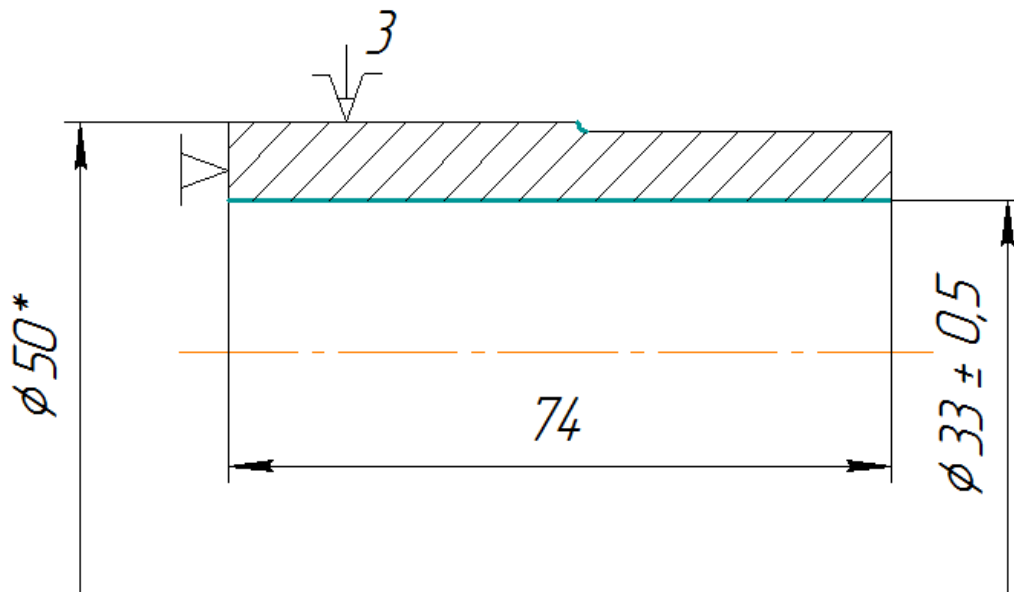
Перехід 2

Попереднє обточування під різьблення та підрізування торця.



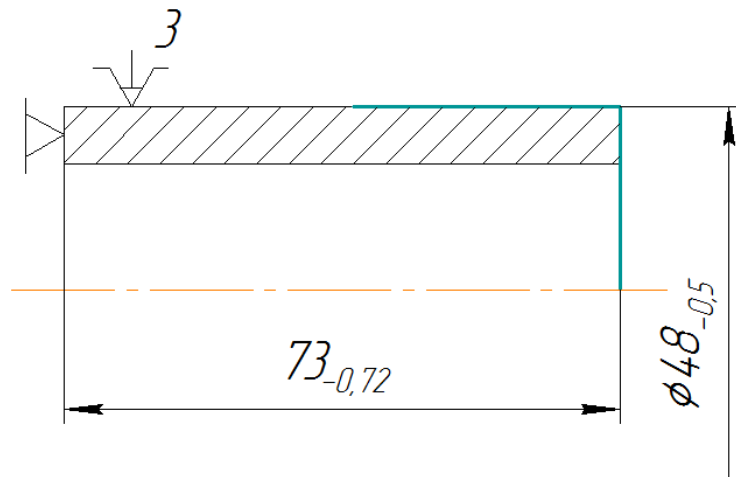
Перехід 3

Свердління отвору.



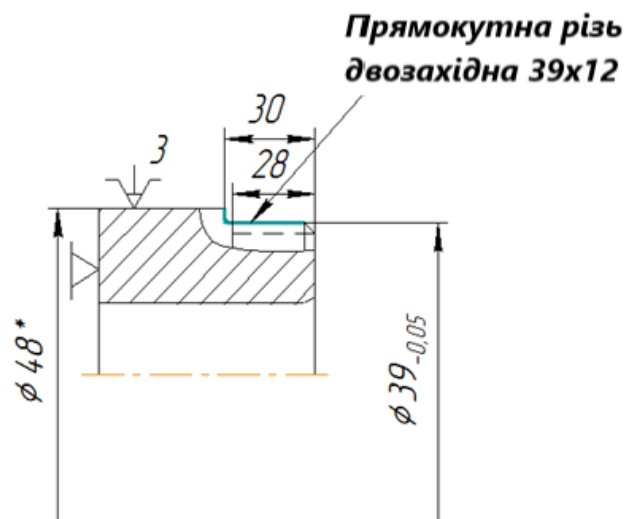
Перехід 4

Остаточне обточування під різьблення, підрізування торця.



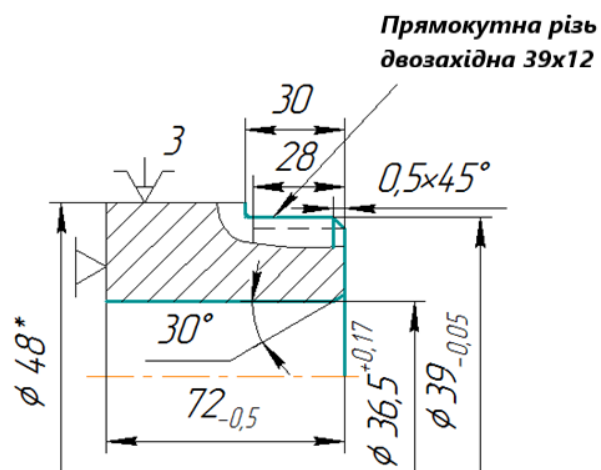
Перехід 5

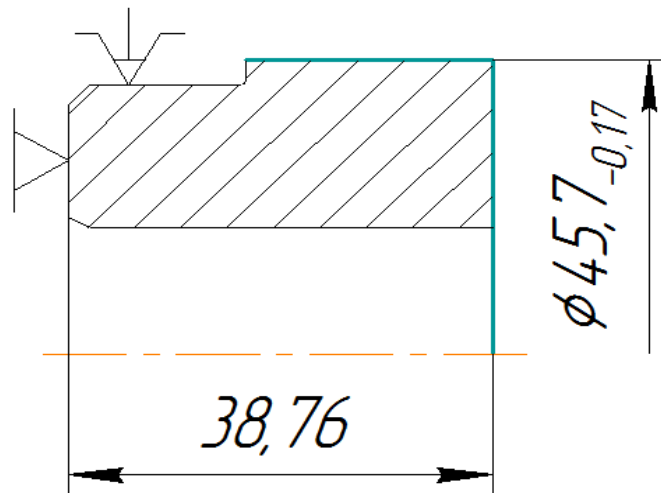
Нарізання прямокутного різьблення.



Перехід 6

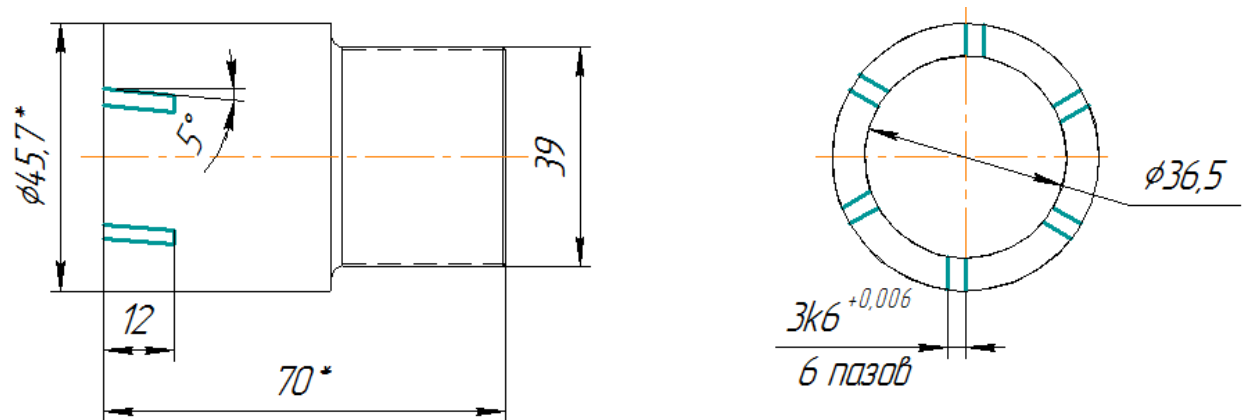
Остаточне обточування зовнішнього діаметра, підрізування торця і остаточне розточування.





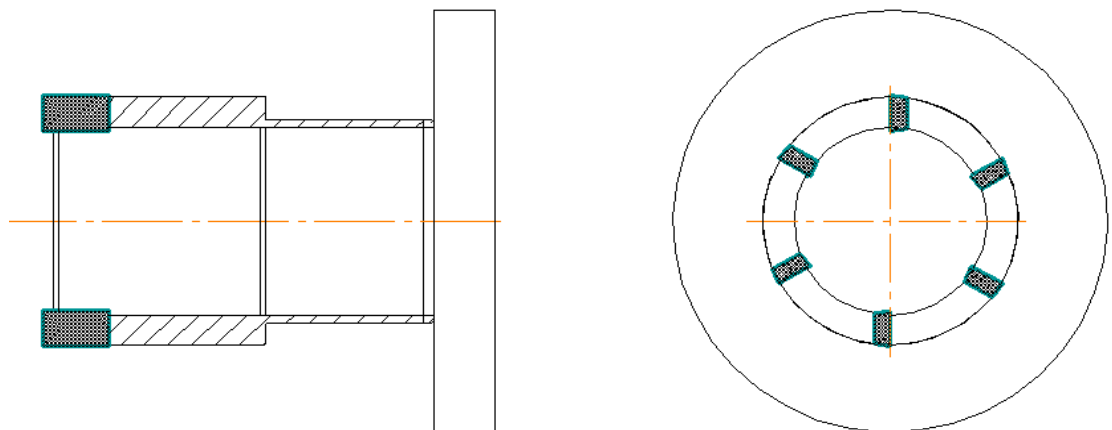
Перехід 7

Фрезерування пазів під пластинами твердого сплаву.



4. Операція 020

Монтаж пластин твердого сплаву ВК8 у пази корпусу.



5. Операція 025

Пайка пластин твердого сплаву до корпусу.

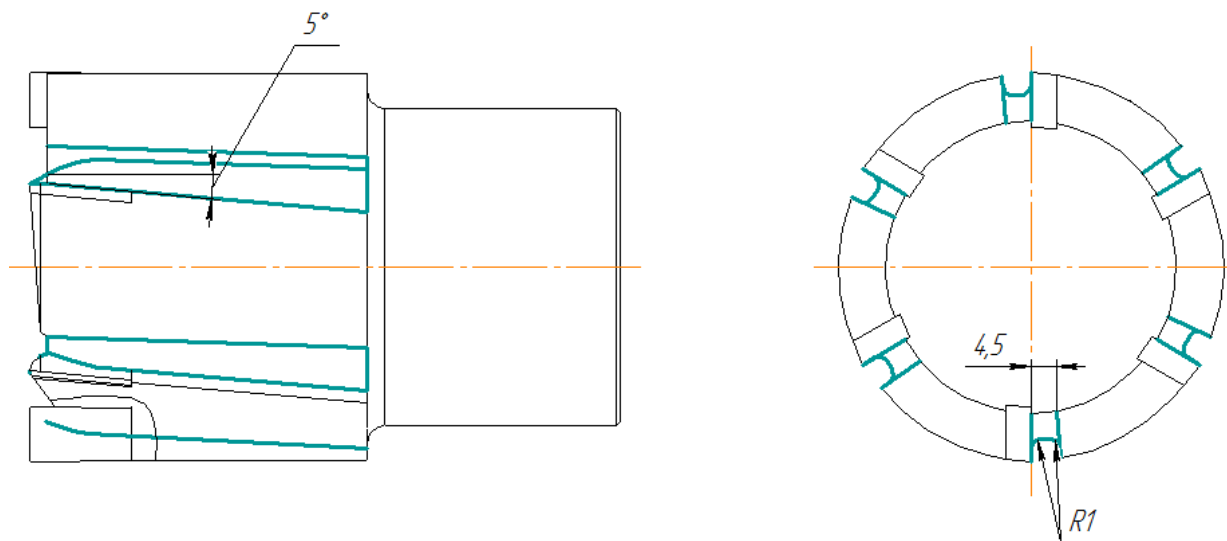
6. Операція 030

Піскоструминне очищення коронки після спайки.

7. Операція 035

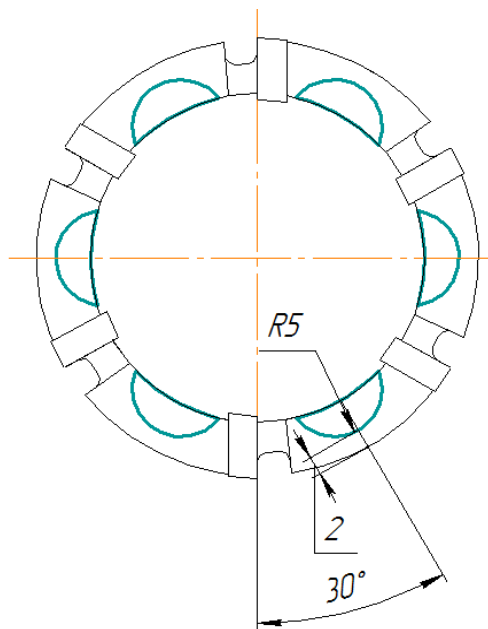
Перехід 1

Фрезерування стружковідвідних канавок на зовнішньому діаметрі.



Перехід 2

Фрезерування серпоподібних конічних виїмок на внутрішньому діаметрі.



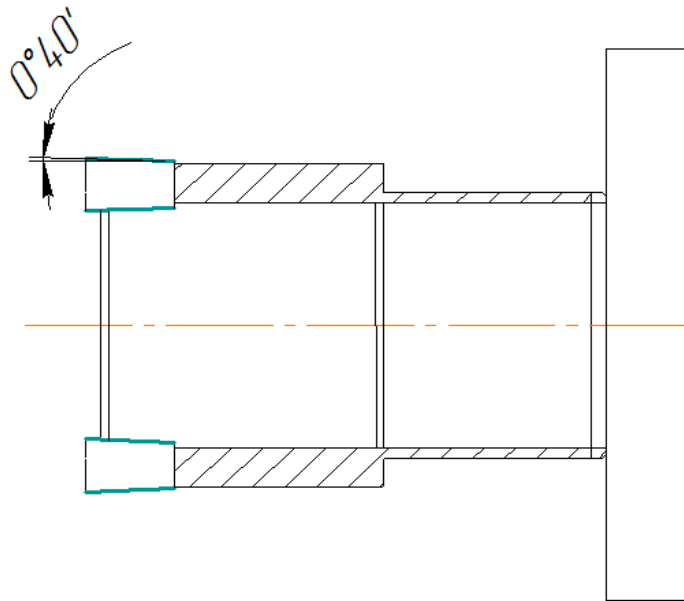
8. Операція 040

Гартування.

9. Операція 045

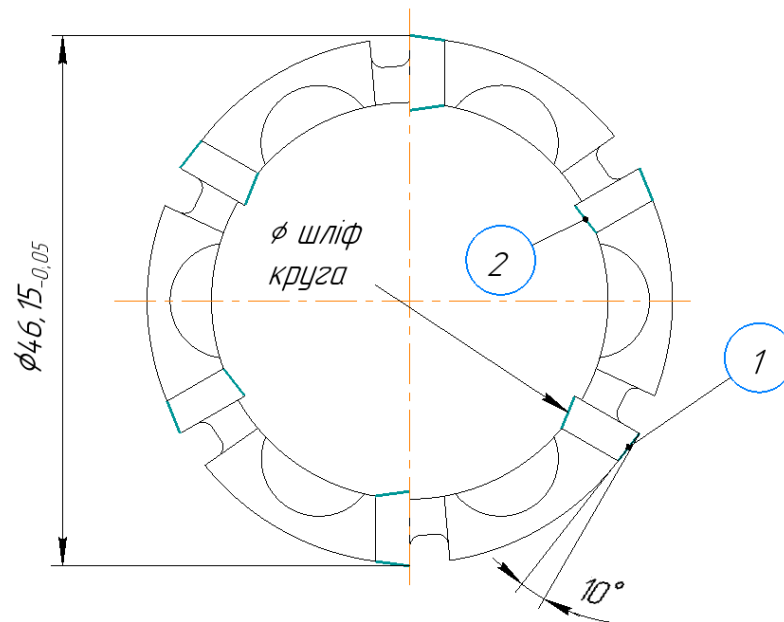
Перехід 1

Шліфування зовнішнього та внутрішнього діаметрів пластин твердого сплаву.



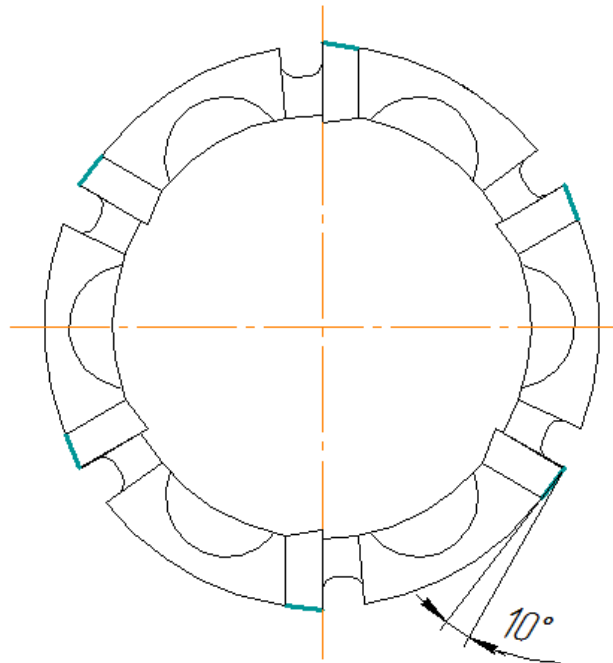
Операція 50 Перехід 1

Шліфування скосу біля пластин.



Перехід 2

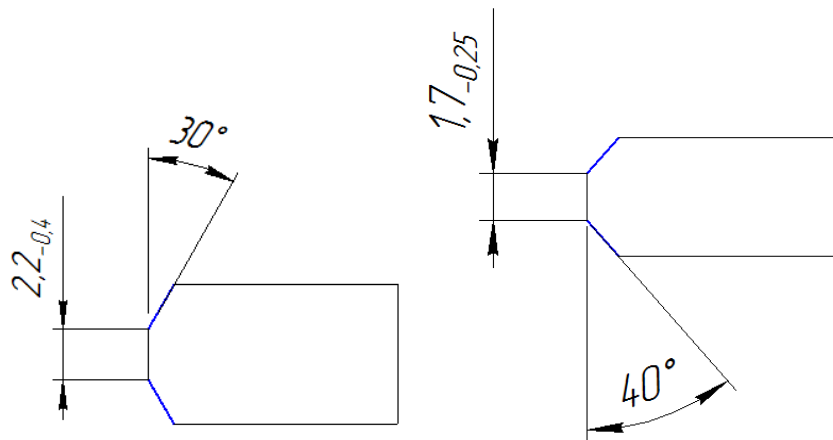
Шліфування бічних скосів.



Операція 55

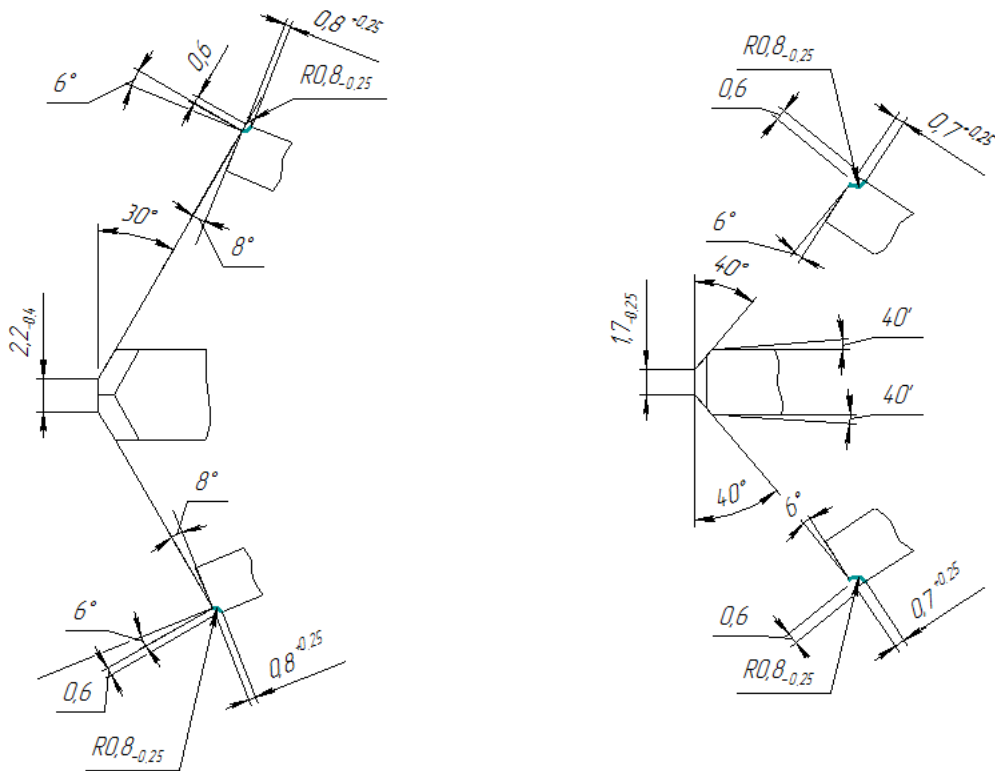
Перехід 1

Попереднє заточування торців зубів.



Перехід 2

Шліфування викруток стружколомів на торцевих і бічних зубцях.



Перехід 3

Остаточне заточування ріжучих кромek у торцевих та бічних зубів.

Операція 55

Слюсарна обробка коронки.

10. Операція 060

Контроль.

3.3.1 Маршрут обробки поверхонь

План обробки поверхні містить у собі кількість технологічних переходів, послідовність цих переходів, методи обробки поверхонь. На зміст плану впливає ряд факторів:

1. Вимоги до точності розмірів, і до точності взаємного розташування осей та поверхонь. Чим вищі ці вимоги, тим більше потрібно переходів. Порівняно

часто розміри, що пов'язують поверхні або осі, мають широкі допуски, і їх можна забезпечити один прохід.

2. Вимоги до якості поверхні. Якщо засіб остаточної обробки забезпечує необхідну точність розміру, але не забезпечує якість поверхні, то план обробки додатково вводять 1-2 переходи, такі як: тонке шліфування, притирання, суперфініш, полірування та інше.

3. Наявність та характер термічної обробки. Відомо, що цементація, азотування, загартування, відпускання та інші методи призводять до втрати вже досягнутих показників точності. Для відтворення втраченої точності необхідно додатково ввести 1-2 переходи.

4. Вимоги до точності установчих технологічних баз. Якщо поверхня виконує у технологічному процесі роль установчої бази, кількість переходів її обробки збільшується. Зазвичай, додаткові переходи вводяться після чорнової обробки.

5. Вимоги до показників якості вихідної заготовки. Чим вище вимоги до точності: розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь заготовок, тим менше потрібно переходів для досягнення відповідних показників якості деталі.

Зазначені чинники впливають переважно встановлення кількості переходів. Для оцінки достатності цього числа можна скористатися поняттям "необхідне уточнення", значення якого розраховується за формулою (3.11):

$$\varepsilon_i = \frac{T_{zi}}{T_{di}} \quad (3.11)$$

де T_{zi} ; - допуски на i -й параметр вихідної заготовки;

T_{di} - допуск по кресленню для того ж i -го параметра готової деталі.

Визначення МОП для поверхні $\varnothing 45_{-0,19}$ мм, характеристики поверхні наведено в таблиці 3.2, в характеристики заготовки (розмір $50^{+0,95}_{-0,65}$) в таблиці 3.3.

Таблиця 3.2 – Характеристики поверхні відповідно кресленню

Показник	Позначення	Значення
Допуск на розмір	$Td_{дет}$	190 мкм
Шорсткість	$Ra_{дет}$	0,4 мкм
Квалітет точності		IT6

Таблиця 3.3 – Характеристики заготовки відповідно кресленню

Показник	Позначення	Значення
Допуск на розмір	$Td_{дет}$	1600 мкм
Шорсткість	$Ra_{дет}$	50 мкм
Квалітет точності		IT15

Розрахунок необхідних уточнень, мкм:

$$\varepsilon_{Td} = \frac{T_3}{T_d} \quad \varepsilon_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d} \quad (3.12)$$

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1600}{190} = 8,4; \quad \varepsilon_{Rz} = \frac{50}{0,4} = 125;$$

Розрахунок кількості переходів:

Кількість переходів розраховується за максимальним з за формулою:

$$K = 2Lg\varepsilon_{Rz} = 2Lg125 = 4,19 \quad (3.13)$$

Приймаємо $K=5$.

Різниця квалітетів по точності та шорсткості:

$$\Delta IT = IT15 - IT6 = 9 \quad 9 = 2 + 2 + 2 + 2 + 1$$

$$IT15 \rightarrow IT13 \rightarrow IT11 \rightarrow IT9 \rightarrow IT7 \rightarrow IT6$$

Розбивку по переходах наведено у таблиці 3.4. Значення допусків, шорсткості та биття вибираємо із довідника [6, с.11, табл. 5].

Таблиця 3.4 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 45,7_{-0,19}$

Характеристик и, показники точності та якості заготовки та деталі	Показники точності	Уточнення	Кількіс ть пере- ходів		Різниця квалітетів за точністю	МОП		Параметр		Уточнення	
			розрах.	прин.		I	Метод обробки	Td мкм	Ra мкм	εT_d	εR
Ø45 _{-0,19} Td=0,052 Ra = 0,4; IT6 Заготівля: 50 _{-0,65} ^{+0,95} Ra = 50; IT15	Td	30,77	4,95	5	IT15→IT13→IT11→IT9↑ IT7↑IT6 6=2+2+1+1		Заготівля	160 0	50	-	-
	Rz	62,5				1	Точіння чорнове	330	6,3	4,85	7,94
						2	Точіння чистове	130	3,2	2,54	1,9
						3	Шліфування попереднє	52	0,8	1,62	2
16	0,4	3,25	2								

Визначення МОП для поверхні $70_{-0,63\text{мм}}$, характеристики поверхні наведено в таблиці 3.5, в характеристики заготовки в таблиці 3.6.

Таблиця 3.5 – Характеристики поверхні відповідно кресленню

Показник	Позначення	Значення
Допуск на розмір	Td _{дет}	630 мкм
Шорсткість	Ra _{дет}	6,3 мкм
Квалітет точності		IT14

Таблиця 3.6 – Характеристики заготовки відповідно кресленню

Показник	Позначення	Значення
Допуск на розмір	Td _{дет}	2000 мкм
Шорсткість	Ra _{дет}	12,5 мкм
Квалітет точності		IT16

$$\varepsilon_{Td} = \frac{T_3}{T_d} \quad \varepsilon_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_d}$$

$$\varepsilon_{Td} = \frac{2000}{630} = 3,18; \quad \varepsilon_{Rz} = \frac{12,5}{6,3} = 1,98;$$

Розрахунок кількості переходів:

Кількість переходів розраховується за максимальним з уточнень за формулою:

$$K = 2Lg\varepsilon_{Td} = 2Lg3,18 = 1$$

Приймаємо $K = 1$.

Розбивку по переходах наведено у таблиці 2.7.

Таблиця 3.7 - Маршрут обробки поверхні $L = 70_{-0,63}$ мм

Характеристики, показники точності та якості заготовкита деталі	Показник точності	Уточнення	Кількість переходів		Різниця квалітетів з точності	МОП		Параметр		Уточнення	
			розрах.	прин.		I	Метод обробки	Td мкм	Ra мкм	εT_d	εR
L=70 _{-0,63} TL=0,63 Ra = 0,4; IT14	Td	20,6	1,1 8	2	1=1	1	Заготівля	2000	12,5	-	-
	Rz	15,7				2	Фрезерування торців паралельне	630	3,2	3,18	1,98

3.4 Обґрунтування технологічних баз

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, відносно яких орієнтується інші деталі виробу або поверхня деталі, що обробляються. При проектуванні технологічного процесу для необхідності забезпечення необхідної точності велике значення має вибір баз.

При виборі технологічних баз обробки заготовок необхідно застосовувати принцип суміщення баз, тобто для технологічної бази необхідно брати поверхню, яка є вимірювальною базою. При побудові маршруту обробки слід дотримуватися принципу сталості баз; на всіх основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні й самі поверхні.

Тобто, розробляючи технологічний процес механічної обробки деталі, для кожної операції необхідно вибирати бази, керуючись такими положеннями:

1. Бажано, щоб вимірювальна та технологічна бази збігалися, треба вибирати як технологічну базу поверхню, від якої заданий розмір. При цьому похибка базування дорівнюватиме нулю і відпаде необхідність перерахунку операційних розмірів.

2. Кожна зміна установчої бази під час технологічного процесу вносить нові похибки, які залежить від неточності взаємного розташування баз; тому доцільно виконувати обробку від однієї постійної бази.

3. Якщо для виконання наступної операції попередня база не може бути використана, то новою установчою базою має бути оброблена поверхня.

4. У всіх випадках установча база повинна забезпечити жорсткість установки заготовки, яка досягається відповідними розмірами поверхонь базування та їх взаємним розташуванням.

5. Чорнова установча база може бути прийнята тільки для чорнових операцій, так як її повторне використання може значною мірою порушити взаємне розташування поверхонь, що обробляються.

6.Прийняті бази та методи базування повинні забезпечувати простішу та надійнішу конструкцію пристосування. Зручність встановлення та зняття деталі.

Конструкторською базою у тонкостінній коронки є зовнішній діаметр хвостовика, який протягом техпроцесу використовується як технологічна база. На першій чорновій операції коронка затискається по зовнішньому діаметру – чорнова база призначається один раз. На операції обробляється центральний отвір, торець та зовнішній діаметр, які надалі будуть технологічними базами.

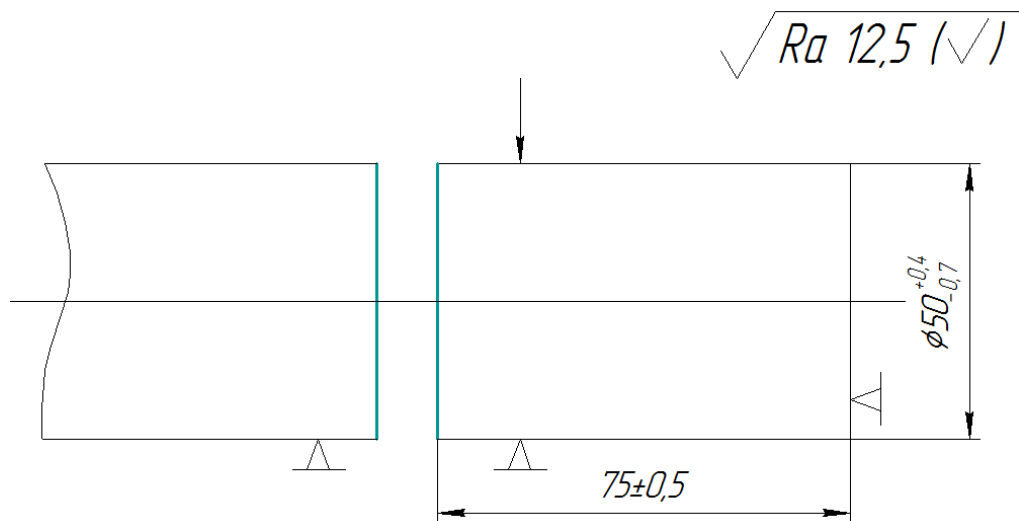


Рисунок 3.7 – Операційний ескіз операції 05

Похибка встановлення заготовки у пристосуваннях $\Delta\epsilon_y$, обчислюють з урахуванням похибок: $\Delta\epsilon_b$ базування, $\Delta\epsilon_z$ закріплення заготовок, $\Delta\epsilon_{пр}$ виготовлення та зносу опорних елементів пристосувань. Похибка установки визначають як граничне поле розсіювання положень вимірювальної поверхні щодо поверхні відліку в напрямку розміру, що витримується.

Оскільки зазначені вище похибки є випадковими величинами, похибка установки заготовки визначається як їх векторна сума.

Похибки встановлення в лещатах без вивіряння:

$\Delta\epsilon_y = 50$ мкм – штампована, гарячекатана база з установкою на призматичній підкладці. $\Delta\epsilon_y = 0,050\text{мм} < TL = 0,33\text{мм}$.

Даний пристрій забезпечує обробку із заданою точністю.

Протягом усього техпроцесу виготовлення тонкостінної коронки принципи призначення технологічних та вимірювальних баз дотримуються, обрана схема базування забезпечує мінімальні похибки обробки через встановлення деталей.

3.5 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів

Припуск – це шар металу, який видаляється із заготовки у процесі обробки, необхідний отримання остаточних розмірів і заданого класу шорсткості поверхонь деталей. Припуски поділяються на загальні та міжопераційні. Припуск повинен мати розміри, які забезпечували б виконання необхідної для даної деталі механічної обробки при задоволенні необхідних вимог до шорсткості і якості поверхні металу і точності розмірів деталі при найменшій витраті матеріалу і собівартості деталі. Такий припуск є оптимальним.

Надмірні припуски спричинять зайві витрати на виготовлення деталі і тим самим збільшують її собівартість. З іншого боку, надто маленькі припуски не дають змоги виконати необхідну механічну обробку з бажаною точністю та чистотою, внаслідок чого виходить брак.

Величини припусків на обробку та допуски на розміри заготовок залежать від ряду факторів, ступінь впливу яких різний. До основних чинників відносять такі:

- матеріал заготовки;
- конфігурація та розміри заготовки;
- вид заготовки та спосіб її виготовлення;
- вимоги щодо механічної обробки;
- технічні умови до якості та класу шорсткості поверхонь та точності розмірів деталі.

У серійному виробництві при розрахунку припусків використовують метод автоматичного отримання розмірів, тобто обробки попередньо налагоджених верстатах.

Визначення припусків та міжопераційних розмірів на поверхню $\varnothing 45,7_{-0,19}$.

При аналітичному методі спочатку розрахунковим шляхом визначають мінімальний, потім максимальний припуск. Величина мінімальних припусків визначається за формулами:

а) при послідовній обробці протилежних поверхонь

$$Z_{i\min} = (R_z + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i \quad (3.14)$$

б) при паралельній обробці протилежних поверхонь.

$$2Z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \rho_{\Sigma i-1} + \varepsilon_i] \quad (3.15)$$

в) при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання (двосторонній припуск)

$$2Z_{i\min} = 2[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_i^2}], \quad (3.16)$$

де $R_{z_{i-1}}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого пласта на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарні відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, співвісності, симетричності, перетин осей), а в деяких випадках відхилення форми поверхні (відхилення від площини, прямолінійності) на попередньому переході;

ε_i - похибка установки заготовки на переході:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} \quad (3.17)$$

Якщо вимірювальна база збігається з технологічною, то $\varepsilon_y = \varepsilon_3$.

Вибираємо величини, що характеризують якість поверхонь для переходів [5]:

$$Rz_{13} = 50 \text{ мкм} \quad h_{13} = 70 \text{ мкм}$$

$$Rz_{11} = 40 \text{ мкм} \quad h_{11} = 50 \text{ мкм}$$

$$Rz_9 = 10 \text{ мкм} \quad h_9 = 20 \text{ мкм}$$

$$Rz_7 = 5 \text{ мкм} \quad h_7 = 10 \text{ мкм}$$

Просторові похибки поверхні (зміщення та жолоблення) в заготовці визначаємо за формулою (3.18):

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{кор}^2} \quad (3.18)$$

де $\rho_{см}$ - Похибка зміщення, мкм;

$\rho_{кор}$ - кривизна прутка на 1 мм його довжина.

$$\rho_{см1} = 0,25 \cdot Td = 0,25 \cdot 1600 = 400 \text{ мкм} [5, \text{с.187}].$$

$$\rho_{кор} = \Delta_{кор} \cdot l \quad (3.19)$$

де $\Delta_{кор}$ - Питома короблення, мкм.

Довжина заготовки $l = 75 \text{ мм}$;

$$\Delta_{кор} = 0,5 [5, \text{табл.17, с.186}].$$

$$\rho_{кор1} = 0,5 \cdot 75 = 37,5 \text{ мкм}$$

$$\rho_1 = \sqrt{400^2 + 37,5^2} = 401 \text{ мкм}.$$

Значення елементів припуску для переходу “точіння чорнове” визначаємо [7, табл.25, с.188]: $Rz_2 = 100 \text{ мкм}$; $h_2 = 100 \text{ мкм}$.

Просторові відхилення знаходимо за формулою (3.20) з урахуванням уточнення поверхні після механічної обробки:

$$\rho_i = K_y \cdot \rho_{i-1} \quad (3.20)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення;

ρ_{i-1} - Просторова похибка поверхні на попередній операції, мкм.

$K_y = 0,06$ [7, табл.29, с.190].

$$\rho_{y11} = K_y \cdot \rho_1 = 0,06 \cdot 400 = 24 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{y9} = K_y \cdot \rho_{y11} = 0,05 \cdot 24 = 1,2 \text{ мкм}$$

$$\rho_{y7} = \rho_{y9} = 1,2 \text{ мкм}$$

$$\rho_{y6} = K_y \cdot \Delta_{y11} = 0,04 \cdot 1,2 = 0,048 \text{ мкм}$$

де K_y - коефіцієнт уточнення

Похибка встановлення ε вибираємо з довідника [5].

$\varepsilon_{11} = 200$ мкм – установка у трикулачковому патроні з базуванням по необробленій поверхні;

$\varepsilon_9 = 0$ мкм - установка з базуванням у різьбовій оправці;

$\varepsilon_7 = 0$ мкм - установка з базуванням на різьбленні в оправці;

$\varepsilon_6 = 0$ мкм - установка з базуванням у різьбовій оправці;

Визначаємо величину мінімального припуску за переходами:

$$2Z \min_{11} = 2(100 + 100 + \sqrt{400^2 + 200^2}) = 1294 \text{ мкм}$$

$$2Z \min_9 = 2(50 + 50 + \sqrt{1,2^2 + 0^2}) = 202 \text{ мкм}$$

$$2Z \min_7 = 2(10 + 20 + \sqrt{0,2^2 + 0^2}) = 60 \text{ мкм}$$

$$2Z \min_6 = 2(5 + 10 + \sqrt{0^2 + 0^2}) = 30 \text{ мкм}$$

Визначаємо граничні проміжні розміри за технологічними переходами та остаточні розміри заготовки.

Розрахунок мінімальних розмірів:

$$d_{i \min} = d_{i-1 \min} + 2Z_{i-1 \min} + Td_{i-1}; \quad (3.21)$$

$$d_{6 \min} = 47,5 - 0,19 = 47,31 \text{ мм};$$

$$d_{7 \min} = 47,31 + 0,03 + 0,19 = 47,53 \text{ мм};$$

$$d_{9 \min} = 47,34 + 0,06 + 0,28 = 47,68 \text{ мм};$$

$$d_{11 \min} = 47,4 + 0,202 + 0,65 = 48,252 \text{ мм};$$

$$d_{13 \min} = 47,602 + 1,294 + 1,19 = 50,086 \text{ мм};$$

Розрахунок максимальних розмірів:

$$d_{i \max} = d_{i \min} + Td_i \quad (3.22)$$

$$d_{6 \max} = 47,31 + 0,19 = 47,5 \text{ мм};$$

$$d_{7 \max} = 47,53 + 0,28 = 47,81 \text{ мм};$$

$$d_{9 \max} = 47,68 + 0,65 = 48,33 \text{ мм};$$

$$d_{11 \max} = 48,252 + 1,19 = 49,442 \text{ мм};$$

$$d_{13 \max} = 50,086 + 2,9 = 52,986 \text{ мм};$$

Розрахунок максимальних припусків:

$$2Z_{i \max} = d_{i-1 \min} - d_{i \max} \quad (3.23)$$

$$2Z_{6\max} = 47,81 - 47,31 = 0,5 \text{ мм}$$

$$2Z_{7\max} = 48,33 - 47,53 = 0,8 \text{ мм}$$

$$2Z_{9\max} = 49,442 - 47,68 = 1,762 \text{ мм}$$

$$2Z_{11\max} = 52,986 - 48,252 = 4,734 \text{ мм}$$

Розрахунок мінімальних припусків:

$$2Z_{i\min} = d_{i\max} - d_{i+1\min}; \quad (3.24)$$

$$2Z_{6\min} = 47,53 - 47,5 = 0,03 \text{ мм}$$

$$2Z_{7\min} = 47,81 - 47,68 = 0,13 \text{ мм}$$

$$2Z_{9\min} = 48,33 - 48,252 = 0,078 \text{ мм}$$

$$2Z_{11\min} = 50,086 - 48,33 = 1,756 \text{ мм}$$

Визначення припусків табличним методом на поверхні $\varnothing 45,7_{-0,016}$.

Спочатку вибираються припуски за довідником:

$$2Z_{\min 11} = 1300 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 9} = 400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 7} = 300 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\min 6} = 60 \text{ мкм}$$

Граничні розміри табличним методом розраховуються за тими самими формулами, що і за аналітичного.

	Найменування технологічних переходів МОП	Квалітети	Елементи припуску, мкм				Розрахункові		Допуск	Розмір, мм		Припуск, мм		Вик. р-р, мм
							припуск	Розмір						
			Rz	h	ρ	ε	2Zmin,мкм	d, мм	Td, мм	dimax	di min	2Zmax	2Zmin	di, мм
АНАЛІТИЧНИЙ МЕТОД														
	Заготівля	13	50	70	56,2	-	-	50,086	2,9	52,986	50,086	-	-	Ø50,5 ^{+1,85} _{-1,65}
	Точіння чорнове	11	40	50	3,4	200	1294	48,252	1,19	49,442	48,252	4,734	1,756	Ø49,5 _{-1,19}
	Точіння чистове	9	10	20	0,2	50	202	47,68	0,65	48,33	47,68	1,762	0,78	Ø48,33 _{-0,65}
	Шліфування попереднє	7	5	10	-	20	60	47,53	0,28	47,81	47,53	0,8	0,13	Ø47,81 _{-0,28}
	Шліфування остаточне	6	-	-	-	10	30	47,31	0,19	47,5	47,31	0,5	0,03	Ø47,5 _{-0,19}
ТАБЛИЧНИЙ МЕТОД														
	Заготівля	13					-	51,50	2,9	53,727	51,50	-	-	Ø51,25 ^{+1,85} _{-1,65}
	Точіння чорнове	11					1500	48,761	1,19	50,007	48,761	4,96	1,95	Ø50,01 _{-1,19}
	Точіння чистове	9					400	47,97	0,65	48,447	47,97	1,922	0,94	Ø48,447 _{-0,65}
	Шліфування попереднє	7					300	47,56	0,28	47,84	47,56	0,987	0,3	Ø47,84 _{-0,28}
	Шліфування остаточне	6					60	47,31	0,19	47,5	47,31	0,065	0,044	Ø47,5 _{-0,19}

Приймаємо для подальших розрахунків припуски розраховані за аналітичним методом визначення як мають мінімальну величину.

3.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання включає визначення глибини різання подачі і швидкості різання, необхідних для обчислення часу на обробку.

3.6.1 Розробка токарної операції 015

Обладнання – токарний центр з ЧПУ Haas DS-30

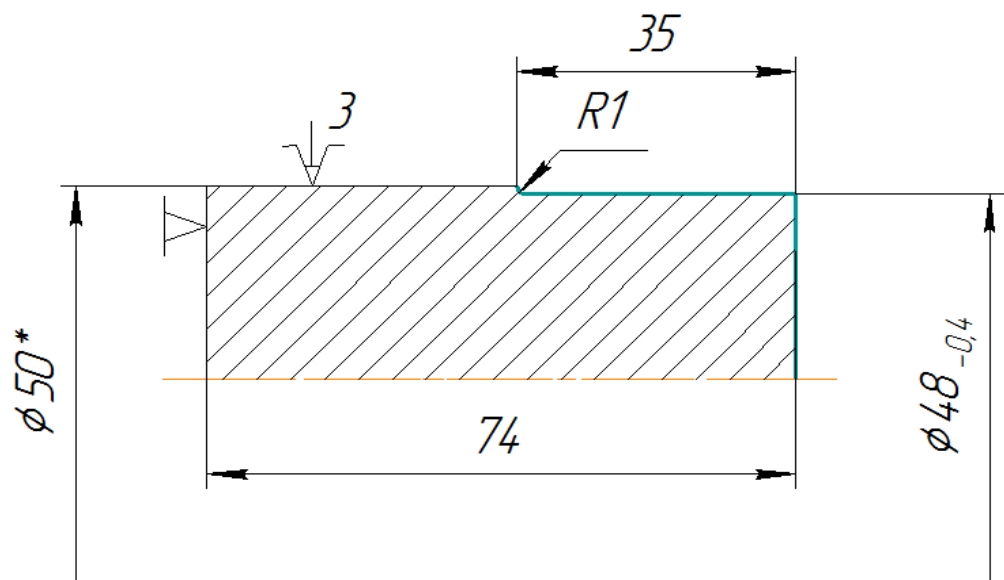


Рисунок 3.8 – Операційний ескіз для операції 015.

Технологічні переходи

1. Встановити, закріпити, розкріпити, зняти та відкласти

ПР: Центр верстатний спеціальний, Центр верстатний обертовий
ГОСТ8742-82.

2. Точити поверхні Ø33, Ø48.

РІ: 392101 Різець прохідний $\phi = 45^\circ$, Т15К6 ГОСТ 18879-83

Режими обробки переходів:

Перехід 2

Глибина різання: $t_1 = (50 - 48)/2 = 1$ мм.

Подача: $S_o = 0,12$ мм/об [5]

Швидкість різання

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v \quad (3.25)$$

де C_v , m , x , y – емпіричні постійна та показники ступеня у розрахунку швидкості різання. $C_v = 292$, $m = 0,25$, $x = 0,15$, $y = 0,45$ [8];

T – рекомендована стійкість інструмента;

$T = 180$ хв [8].

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \quad (3.26)$$

K_{mv} – Коефіцієнт оброблюваного матеріалу;

K_{nv} – Коефіцієнт стану поверхні заготовки;

K_{iv} – Коефіцієнт інструментального матеріалу;

$K_{\phi v}$ – Коефіцієнт головного кута щодо інструмента;

K_{rv} – Коефіцієнт радіусу при вершині інструмента.

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,612 \quad \text{для сталі Р6М5 [5]}$$

$K_{nv} = 0,9$ обробка необробленої поверхні прокату [8, таб.18, стор.270];

$K_{IV}=1,0$ для Т15К6 [22];

$K_{\varphi v}=1,0$, $\varphi=45^\circ$, $K_{\varphi Iv}=0,81$, $\varphi_1=45^\circ$, $K_{rv}=0,94$, $R=1$ [5].

$$V = \frac{292}{180^{0,25} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,12^{0,45}} \cdot 0,612 \cdot 0,9 \cdot 0,81 \cdot 0,94 \cdot 1,0 = 83,94 \text{ м / мин}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 83,94}{\pi \cdot 48} = 556,92 \text{ об/хв},$$

де $D = 48$ - діаметр оброблюваної поверхні. За паспортом верстата приймаємо $n = 500$ об/хв.

– Дійсна швидкість різання:

$$V_\delta = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000} = \frac{\pi \cdot 48 \cdot 500}{1000} = 75,36 \text{ м/хв}$$

– Сила різання:

$$P_Z = 10 C_{pz} \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,251 \cdot 0,12^{0,75} \cdot 75,36^{0,15} \cdot 1,011 = 772,98 \text{ Н}$$

де $C_{pz}=300$, $x=1$, $y=0,75$, $n=-0,15$ - емпіричні коефіцієнт і показники ступеня у формулі сили різання;

K_p - поправочний коефіцієнт на силу різання в залежності від умов різання.

$$K_p = K_{\varphi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{mp} \cdot K_{rp} = 1,222 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,011$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750} \right)^n = \left(\frac{980}{750} \right)^{0,75} = 1,222 \text{ - [8] - поправочний коефіцієнт на силу}$$

різання, що враховує вплив матеріалу, що обробляється;

$K_{\varphi p} = 0,89$, $\varphi = 90^\circ$ -[8] - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив головного кута в плані;

$K_{\gamma p} = 1,0$, $\gamma = 10^\circ$ -[8] - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив переднього кута;

$K_{\lambda p} = 1,0$ -[8] - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив кута нахилу головної ріжучої кромки;

$K_{rp} = 0,93r = 1,0$ мм-[8] - поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив радіусу при вершині різця.

– Потужність різання:

$$N_p = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{772,98 \cdot 75,36}{1020 \cdot 60} = 0,95 \text{ кВт.}$$

– Машинний час на переході:

$$t_m = \frac{\Sigma l}{S \cdot n} = \frac{3 + 124 + 17,5 + 6}{500 \cdot 0,12} = 2,508 \text{ хв}$$

Розрахунок режимів різання на інші переходи цієї операції з ЧПК виконано згідно з рекомендацією каталогу "Sandvik COROMANT" та занесено до таблиці 3.9.

Таблиця 3.9 - Зведена таблиця режимів різання

№ переходу	t, мм	S _{од} , мм/хв	n _д , хв ⁻¹	V _д , м/хв	T _о , хв
1	2	3	4	5	6
2	2,5	0,12	500	75,36	2,5
3	1,2	1,411	160	68,34	3,56
4	1,15	0,07	250	106,76	0,29
5	7	2,5	0,1	1100	1,2
6	4	0,08	500	157,08	0,425

Кінець таблиці 3.9

7	5	0,04	500	113,97	2,108
8	0,25	0,075	250	$V_{кр} = 30 \text{ м/с}$	0,588
9	0,25	0,075	250	$V_{кр} = 30 \text{ м/с}$	0,44
10	0,25	0,075	250	$V_{кр} = 30 \text{ м/с}$	0,52
11	0,25	250	-	$V_{кр} = 30 \text{ м/с}$	3,096
12	0,25	0,075	250	$V_{кр} = 30 \text{ м/с}$	0,48
13	0,1	250	-	$V_{кр} = 30 \text{ м/с}$	0,953
14	0,01	250	-	$V_{кр} = 50 \text{ м/с}$	0,526

4 РОЗРОБКА УПРАВЛЯЮЧОЇ ПРОГРАМИ

Порядок виконання роботи у програмі FeatureCAM:

1. Запускаємо програму на комп'ютері. На робочому столі запускаємо програму FeatureCAM. У програмі вибираємо (створити нову деталь, точіння/фрезерування, метрична) та натискаємо ОК.

2. Заходимо у виробництво Заготовки. Вибираємо круглу заготовку, задаємо її параметри (зовнішній діаметр 50, довжина заготовки 75) і натискаємо ОК. Заготовка з'являється на екрані.

3. Далі створюю деталь за елементами.

Початкові контури деталі зображені рисунку 4.1. Візуалізація обробки зображена рисунку 4.2.

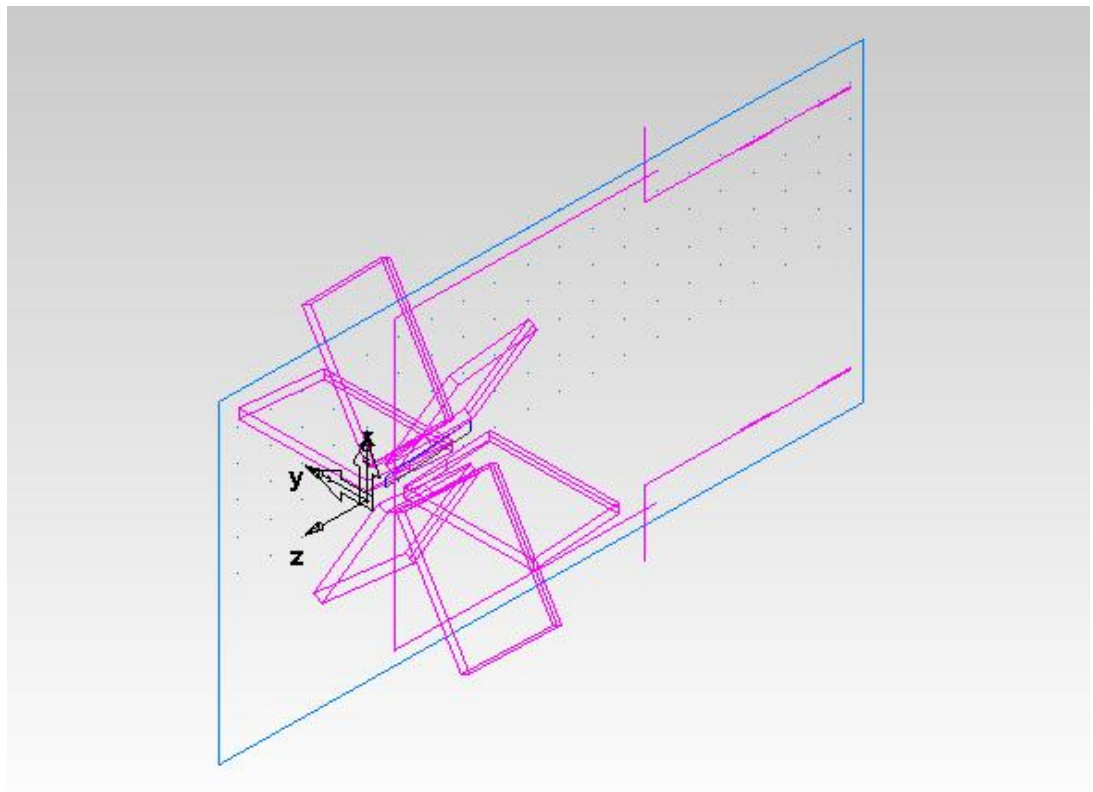


Рисунок 4.1 – Контури деталі "Різдева головка кільцевого свердла"

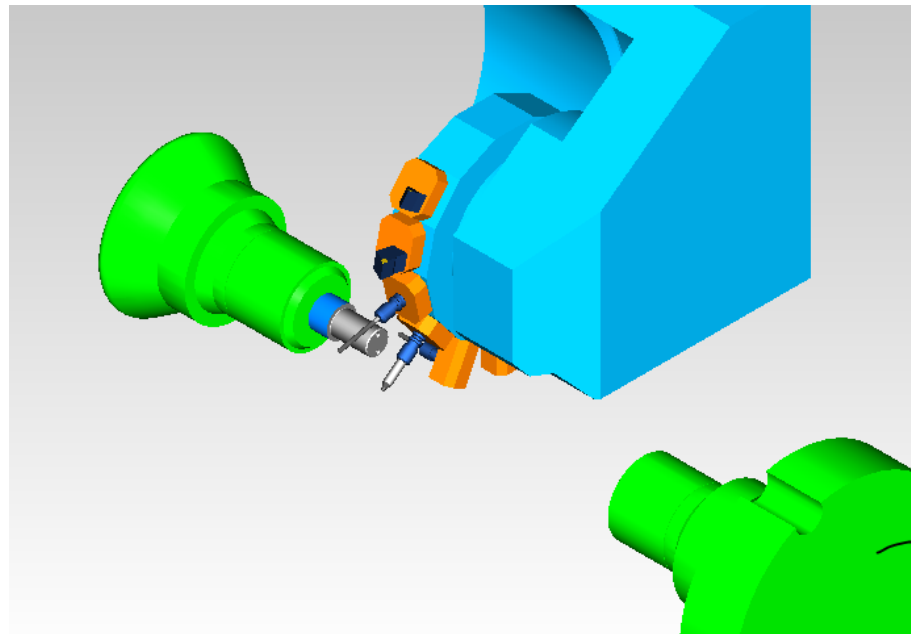


Рисунок 4.2 – Візуалізація обробки

4. Попереднє обточування під різьбу з припуском 1,5-3 мм на діаметр, свердління та розточування отвору з припуском 3 мм, підрізування торця, рисунок 4.3.

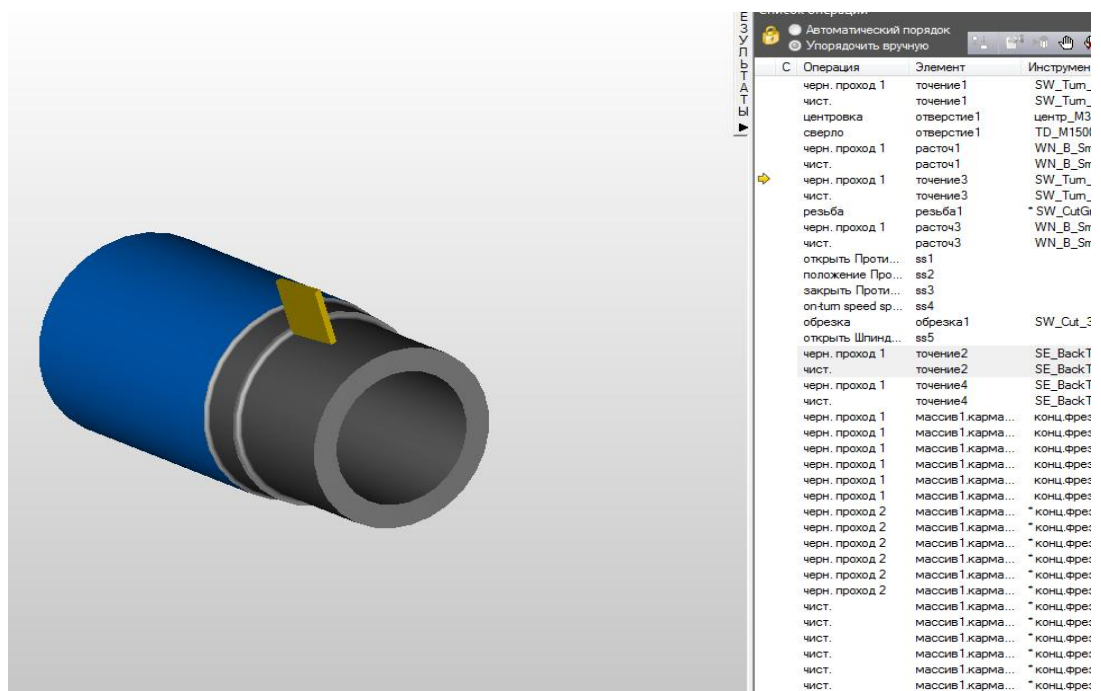


Рисунок 4.3 – Попереднє обточування під різьблення, свердління та розточування отвору, підрізування торця

5. Остаточне обточування під різьбу, підрізування торця, підрізування упорного базового торця з чистотою поверхні шостого класу, нарізка прямокутної різьби. Операція проводиться обов'язково за один установ, оскільки вона визначає подальше виготовлення та експлуатацію коронки, рисунок 4.4.

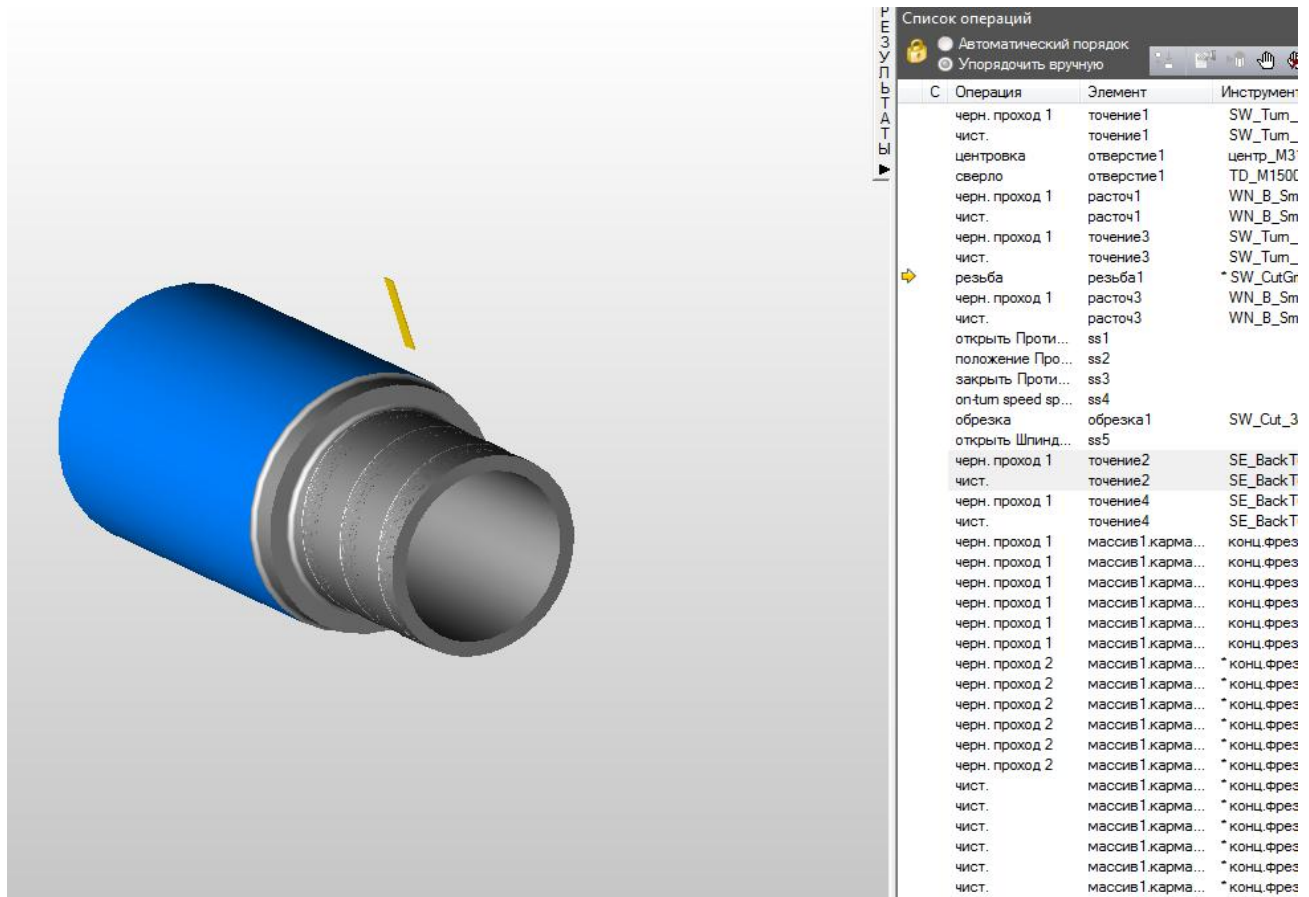


Рисунок 4.4 – Остаточне обточування під різьбу, підрізування торця, нарізування різьби

6. Остаточне обточування зовнішнього діаметра, підрізування торця і остаточне розточування. Операція проводиться у різьбовій оправці.

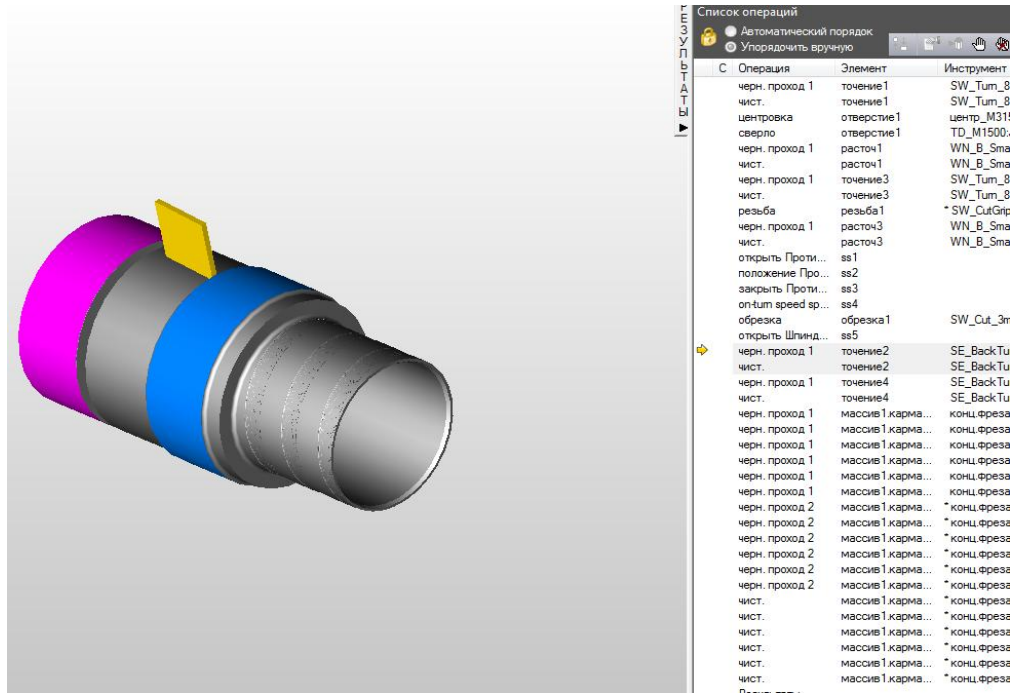


Рисунок 4.5 – Остаточне обточування зовнішнього діаметра

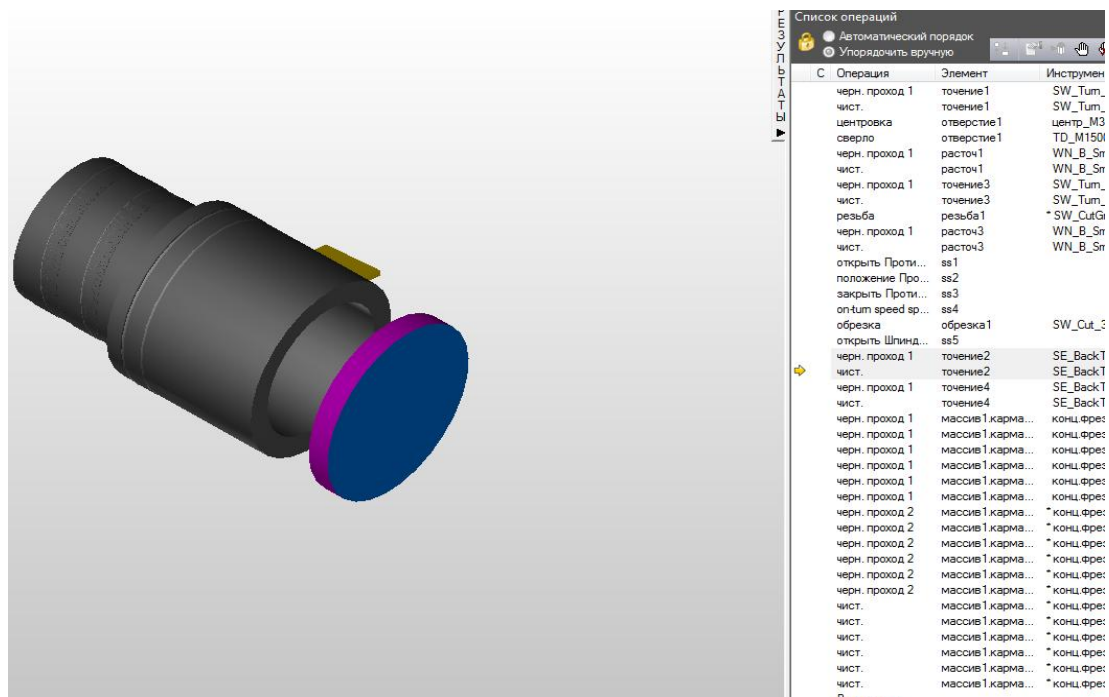


Рисунок 4.6 - Підрізування торця та остаточна розточування

7. Фрезерування пазів під пласти твердого сплаву.

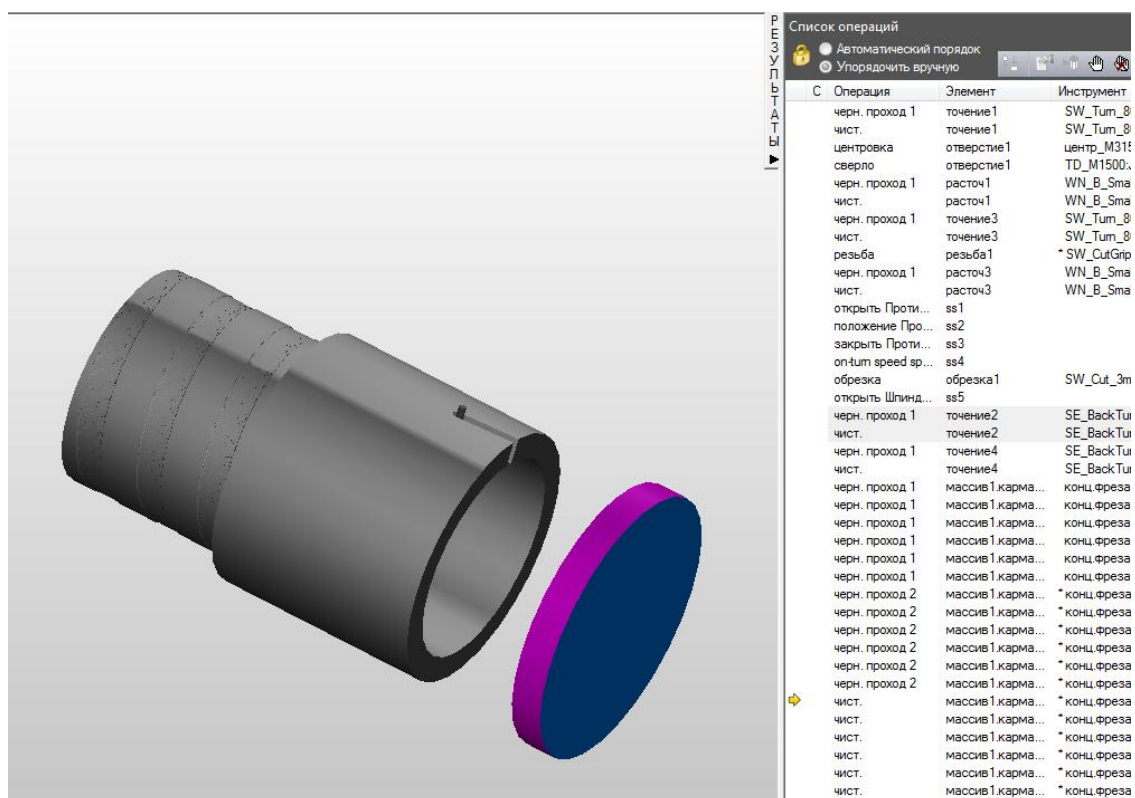


Рисунок 4.7 – Фрезерування пазів під пластинки твердого сплаву

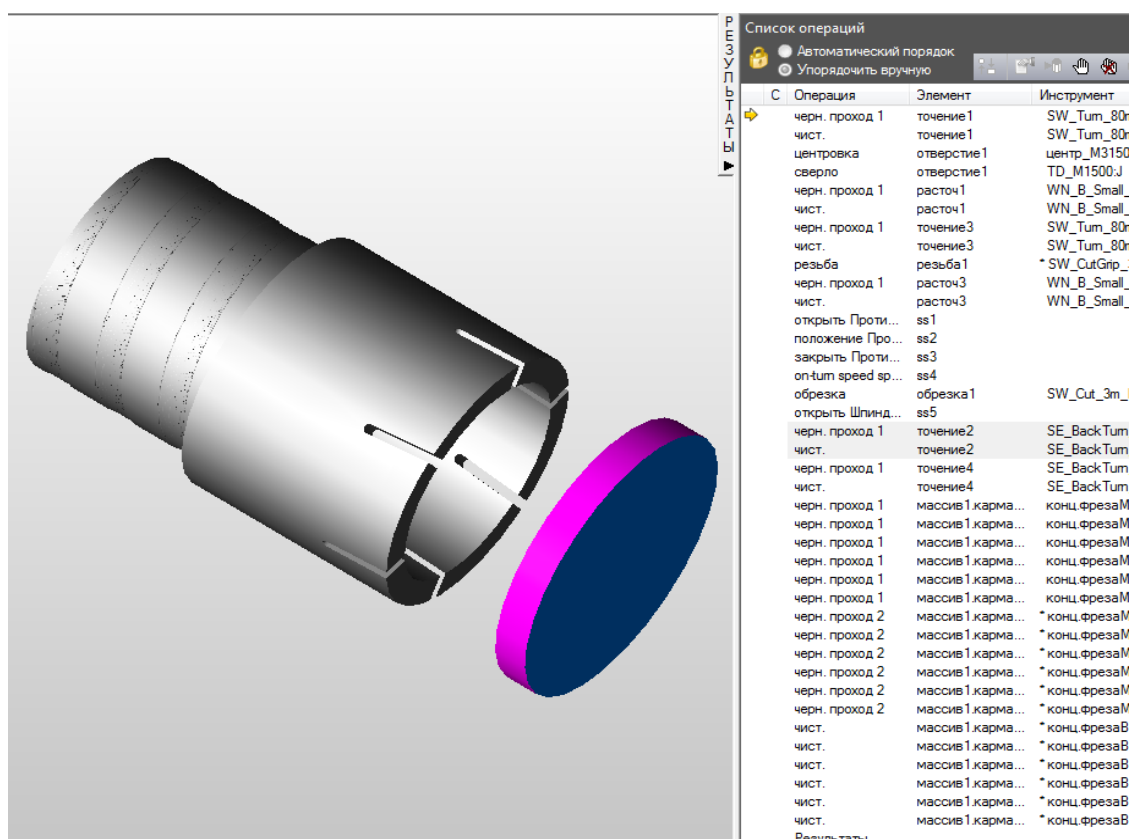


Рисунок 4.8 – Загальний вигляд отриманої деталі на токарну операцію

9. Частина коду керуючої програми для деталі "Різева головка кільцевого свердла" у програмі FeatureCAM:

%	(DRILL ВІДТВЕРДЖЕННЯ1)
(TURN ROUGH ТОЧЕННЯ1)	(T3 = TD_M1500: J)
(T1 = SW_Turn_80m_RH)	N215 T303
N25 T101	N220 G97 S711 M03
N30 GG54	N225 M8
N35 G50 S4000	N230 Z0.1969
N40 G97 S463 M03	N235 Z0.1181
N45 M8	N240 G83 Z-3.327 R0.1181 I0.5906
N50 G00 X1.8976 Z0.1181	J0.5906 K0.5906 F0.0089
N55 G96 S230	N245 G80
N60 G01 Z-1.4528 F0.015	N250 M9
N65 X1.9685	N255 G28 U0.
N70 X1.9963 Z-1.4388	N260 G28 W0.
N75 G00 Z0.1181	(BORE ROUGH ПАСТОч1)
(TURN FINISH ТОЧЕННЯ1)	(T4 = WN_B_Small_80m_RH)
N85 G50 S4000	N275 T404
N90 G96 S330	N280 G50 S4000
N95 X-0.3633 Z0.0381	N285 G97 S934 M03
N100 G01 X-0.0787 Z0. F0.006	N290 M8
N105 X1.811	N295 G00 X0.9409 Z0.1969
N110 G03 X1.8898 Z-0.0394	N300 G96 S230
R0.0394	N3825 X1.4847 Z0.6074
N115 G01 Z-1.4567	N3830 X1.4759 Z0.5568
N120 X2.2835	N3835 X1.4671 Z0.6074
N125 X2.5062 Z-1.3453	N3840 X1.4583 Z0.5568
N130 M9	N3845 X1.4495 Z0.6074
N135 G28 U0.	N3850 X1.4407 Z0.5568
N140 G28 W0.	N3855 X1.4319 Z0.6074
(SPOTDRILL ВІДТВЕРДЖЕННЯ1)	N3860 X1.4231 Z0.5568
(T2 = центр_M3150-1250)	N3865 X1.4143 Z0.6074
N155 T202	N3870 X1.4055 Z0.5568
N160 G97 S702 M03	N3875 Z0.6074 F4.26
N165 M8	N3880 Z0.603
N170 G00 X0. Z0.1969	N3885 G03 Z0.5981 R0.0141 F2.13
N175 Z0.1181	N3890 G01 Z0.1437 F4.26
N180 G01 Z-0.5842 F0.009	N3895 Z0.6138
N185 G00 Z0.1181	N3900 Z0.4805
N190 M9	N3905 G03 Z0.4758 R0.0141 F2.13
N195 G28 U0.	N3910 G01 Z0.4718 F4.26
N200 G28 W0.	N3915 Z0.6074

N3920 X1.3991 Z0.5568 F2.13
 N3925 X1.3903 Z0.6074
 N3930 X1.3815 Z0.5568
 N3935 X1.3727 Z0.6074
 N3940 X1.3639 Z0.5568
 N3945 X1.3551 Z0.6074
 N3950 X1.3463 Z0.5568
 N3955 X1.3375 Z0.6074
 N3960 X1.3287 Z0.5568
 N3965 X1.3199 Z0.6074
 N3970 X1.3111 Z0.5568
 N3975 X1.3023 Z0.6074
 N3980 X1.2935 Z0.5568
 N3985 X1.2847 Z0.6074
 N3990 X1.2759 Z0.5568
 N3995 X1.2671 Z0.6074
 N4000 X1.2583 Z0.5568
 N4005 X1.2494 Z0.6074
 N4010 X1.2406 Z0.5568
 N4015 X1.2318 Z0.6074
 N4020 X1.223 Z0.
 N7845 X0.4092 Z0.6074
 N7850 X0.4004 Z0.5568
 N7855 X0.3916 Z0.6074
 N7860 X0.3828 Z0.5568
 N7865 X0.374 Z0.6074
 N7870 X0.3652 Z0.5568
 N7875 X0.3564 Z0.6074
 N7880 X0.3476 Z0.5568
 N7885 X0.3388 Z0.6074
 N7890 X0.33 Z0.5568
 N7895 X0.3212 Z0.6074
 N7900 X0.3124 Z0.5568
 N7905 X0.3036 Z0.6074
 N7910 X0.2948 Z0.5568
 N7915 X0.286 Z0.6074
 N7920 X0.2772 Z0.5568
 N7925 X0.2684 Z0.6074
 N7930 X0.2596 Z0.5568
 N7935 X0.2508 Z0.6074
 N7940 X0.242 Z0.5568
 N7945 X0.2332 Z0.6074
 N7950 X0.2244 Z0.5568
 N7955 Z0.6074 F4.26

N7960 Z0.603
 N7965 G03 Z0.5981 R0.0141 F2.13
 N7970 G01 Z0.1437 F4.26
 N7975 Z0.6138
 N7980 Z0.4805
 N7985 G03 Z0.4758 R0.0141 F2.13
 N7990 G01 Z0.4718 F4.26
 N7995 G00 X3.937
 N8000 M9
 N8005 G28 U0.
 N8010 G28 W0.
 M5
 N8020 M30
 %

ВИСНОВОК

В результаті проведеної роботи була спроектована різцева головка для кільцевого свердління заготовки зі сталі 50, діаметр свердління - 46 мм, довжина свердління 2 м. Зовнішній діаметр різцевої головки 45,7 мм, довжина 70 мм. Для цієї різцевої голівки розроблено технологію виготовлення. Спроектвані інструменти другого порядку: різьбовий різець для прямокутного різьблення та фасонна фреза для нарізування стружкових канавок. Виконали: вибір типу виробництва; вибір методу отримання заготовки; аналіз на технологічність; маршрут обробки заготовки; маршрут обробки поверхонь; обґрунтування технологічних баз; призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів; розрахунок режимів різання.

У спеціальному завданні було розкрито тему обробки глибоких отворів малого діаметра.

За допомогою програмного забезпечення було створено 3D модель головки. Також було розроблено управляючу програму для верстату з ЧПУ та проведено симуляцію обробки в спеціальній САМ системі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Розрахунок та конструювання кільцевого свердла. Навчальний посібник з курсу "Проектування та виробництво металорізального інструменту".
2. Чернічкін С. А. Кільцеве свердління та обробка глибоких отворів 1964 р.
3. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях»
4. Довідник технолога-машинобудівника. У 2-х т. Т1, за ред. А.Г. Косилової та Р.К. Мещерякова, 4-те вид., перер. та дод. - М.: Машинобудування, 1986. 656 с.
5. Довідник інструментальника / За заг. ред. І.А. Ординарцева - Л.: Машинобудування. Ленінград. отд-ня, 1987.-846 с.
6. Нефьод Н. А., Осипов К.А. Збірник завдань та прикладів з різання металів та різального інструменту. Вид. 3-тє, перераб. та доп., М., «Машинобудування», 1977 р.-288с.
7. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсове проектування за технологією машинобудування: Навчальний посібник для спец. вузів – 4-те вид., перероб. та дод. - Мінськ: Вища школа, 1983.-256 с.
8. 1. Клименко Г. П. Повышение качества процесса эксплуатации сверл для глубокого сверления / Г. П. Клименко, А. Ю. Андронов, М. А. Ткаченко // Резание и инструмент в технологических системах. Межд. научн.- техн. сборник. – Харьков : НТУ «ХПИ», 2005. – Вып. 68. – С. 267–272.