

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ ТА ТЕРМІНІВ

Слово/словосполучення		Скорочення
	В	
ватт		Вт
	Г	
градус Цельсія		°С
	Д	
державний стандарт України		ДСТУ
	К	
кілоньютон		кН
кілограм		кг
	М	
мегапаскаль		МПа
метрів за хвилину		м/хв
метрів за секунду		м/с
міліметрів за хвилину		мм/хв
	Н	
ньютон		Н
ньютон на метр		Н/м
	О	
обертів за хвилину		об./хв.
	С	
сантиметр		см
сторінка		с.

ВСТУП

Магістерська робота – це комплексне практичне завдання, виконане на основі отриманих раніше знань з фундаментальних загально інженерних наук.

У даній роботі використовуються знання з таких дисциплін як: деталі машин, опір матеріалів, обробка металів різанням, металорізальні верстати та системи, металорізальний інструмент, технологія машинобудування і багато інших.

Темою моєї магістерської роботи є проектування технологічного процесу обробки мітчика–протяжки, для нарізання трапецеїдальних різьб. Це дозволило закріпити на практиці отримані раніше знання з фундаментальних технічних дисциплін, як наслідок підтвердити вміння приймати правильні інженерні та технічні рішення для конкретно поставленого завдання. Також важливу роль має обґрунтування вибору технологічного процесу, обладнання та номенклатури металорізального інструменту.

Випускна магістерська робота має конструкторсько-технологічний характер і складається з текстової та графічної частин, які можуть бути виконані із застосуванням сучасних програмних продуктів таких як: для текстової частини: MS Office; для графічної ряд таких програм як: SolidWORKS, FeatureCAM, PowerSHAPE 2016.

Тому передбачається конструювання, аналіз технологічності мітчика–протяжки, розробка технологічного процесу його виготовлення, оптимізація методів і режимів обробки, удосконалення використовуваного обладнання, пристосувань і різального інструменту, розробка керуючої програми і код керуючої програми; створювання креслення готової деталі і оформлення презентації.

1 АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Способи утворення різьби

Основні методи створення різьб наступні:

- нарізування різьбовими різцями або різьбовими гребінками;
- нарізування плашками, різьбонарізними головками і мітчиками;
- накатування за допомогою плоских або круглих накатних плашок;
- фрезерування за допомогою спеціальних різьбових фрез;
- шліфування абразивним кругом.

Нарізування різьби різцями. За допомогою різьбових різців і гребінок на токарно-гвинторізних верстатах нарізують різьбу як зовнішню, так і внутрішню (внутрішня різьба, починаючи з діаметра 12 мм і вище).

Спосіб нарізання різьби різцями характеризується відносно невисокою продуктивністю, тому в даний час він застосовується в основному в дрібносерійному і індивідуальному виробництві, а також при створенні точних гвинтів, калібрів, ходових гвинтів і т. д. Перевагою цього способу є простота ріжучого інструменту і порівняно висока точність одержуваної різьби. Схематично він полягає в наступному, рисунок 1.1: при одночасному обертальному руху деталі, на якій нарізується різьба, і поступальному русі різця (на токарному верстаті – II) останній знімає (вирізає) частину поверхні деталі у вигляді гвинтової лінії (I).

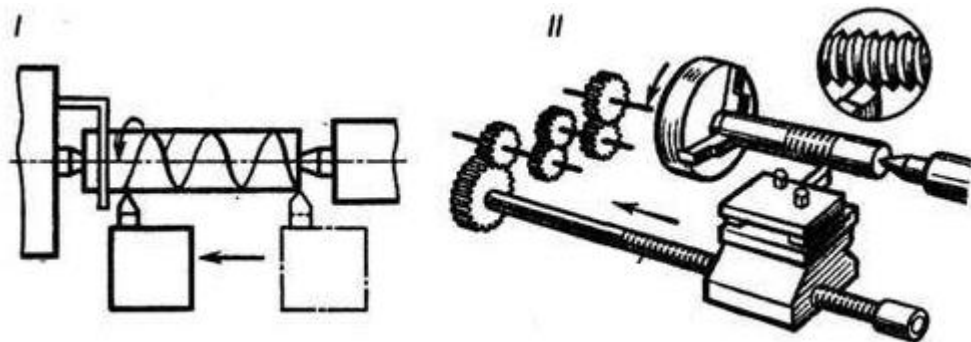
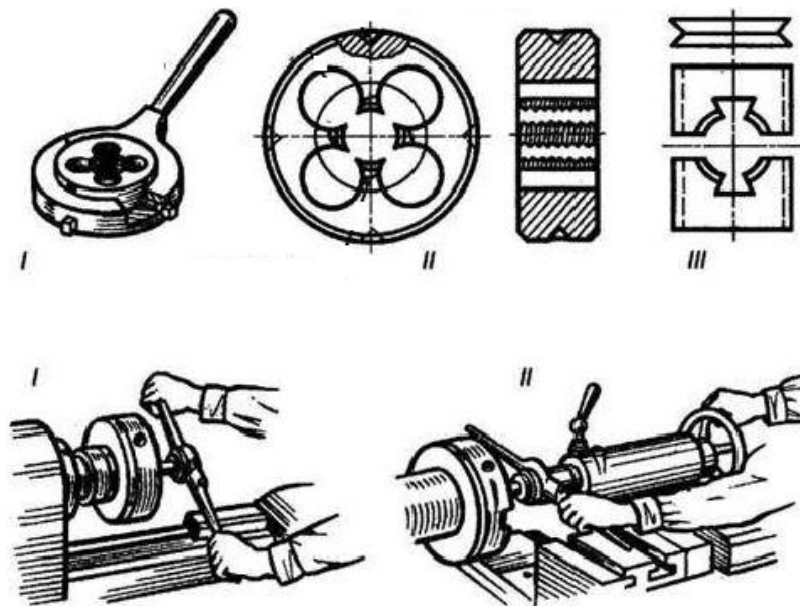


Рисунок 1.1 – Спосіб нарізання різьби різцями

Нарізування різьби плашками і мітчиками. На рисунку 1.2 показані плашки, які за своїми конструктивними особливостями діляться на круглі – I і II (лерки) і розсувні – III (крупові).

Круглі плашки, що мають застосування на монтажних, заготівельних та інших роботах, призначені для нарізування зовнішньої різьби діаметром до 52 мм в один прохід. Для більшої різьби застосовують плашки особливої конструкції, які фактично служать лише для зачистки різьби після попередньої нарізки її іншими інструментами.

Розсувні плашки складаються з двох половин, що вставляються в крупі і поступово зближуються в процесі різання.



Рисунку 1.2 – Види плашок і спосіб кріплення

При нарізуванні різьби на металорізальних верстатах (II) плашка встановлюється і закріплюється в спеціальному патроні або пристосуванні, рисунок 1.2. Деталь подається в калібруючу частину обертаючої плашки. Внутрішню кріпильну різьбу в переважній більшості випадків нарізають мітчиками.

Мітчик, зображений на рисунку 1.3, являє собою сталевий стрижень з різьбою, розділений поздовжніми прямими або гвинтовими канавками, що утворюють ріжучі кромки. Ці ж канавки служать для виходу стружки. За

способом застосування мітчики поділяються на ручні та машинні.

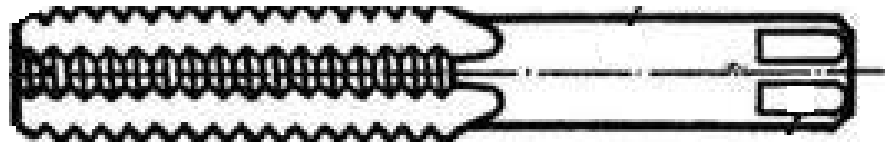


Рисунок 1.3 – Мітчик

Послідовність отримання різьби в глухих отворах така, рисунок 1.4: спочатку висвердлюють гніздо, куди в подальшому буде загорнута шпилька або гвинт. Діаметр свердла повинен бути вибраний з табл. рекомендованих стандартом ГОСТ 9150–81 величин. Різьбу нарізають комплектом з двох або трьох мітчиків (малого, середнього та нормального, чистового) в залежності від розміру різьби. Нарізати різьбу одним мітчиком (нормальним) за один захід не можна. Це веде до поломки мітчика.

Для метричної різьби з великим кроком і дюймової різьби комплект складається з трьох мітчиків, для метричної різьби з дрібним кроком і трубного різьби – з двох.



Рисунок 1.4 – Послідовність отримання різьби

Накатування різьби.

Основний промисловий метод виготовлення різьблення в даний час – накатка на спеціальних різьбонакатних верстатах, що мають корпус трьох–роликової головки 1, роликотримач 2 і накатного ролику 3, рисунок. 1.5. Деталь 4 затискається в лещатах супорта. В цьому випадку при великій продуктивності

забезпечується отримання високої якості виробу (форми, розмірів і шорсткості поверхні).

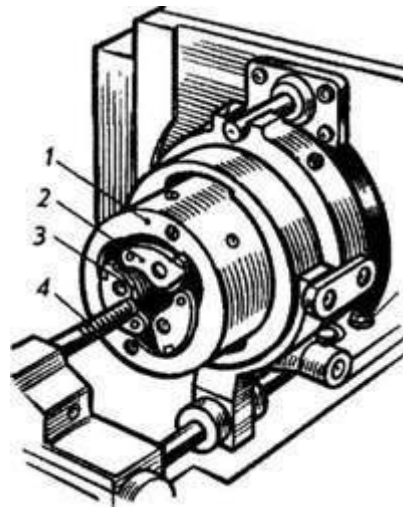


Рисунок 1.5 – Накатування різьби

Процес накатування різьби полягає в створенні різьби на поверхні деталі без зняття стружки за рахунок пластичної деформації поверхні оброблюваної деталі. Схематично це виглядає так. Деталь прокочують між двома плоскими плашками, рисунок 1.6 – I, або циліндричними роликками, рисунок 1.6 – II, III, що мають різьбовий профіль, і на стрижні видавлюється різьба такого ж профілю. Найбільший діаметр накатаної різьби 25 мм, найменший 1 мм; довжина накатаної різьби 60 ... 80 мм.

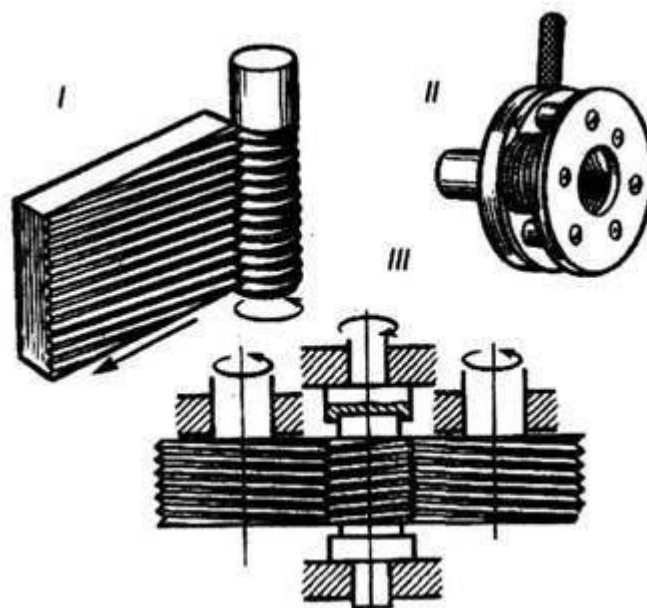


Рисунок 1.6 – Схема накочування різьби

Фрезерування різьби.

Фрезерування зовнішньої і внутрішньої різьби проводиться на спеціальних Різьбофрезерних верстатах. В цьому випадку обертається гребінчаста фреза при радіальній подачі врізається в тіло деталі і фрезерує різьбу на її поверхні. Періодично відбувається осьове переміщення деталі або фрези від спеціального копіра на величину, рівну кроку різьби за час одного обороту деталі, рисунок 1.7.

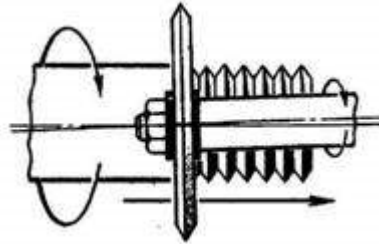


Рисунок 1.7 – Фрезерування різьби

Шліфування точної різьби.

Шліфування як спосіб створення різьби застосовується головним чином для отримання точної різьби на порівняно коротких різьбових деталях, наприклад різьбових пробках – калібрах, різьбових роликах і т. д.

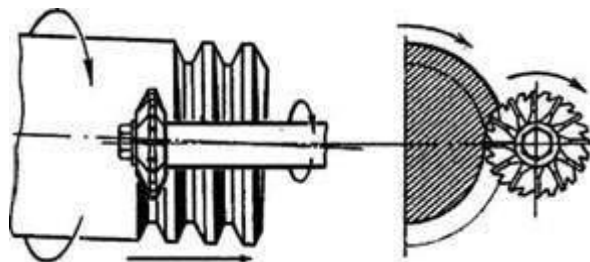


Рисунок 1.8 – Шліфування різьби

Сутність процесу полягає в тому, що шліфувальний круг, розташований до деталі під кутом підйомна різьби, при швидкому обертанні і при одночасному повільному обертанні деталі з подачею уздовж осі на величину кроку різьби за один оборот вирізає (вишліфовує) частину поверхні деталі. Залежно від конструкції верстата і ряду інших чинників різьба шліфується за два-чотири і більше проходи, рисунок 1.8.

Нарізування різьби прямокутного і трапецеїдального профілю має ряд

особливостей в порівнянні з нарізуванням різьби трикутного профілю. Прямокутні і трапецеїдальні різьби часто бувають багаті західні (з числом заходів 2, 3 і більше), тому кут підйому гвинтової лінії цих різьб може значно перевищувати кут підйому гвинтової лінії трикутної різьби і досягає $m > 40$ градусів. Різьби прямокутного і трапецеїдального профілю нарізають стрижневими різцями, профіль яких повинен відповідати профілю, що утворюється при перетині гвинтової поверхні різьби з передньою поверхнею різця. Головну ріжучу кромку виконують паралельно осі нарізуваної різьби, передній кут різця $\gamma = 0$, а задня $\alpha = 6 - 8$ градусів. Для забезпечення нормальних умов різання необхідно, щоб дійсний задній кут був не менше 3 градусів. При нарізанні правої різьби задній кут біля лівої ріжучої кромки різця повинен бути на 2 градуси більше кута підйому гвинтової лінії різьби, а задній кут біля правої ріжучої кромки – близько 3 градусів; при нарізанні лівої різьби значення цих кутів змінюються на протилежні.

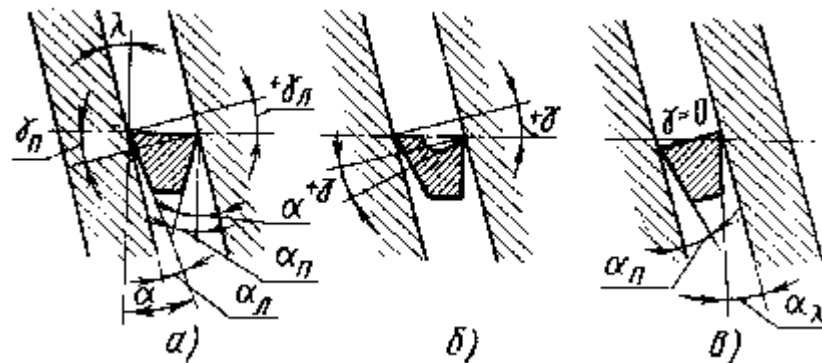


Рисунок 1.9 – Спосіб встановлення різця

Найбільшого поширення набули два способи установки різця при нарізуванні різьблення з кутом підйому гвинтової лінії $m > 4$ градусів. При першому способі головну ріжучу кромку встановлюють паралельно осі деталі, (Рисунок 1.9 – а), що дозволяє нарізати різьбу, профіль якої збігається з профілем різця. Недоліком цього способу є неоднакові умови роботи бічних ріжучих кромки різця. Кут різання у правій бічній кромки більше 90 градусів ($-gn$), що погіршує умови різання цієї кромки. Для усунення цього недоліку на передній поверхні уздовж ріжучої кромки виконують канавку, рисунок 1.9 – б. Однак при цьому послаблюється перетин ріжучої кромки і знижується її стійкість. Крім того,

зі збільшенням кута підйому гвинтової лінії навантаження на різець зростає і він починає відхилятися вліво і вниз, що може привести до подрізання профілю різьби. При другому способі, рисунок 1.9 – в, головну ріжучу кромку різця встановлюють перпендикулярно гвинтовій лінії, тобто боковим поверхням різьбової канавки.

У цьому випадку обидві бічні ріжучі кромки знаходяться в однакових і більш сприятливих умовах роботи. Недоліком цього способу є спотворення профілю різьби, яке тим більше, чим більше кут підйому гвинтової лінії. З огляду на переваги і недоліки кожного способу, другий спосіб установки різця використовують при чорнових проходах для зняття великих припусків.

При нарізанні різьби з кроком 3...4 мм, а також при виконанні чистових проходів (знімається припуск 0,2...0,03 мм) застосовують перший спосіб установки різця. Головну ріжучу кромку встановлюють точно на лінії центрів верстата за допомогою шаблону. Для точного встановлення головки різця застосовують спеціальну державку (рисунок 1.10). Головка 3 різця може переміщатися щодо корпусу 4.

Фіксують головку в потрібному положенні, рисунок 1.10. А щодо шкали В гвинтом 6, який нагвинчують на стрижень 5 головки по різьбі з великим кроком і ввинчують в корпус 4 по різьбі з дрібним кроком. Такий пристрій дозволяє надійно закріплювати головку 3 в потрібному положенні. Різець 1 кріплять в голівці гвинтом 2. Іноді головку різця виконують з прорізом, яка дозволяє різцю незначно віджиматися, що підвищує якість обробленої поверхні.

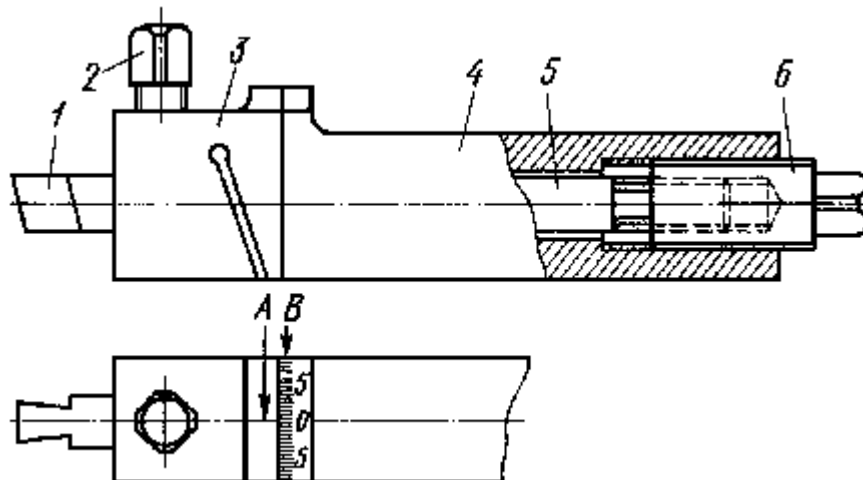


Рисунок 1.10 – Кріплення різця

Трапецеїдальні різьби з кроком більше 3...4 мм нарізають двома способами.

Перший спосіб: канавочним різцем, ширина якого на 0,1...0,2 мм менше ширини профілю різьби, прорізають гвинтову канавку з внутрішнім діаметром, рівним внутрішньому діаметру нарізуваної різьби; потім гвинтовій канавці надається форма трапеції (правим і лівим різцем), ширина основи якої по зовнішньому діаметру різьби на 0,3...0,4 мм менше необхідної; остаточну обробку бічних поверхонь різьби здійснюють різцем з повним профілем, рисунок 1.11.

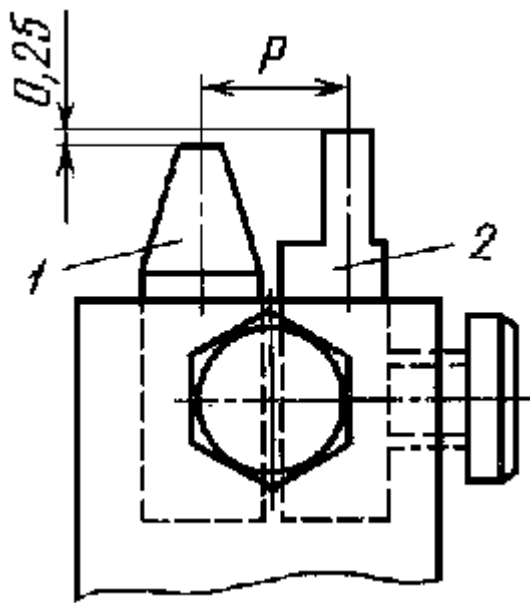


Рисунок 1.11 – Метод отримання різьби

Другий спосіб: трапецеїдальним різцем прорізають профільну канавку, ширина якої по середньому діаметру різьби на 0,3...0,4 мм менше необхідної; потім цю канавку прорізають різцем на глибину до уявної поверхні внутрішнього діаметра різьби; остаточну обробку бічних поверхонь різьби здійснюють різцем з повним профілем.

1.2 Призначення і область застосування мітчика–протяжки

У сучасному машинобудуванні використовується багато деталей з внутрішньою різьбою круглого, трапецеїдального, прямокутного та інших профілів. Наприклад, трапецеїдальна різьба діаметром 8 – 640 мм призначена для передачі руху в різних гвинтових механізмах: ходових гвинтах верстатів і різноманітних відлікових пристроїв, гвинтах супортів, вантажних гвинтах домкратів, пресів тощо. Таке застосування пояснюється малим кутом профілю (30° замість 60° у метричній різі), що забезпечує підвищений ККД за рахунок зниженого коефіцієнту тертя.

Профіль трапецеїдальної різьби регламентований ГОСТ 9484–81 (СТСЭВ 146–78). Діаметри і кроки – ГОСТ 24738–81 (СТСЭВ 639–77), [10, табл. 4,39], основні розміри – ГОСТ 24737–81 [10, табл. 4,40]. Для нарізання таких різьб використовується мітчик–протяжка). Особливостями цього інструменту є знаходження хвостовика попереду ріжучої частини; довжина ріжучої частини (забірний конус) в 10...20 разів більша за ручні і машино–ручні мітчики, зубці не затилуються, а заточуються по задній поверхні, по двом площинам під кутами $\alpha_1 = 12^{\circ}\dots 15^{\circ}$; $\alpha_2 = 30^{\circ}\ 40^{\circ}$.

Нарізання різі мітчиком–протяжкою виконується на токарно–гвинторізному верстаті при швидкості різання 3–5 м/хв. Заготовку надягають на хвостовик мітчика–протяжки і закріплюють у трьохкулачковий патрон верстата, рисунок 1.12.

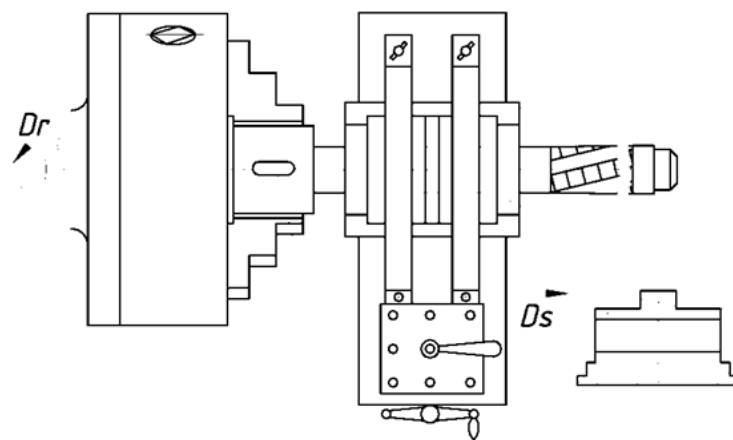


Рисунок 1.12 – Загальний вигляд встановлення інструменту

Хвостовик вставляють у отвір державки, яка встановлена у різцетримачі супорту, і з'єднують їх за допомогою клина. Встановлюють на верстаті величину

повздовжньої подачі, відповідно кроку нарізаної різі ($S_{\text{позд}} = P$), з'єднують повздовжній суппорт з ходовим гвинтом і вмикають обертання шпинделя. Якщо заготовку закріпити у патроні не можливо, то її закріплюють за допомогою пристрою на супорті, а хвостовик мітчика–протяжки закріплюють у патроні за допомогою втулки і клину, рисунок 1.13.

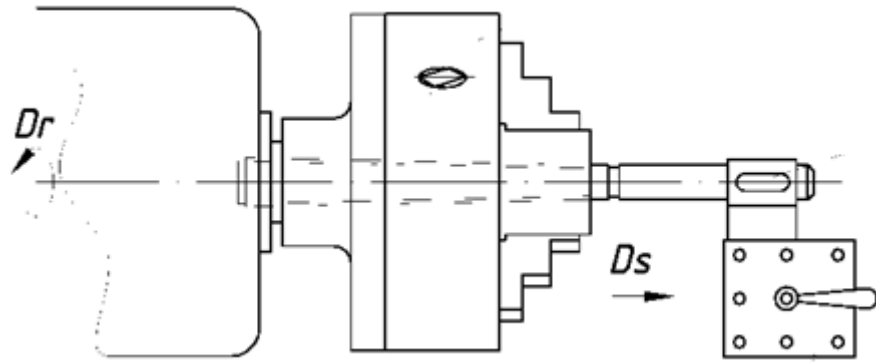


Рисунок 1.13 – Кріплення інструмента та заготовки

1.3 Аналіз ефективності використання мітчика-протяжки

Основною задачею даної роботи є проектування інструменту для нарізання трапецеїдальної різьби в деталі «Гайка». Ескіз деталі показано на рисунку 1.14. Серед наведених вище способів нарізання різьб, для нарізання трапецеїдальної різьби в отворі, в умовах крупносерійного виробництва, можуть бути використані два – нарізання різцем та мітчиком-протяжкою.

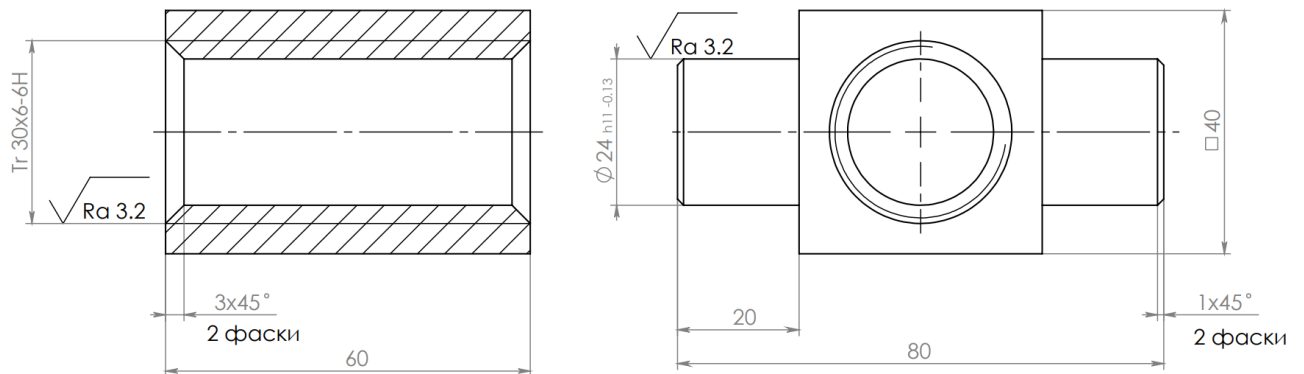


Рисунок 1.14 – Ескіз оброблюваної деталі

Для визначення ефективності обробки та її продуктивності, проведемо попередні розрахунки режимів різання та основного часу обробки заданої різьби. Вихідні дані для розрахунків в обох варіантах приймаємо однаковими, обробка може виконуватись на одному універсальному токарно-гвинторізному верстаті:

Профіль різьби – Tr 30×6 – 6 мм; $\alpha = 30^0$;

Довжина різьбового отвору – 60 мм;

Матеріал деталі – сталь 45, 220 НВ;

Отвір в заготовці попередньо розточений;

Обладнання – токарно-гвинторізний верстат 16К20;

Інструментальний матеріал – швидкоріжуча сталь Р6М5.

Розрахунки проводимо за рекомендаціями довідникової літератури [15].

Результати розрахунків зведено в таблицю 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняння режимів різання при нарізанні різьби точінням і протягуванням

Режим різання	Позначення	Одиниці виміру	Точіння	Протягування
Глибина різання	$t_{\text{чорн}}$	мм	2,4 (0,2мм за прохід)	3,6
	$t_{\text{чист}}$	мм	1,2 (0,13мм за прохід)	
Кількість проходів	$i_{\text{чорн}}$		12 [15, с. 294, табл. 46]	1
	$i_{\text{чист}}$		9 [15, с. 294, табл. 46]	
Подача	$S_{\text{позд}}$	мм/об	6	6
Швидкість різання	$V_{\text{чорн}}$	м/хв	33 [15, с. 296, табл. 49]	4 [15, с. 299, табл. 52]
	$V_{\text{чист}}$	м/хв	61.7 [15, с. 296, табл. 49]	
Частота обертання	$n_{\text{чорн}}$	хв ⁻¹	315	40
	$n_{\text{чист}}$	хв ⁻¹	630	
Основний час	$T_{0\text{чорн}}$	хв	0,42	0,28
	$T_{0\text{чист}}$	хв	0,16	

Аналізуючи результати попередніх розрахунків видно, що загальний час обробки трапецеїдальної різьби токарним різцем (чорнові і чистові проходи) в два рази більший, ніж при протягуванні. Це пов'язано з великою кількістю проходів при обробці глибокого профілю різцем. Протягування ж забезпечує обробку за один робочий хід із забезпеченням необхідної точності оброблюваної поверхні. Отже доцільність використання мітчика-протяжки в даному випадку вважаю обгрунтованою.

Також, необхідно враховувати, що мітчик-протяжка є доволі складним за конструкцією інструментом і має набагато більшу вартість у виготовленні, ніж різьбові різці. Тому, для визначення економічної ефективності необхідно порівнювати повні технологічні процеси і собівартості виробництва цих інструментів. Але в умовах крупносерійного виробництва використання спеціального, а не універсального інструмента частіше за все економічно виправдано. Це можливо за рахунок зменшення допоміжного часу на міжопераційні переходи і ручний труд, а також зменшення відсотка браку за рахунок виключення впливу людського фактору в процесі виробництва.

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1 Проектування мітчика – протяжки

2.1.1 Розрахунок конструктивно – геометричних параметрів

Хвостовик.

Діаметр хвостовика рівний початковому діаметру отвору під різьбу і розраховується за формулою 2.1:

$$d_x = d_0 = D_1 \quad (2.1)$$

Граничне відхилення d_x призначають за $e8$.

Довжина хвостовика (відстань до зварного шву) розраховується за формулою 2.2:

$$l_x = S + C + l_3 + (10 - 15) \text{ мм}, \quad (2.2)$$

де S – відстань від переднього торцю до пазу;

C – довжина пазу під клин;

l_3 – довжина заготовки.

Ріжуча частина (забірний конус).

При нарізанні трапецеїдальної мітчиком–протяжкою зняття припуску (формування впадин) виконується по одинарно–генераторній схемі різання.

Довжина ріжучої частини визначається за формулою 2.3:

$$l_p = P \cdot h / (Z \cdot a_z), \quad (2.3)$$

де h – висота профілю нарізаної різі, визначається за формулою 2.4.

$$h = (d - d_1) / 2 \quad (2.4)$$

де d – зовнішній діаметр мітчика визначається за формулою 2.5.

$$d = (D + eid + 2a_c)_{-Td} \quad (2.5)$$

де a_c – зазор між зовнішнім діаметром і внутрішнім діаметром різьби гайки [10, табл. 4.40].

Кількість пер Z вибирається за таблицею [10, табл. 1,29].

Подача на зуб a_z визначається за формулою 2.6.

$$a_z = (P/Z \cdot a_z) \cdot \sin \varphi \quad (2.6)$$

де φ – кут заборного конуса [10, табл. 4.40].

Для нарізання високих ($H/d \geq 1,2$) і особливо високих ($H/d \geq 1,5$) гайок з важкооброблюваних матеріалів застосовують мітчики–протяжки з переривчастої ріжучої частиною. Наявність додаткового конуса з кутом φ_1 на кожній ділянці створює кращі умови для змащення, виходу стружки і знижує тертя. Найменший діаметр додаткового конуса дорівнює найбільшому зовнішньому діаметру зубів на попередній ділянці ріжучої частини мітчика.

Калібруюча частина.

Довжина калібруючої (циліндричної) частини – l_k приймається рівною $(0,6-1) d$, але не менше трьох кроків (ЗР) визначається за формулою 2.7.

$$l_k = (0,6 - 1)d \quad (2.7)$$

Різьба на калібруючій частині робиться зі зворотною конустістю (зменшення діаметрів: d, d_2, d_1 в напрямку до задньої направляючої) $0,16 - 0,2$ мм на 100 мм довжини.

Напрямок, кут нахилу і профіль стружкових канавок

Мітчики–протяжки роблять з гвинтовими стружковими канавками. Для нарізання правої різьби напрямок канавок ліве, а для лівої різьби – праве.

Кут нахилу канавок ω приймається рівним куту нахилу гвинтової лінії різьблення – τ , який розраховується за формулою 2.8.

$$\omega = \tau = \operatorname{arctg} \cdot \frac{P}{\pi \cdot d_2}. \quad (2.8)$$

Передній і задній кути

У мітчиков–протяжок зуби не затилуються, а заточуються по задній поверхні по двох площинах під кутами α_1 і α_2 . Чисельні значення переднього – γ і задніх кутів α_1 і α_2 .

Діаметр серцевини, ширина пера і стрічки вибираються по [10, табл. 1.29]. Діаметр задньої направляючої приймається рівним діаметру хвостовика визначається за формулою 2.9.

$$d_{3H} = d_{XB}. \quad (2.9)$$

Загальна довжина мітчика визначається за формулою 2.10.

$$L = l_X + l_P + l_K + l_{3H}. \quad (2.10)$$

Крок гвинтових стружкових канавок визначається за формулою 2.11:

$$P_K = \frac{\pi \cdot d}{\tan \omega} \quad (2.11)$$

Параметри мітчика–протяжки для нарізування трапецеїдальної різьби, підлягають вибору і розрахунку. Загальний вигляд мітчика–протяжки на рисунку 2.1.

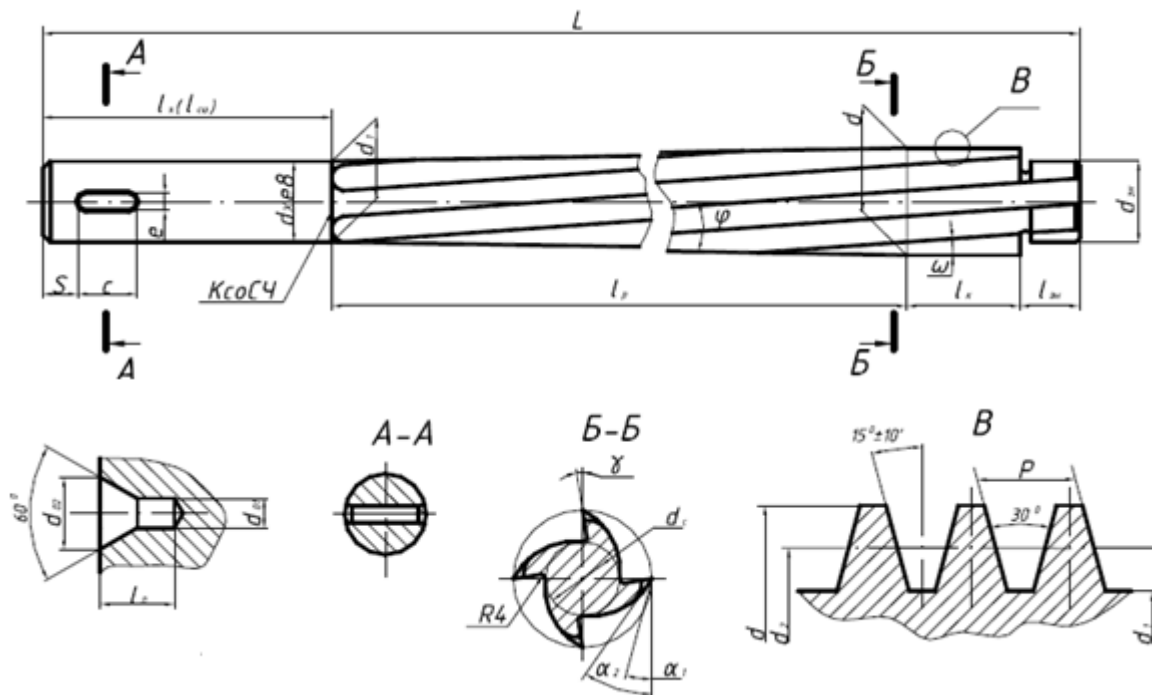


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд мітчика–протяжки

Розрахунок мітчика–протяжки для нарізання трапецеїдальної різьби.

Вихідні данні: Tr 30×6 – 6 мм; $\alpha = 30^\circ$; матеріал заготовки – сталь 45, 220 НВ; довжина заготівки (гайка) – 60 мм.

Номінальний середній – D_2 та внутрішній D_1 діаметри трапецеїдальної різьби гайки визначаємо за формулам 2.12 і 2.13.

$$D_2 = D - 0,5P, \quad (2.12)$$

$$D_2 = 30 - 0,5 \cdot 6 = 27 \text{ мм},$$

$$D_1 = D - P, \quad (2.13)$$

$$D_1 = 30 - 6 = 24 \text{ мм}.$$

Довжина хвостовика (відстань до зварного шва) за формулою 2.14.

$$l_{\text{СШ}} = l_{\text{Х}} = 60 + 12 + 20 + 12 = 104 \text{ мм}. \quad (2.14)$$

За [10, табл. 4.29] знаходжу допуск на середній діаметр різьби гайки ступеня точності 6Н – $TD_{2(6)}=0.355 \text{ мм}$.

За таблицею [10, табл. 1.15] у залежності від ступеня точності нарізаємої різі – 6Н, знаходжу ступінь точності мітчика – 3.

Для мітчика ступеня точності 3 за табл. 1.18 знаходжу формулу розрахунку нижнього відхилення на середньому діаметрі мітчика за формулою 2.15.

$$\begin{aligned} \text{eid}_2 &= 0.5 \cdot \text{TD}_{2(6)}, & (2.15) \\ \text{eid}_2 &= 0,5 \cdot 0,355 = 0,177 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Середній діаметр різьби мітчика:

$$d_2 = 27 + 0,177 + 0,77 = 27,247_{-0.07} \text{ мм.}$$

Верхнє відхилення на середній діаметр мітчика визначається за формулою 2.16.

$$\begin{aligned} \text{esd}_2 &= \text{eid}_2 + \text{Td}_2, & (2.16) \\ \text{esd}_2 &= 0,177 + 0.07 = 0,247 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Гарантований запас на знос по середньому діаметру визначається за формулою 2.17.

$$\begin{aligned} \Delta_2 &= \text{esd}_2 - \text{eid}_2, & (2.17) \\ \Delta_2 &= 0,247 - 0,177 = 0.07 \text{ мм.} \end{aligned}$$

За формулою 2.18 знаходжу нижнє відхилення ні зовнішній діаметр мітчика.

$$\begin{aligned} \text{eid} &= 0,4 \cdot \text{TD}_{2(5)}, & (2.18) \\ \text{eid} &= 0,4 \cdot 0,355 = 0,142 \text{ мм.} \end{aligned}$$

Визначаю допуск на зовнішній діаметр різьби мітчика за формулою 2.19.

$$Td = 0,3 \cdot TD_{(5)}, \quad (2.19)$$

$$TD = 0,3 \cdot 0,355 = 0,106 \text{ мм.}$$

За формулою 2.5 знаходжу зовнішній діаметр мітчика.

$$d = (30 + 0,142 + 2 \cdot 0,5)_{-0,106} = 31,142 \text{ мм.}$$

Внутрішній діаметр різьби мітчика.

$$d_1 = D_1 = 24^{+0,5} \text{ мм.}$$

Висоту профілю нарізаємої різі визначаю за формулою 2.4.

$$h = \frac{31,142 - 24}{2} = 3,571 \text{ мм.}$$

Подачу на зуб розраховую за формулою 2.6.

$$a_z = (6/4) \cdot \sin 1^\circ 20' = 1,5 \cdot 0,0232 = 0,035 \text{ мм.}$$

Підставив у формулу 2.3 числові значення величин, знайду довжину ріжучої частини мітчика:

$$l_p = (6 \cdot 3,571)/(4 \cdot 0,035) = 153 \text{ мм.}$$

Довжина калібруючої частини за формулою 2.7.

$$l_K = 0,8 \cdot 31,142 = 25 \text{ мм.}$$

Довжина задньої направляючої [10, табл. 1.29].

$$l_K = 20 \text{ мм.}$$

Діаметр серцевини d_c [10, табл. 1.29] визначається за формулою 2.20.

$$\begin{aligned} d_c &= 0,5 \cdot d, \\ d_c &= 0,5 \cdot 31,142 = 16 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (2.20)$$

Ширина пера b [10, табл. 1.29] визначається за формулою 2.21.

$$\begin{aligned} b &= 0,24 \cdot d, \\ b &= 0,24 \cdot 31,142 = 7,5 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (2.21)$$

Ширина стрічки $f=9^\circ$ [10, табл. 1.29].

Задні кути: $\alpha_1=14^\circ$; $\alpha_2=35^\circ$ [10, табл. 1.29].

Загальну довжину мітчика–протяжки визначаю за формулою 2.10.

$$L = 104 + 153 + 25 + 20 = 302 \text{ мм.}$$

Кут нахилу стружкових канавок розраховую за формулою 2.8.

$$\omega \cdot \arctg \frac{6}{3,14 \cdot 27,247} = \arctg 0,07^\circ = 4^\circ.$$

Крок гвинтових стружкових канавок розраховую за формулою 2.11.

$$P^K = \frac{3,13 \cdot 31,142}{0,0705} = 1387 \text{ мм.}$$

Зміщення заднього центру різьбошліфувального верстата для створення зворотної конусності:

$$S = 302 \cdot 0,1/100 = 0,302 \text{ мм.}$$

Результати розрахунків мітчика–протяжки зведені у таблиці 2.1

Таблиця 2.1 Результати розрахунків мітчика – протяжки.

Найменування параметру	Позначення	Числове значення
Відстань від торця хвостовика до пазу	S, мм	12
Довжина пазу під клин	l, мм	20
Ширина пазу під клин	e, мм	8
Діаметр хвостовика (передньої направляючої)	d _x , мм	24 ^{-0,04} _{-0,073}
Довжина хвостовика	l _x , мм	104
Зовнішній діаметр різьби	d, мм	31,142 _{-0,106}
Середній діаметр різьби	d ₂ , мм	27,247 _{-0,07}
Внутрішній діаметр різьби	d ₁ , мм	24 ^{+0,5}
Крок різьби	P, мм	6
Кут профілю різьби	α, град	30°
Число перів	Z, шт	4
Діаметр осердя	d _e , мм	16
Радіус на дні стружкової канавки	R, мм	4
Ширина стрічки	f, мм	0,6
Ширина пера	b, мм	7,5
Кути заточки (задні кути)	α ₁ , град	14
	α ₂ , град	35
Передній кут	γ, град	9
Кут забірного конусу	φ, град	1°20'
Кут нахилу стружкових канавок	ω, град	4
Довжина ріжучої частини (забірного конусу)	l _p , мм	153
Довжина калібруючої частини	l _к , мм	25
Довжина задньої направляючої	l _{зн} , мм	20
Діаметр задньої направляючої	d _{зн} , мм	24 ^{-0,04} _{-0,073}
Відстань до зварного шву	l _{зш} , мм	104
Загальна довжина мітчика	L, мм	302
Розміри цетрових отворів	d ₀₁ , d ₀₂ l ₀ , мм	ГОСТ 14034–74
Крок гвинтових стружкових канавок	P _к , мм	1387
Зміщення заднього центру верстата	S _к , мм	0,302

2.1.2 Обґрунтування інструментального матеріалу

Ефективність ріжучого інструменту, що визначається його працездатністю при максимально можливої стійкості, залежить головним чином від матеріалу робочої частини

Інструментальні матеріали відіграють вирішальну роль в підвищенні ріжучих властивостей інструменту і продуктивності праці, у формуванні точностних параметрів і якісних характеристик оброблюваних деталей. Для отримання інструментів з високими ріжучими властивостями інструментальні матеріали повинні відповідати таким основним вимогам

- мати високу теплостійкість і зносостійкість;
- бути високо твердими і міцними;
- мати можливість оброблятися в холодному і нагрітому стані;
- володіти достатньою теплопровідністю, малою чутливістю до циклічних коливань температури;
- бути економічно вигідними.

Застосування того чи іншого інструментального матеріалу в конкретних виробничих умовах обумовлюється службовим призначенням верстата і ріжучого інструменту, необхідної ефективністю процесу обробки, необхідною якістю і точністю оброблюваних поверхонь, матеріалом і видом заготовок.

P18 – найбільш поширена, універсальна марка швидкорізальної сталі заготовок, хімічний склад наведено в таблиці 2.2. Застосовується для виготовлення ріжучих інструментів (фрез, довб'яків, протяжок, мітчиків, шевера) для чорнової і чистової обробки конструкційних сталей з міцністю до 900Н/мм².

У зв'язку з дефіцитом вольфраму останнім часом набули поширення вольфрамо–молібденові сталі. З цих сталей переважне застосування має сталь P6M5.

P6M5 – швидкоріжуча сталь з підвищеним вмістом молібдену (Mo), нормальної теплостійкості. Хімічний склад представлений в таблиці 2.2. Сталь P6M5 близька за ріжучим властивостям до сталі P18, але має підвищену схильність до знеуглецювання при нагріванні. Вона значно дешевше сталі P18. Її широко застосовують для виготовлення ріжучих інструментів, використовуваних при обробці деталей з конструкційних матеріалів з міцністю до 900Н/мм, а також для інструменту, що працює при ударних навантаженнях і різьбонарізного інструменту. Сплав P6M5 зазвичай використовується для виготовлення різних інструментів, таких як свердла, розгортки та фрези.

P6M5K5, хімічний склад [3] наведено в таблиці 2.2. Дана сталь відноситься до групи швидкорізальних сталей з підвищеною продуктивністю. Вона перевершує P18 по теплостійкості (630 – 640°C), твердості (HRC \geq 64) і зносостійкості, але поступається по міцності і пластичності.

Таблиця 2.2 – Хімічний склад деяких сталей

	C, %	W, %	Cr, %	Mo, %	V, %	Co, %
P6M5K5	0,84 – 0,92	5,7 – 6,7	3,8 – 4,3	4,8 – 5,3	1,7 – 2,1	4,7 – 5,2
P18	0,7 – 0,8	17,0 – 18,5	3,8 – 4,4	1,0	1,0 – 1,4	–
P6M5	0,80 – 0,88	5,5 – 6,5	3,8 – 4,4	5,0 – 5,5	1,7 – 2,1	–

В'язкість у сталі P6M5 підвищена. Опір зносу – добрий. Здатність до шліфування, також гарна. Червоністьійкість 59 HRC при відпустці протягом 4 год – 600°C. Для P6M5 також характерна підвищена схильність до знеуглецювання

Хвостовик мітчика–протяжки буде виконаний зі сталі 40X, для зниження вартості інструменту, яка містить: 0,40% вуглецю, 0,20% марганцю, 0,20% кремнію, 0,1% хрому, \leq 0,3% нікелю, \leq 0,035% сірки і \leq 0,035% фосфору.

Основна перевага швидкорізальної сталі – висока теплостійкість. Інструмент з цієї сталі зберігає високу гарячу твердість до 600 – 640°C і допускає в 3 – 5 разів більше продуктивні режими різання.

Сталь 40X використовується для деталей, що працюють при середніх окружних швидкостях, високих питомих тисках і невеликих ударних навантажень; для валів, що працюють в підшипниках кочення. Хімічний склад сталі 40X зведений у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Хімічний склад сталі 40X (ГОСТ 4543 – 71)

C, %	P, %	Mn, %	S, %	Si, %	Ni, %	Cr, %	Cu, %
0,36–0,44	0,035%	0,50–0,80%	0,035%	0,17–0,37%	0,30%	0,80–1,10%	0,30%

До термообробки сталі 40X висувають особливі вимоги. Час охолодження

деталей з цієї сталі в воді або на повітрі або в воді має бути невеликим через її схильності до відпускнуї крихкості і холодноламкості.

Наявність хрому зменшує критичну швидкість загартування і запобігає зростання зерна. Температура мартенситного перетворення сталі 40X нижче, гартування її вище, ніж у простій вуглецевої ст.40. В результаті її відпуску проводиться при більш високій температурі. Фізико–механічні і технологічні властивості сталі 40X зведені до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Фізико–механічні і технологічні властивості сталі 40X

Фізико–механічні властивості						Технологічні властивості
Густина ρ , г/см ³	Межа міцності при розтязі σ_B , МПа	Модуль пружності E, МПа	Після закалювання			Температура кування, °C
			Межа міцності при розтязі σ_B , МПа	Ударна в'язкість $a_n \cdot 10^5$, Дж/м ²	HRC	
7,85	600	218500	1500	3	46 –51	800-1250

Сталь 40X відноситься до групи поліпшених. Її експлуатаційні характеристики дійсно поліпшуються в результаті правильного термічного впливу. Завдяки цьому, механічні характеристики стали вище, ніж у цілого ряду конструкційних сталей. При збереженні досить високої в'язкості і пластичності, ця сталь є однією з найбільш міцних.

2.1.3 Технічні вимоги до інструменту

Технічні вимоги на мітчики викладені в ГОСТ 3449 – 84 Е.

Розглянемо деякі вимоги, які не були розглянуті вище.

Для нарізування різьби в заготовках з вуглецевих сталей, конструкційних вуглецевих якісних сталей, низьколегованих сталей, кольорових металів, сплавів і пластмас рекомендуються мітчики з швидкорізальної сталі марки Р6М5.

Для нарізування різьби в заготовках з високолегованих, важкооброблюваних, жароміцних, корозійностійких сталей і сплавів

рекомендуються мітчики з швидкорізальних сталей марок: Р6М5К5 (основна), Р9М4К8 і Р9К10. Машинно–ручні мітчики діаметром від 1 до 2,5 мм допускається виготовляти з вуглецевої сталі марок У11А і У12А. Прямі хвостовики зварних машинно-ручних і гучних мітчиків повинні виготовлятися зі сталі 45 або 40Х. Твердість робочої частини мітчика приведена в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Значення твердості (HRC) робочої частини мітчиків

Мітчик	З швидкоріжучої сталі	З вуглецевої сталі
d < 6 мм	61...63	59...61
d > 6 мм	62...65	60...62

Граничні відхилення розмірів і кутів вибираються відповідно до функціонального призначення конструктивного елемента. Загальна довжина і довжина робочої частини машинно-ручних і гайкових мітчиків виконується з граничними відхиленнями по h16. Відхилення довжини ріжучої частини приймається в частках кроку різьби. Так довжина L машинно-ручних мітчиків для наскрізних отворів має граничні відхилення +1,5P, ті ж мітчики для глухих отворів при кроці від 0,2 до 0,5 мм мають граничні відхилення +0,5P, для гайкових мітчиків верхнє граничне відхилення дорівнює +2P, нижнє 1P.

Діаметр хвостовика мітчика має граничне відхилення по h8.

Биття ріжучої частини і биття калібруючої частини по зовнішньому і середньому діаметрам мітчиків, при установці в центрах не повинні перевищувати величин, зазначених у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Граничні значення радіального биття мітчиків

Тип мітчика	Діаметр d, мм	Биття, мм	
		Ріжуча частина	Калібруюча частина
Машинно–ручні	до 24	0,03	0,02
	вище 24	0,04	0,03
Гайкові	до 24	0,05	0,03
	вище 24	0,06	0,04

Биття хвостовика при установці в центрах не повинно перевищувати половини допуску на діаметр хвостовика.

Шорсткість основних поверхонь мітчиків:

- Профіль різьби, передньої, задньої поверхні не вище $Ra = 0,63$ мкм;
- стружкові канавки, що калібрує частина гайкових мітчиків з прямим хвостовиком, хвостовик вигнутого гучного мітчика не вище $Ra = 2,5$ мкм;
- хвостовики машинно-ручних мітчиків не вище $Ra = 1,25$ мкм;
- інші поверхні не нижче $Ra = 3,2$ мкм.

2.2 Проектування інструменту другого порядку

2.2.1 Розрахунок різьбового різця

Даний різець застосовується для нарізання трапецеїдальної різьби.

Для обробки сталі Р6М5 в якості матеріалу різця застосовуємо сталь Т15К6. Так як вона має більш високу міцність, твердість, теплостійкість і зносостійкість. Для економії інструментального матеріалу державка різця виготовлюємо зі сталі 40Х. Ріжуча частина припаюється до державки.

Розрахунок параметрів різця.

Головна складова сили різання визначається за формулою 2.22:

$$P_z = 9.81 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_0^y \cdot K_p \quad (2.22)$$

де C_p – коефіцієнт, що враховує розмірність величин які входять до формули;

t – глибина різання мм;

S_0 – подача на оберт мм/об;

K_p – поправочний коефіцієнт;

X, Y – показники ступеня, що враховують вплив режимів різання на силу різання.

$$P_z = 9.81 \cdot 200 \cdot 1^1 \cdot 6^{0.75} \cdot 1 = 472,89 \text{ Н}$$

Приймаю $P_z = 473 \text{ Н}$.

Корпус різця приймаємо прямокутного перетину.

Ширина корпусу різця розраховується за формулою 2.23.

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot P_z \cdot l}{\sigma_{u.d.}}} \quad (2.23)$$

де l – виліт різця мм;

$\sigma_{u.d.}$ – допустима напруга на згин $M_{па}$.

$$b = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 473 \cdot 75 \cdot 10^{-3}}{2,56 \cdot 20 \cdot 10^6}} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$$

Приймаю $b = 16$ мм.

Висота корпусу різця розраховується за формулою 2.24:

$$h = 1,6 \cdot b, \quad (2.24)$$

$$h = 1,6 \cdot 16 = 25,6 \text{ мм.}$$

Приймаю $h = 25$ мм.

Перевіряємо міцність і жорсткість корпусу різця.

Максимальне навантаження, що допускається міцністю різця, визначається за формулою 2.25.

$$P_z = \frac{b^3 \cdot \sigma_{u.d.}}{l}, \quad (2.25)$$

$$P_z = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 200 \cdot 10^6}{6 \cdot 75 \cdot 10^{-3}} = 4807 \text{ Н.}$$

Максимальне навантаження, що допускається твердістю різця, визначається за формулою 2.26.

$$P_{z_{жест}} = \frac{3 \cdot f \cdot E \cdot I}{l^3} \quad (2.26)$$

де f – допускається стріла прогину різця при чорновому точінні м;

E – модуль пружності матеріалу різця Па;

I – момент інерції квадратного перетину корпусу м, розраховується за формулою 2.27.

$$I = \frac{b \cdot h}{4}, \quad (2.27)$$

$$I = \frac{16 \cdot 10^{-3} \cdot (25 \cdot 10^{-3})^3}{12} = 2 \cdot 10^{-8} \text{ м},$$

$$P_{\text{зжжес}} = \frac{3 \cdot 0.1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{11} \cdot 2 \cdot 10^{-8}}{(75 \cdot 10^{-3})^3} = 2844 \text{ Н}.$$

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

Конструктивні елементи різця.

Конструктивні елементи різця беремо по СТ СЭВ 190-75. Загальна довжина різця $L=140$ мм. Загальний вигляд різця на рисунку 2.2.

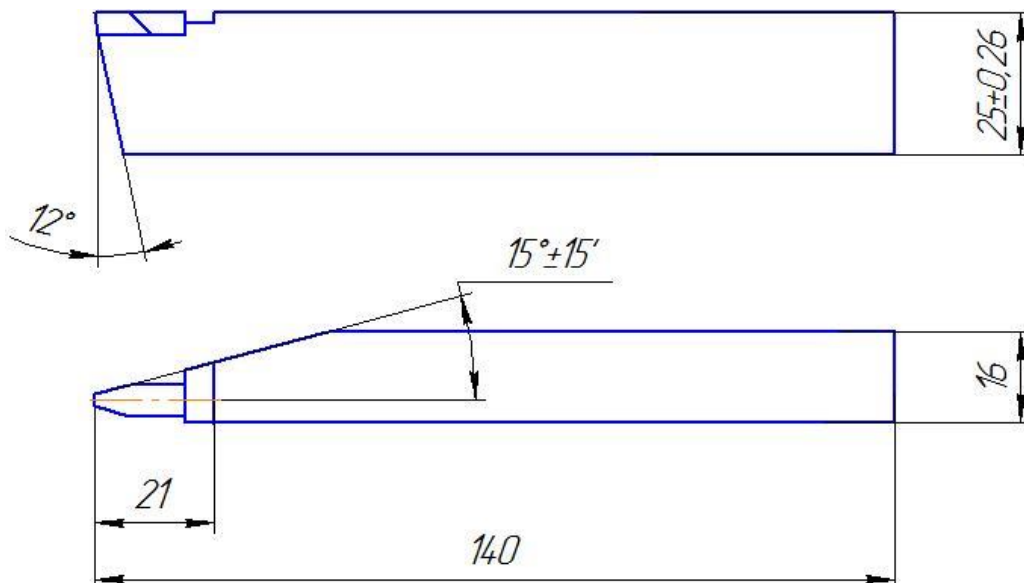


Рисунок 2.2 – Ескіз різьбового різця

2.2.2 Розрахунок дискової фасонної фрези

Фреза – лезвійний інструмент для обробки з обертальним головним рухом різання без можливості зміни радіуса траєкторії цього руху і хоча б з одним рухом подачі, яка не збігається з віссю обертання.

Необхідно спроектувати фасонну фрезу для формування профілю стружкової канавки на операції 035.

Матеріалом фрези призначаємо швидкоріжучу сталь Р6М5К5 (теплостійкість 620°C, твердість 62 ... 65 НRC, в загартованому стані мають порівняно високу міцність, межа міцності на вигин 3200Мпа). Сталь Р6М5К5 близька по ріжучим властивостям до сталі Р18, але має підвищену схильність до знеуглецювання при нагріванні. Значно дешевше сталі Р18. Р6М5К5 – широко універсальна інструментальна сталь, що застосовується для виготовлення фрез, довб'яків, протяжок, мітчиків, шевера та іншого інструменту.

Розрахунок конструктивних параметрів проводиться в такій послідовності.

Діаметр посадочного отвору визначається з умови забезпечення достатньої міцності і жорсткості оправки фрези за формулою 2.28.

$$d_0 = 5,28 \cdot h^{0,48} \cdot b^{0,15} \quad (2.28)$$

де h і b – відповідно глибина і ширина профілю оброблюваної канавки деталі.

Отримані результати округлюють у більшу сторону до найближчого значення з нормального ряду діаметрів.

$$d_0 = 5,28 \cdot 9^{0,48} \cdot 18^{0,15} = 23,3 \text{ мм}$$

Посадковий діаметр вибирається з умов міцності, $d_0 = 27$ мм – зі збільшенням діаметра жорсткість зростає, але посадковий діаметр з ростом ускладнює виготовлення фрези.

Зовнішній діаметр фрези визначаємо за формулою 2.29.

$$D = D_1 + 2H \quad (2.29)$$

де D_1 – діаметр окружності западин зубів фрези, визначається за формулою 2.30;

H – висота зуба, мм.

$$D_1 = (1,6...2,5) \cdot d_0 \quad (2.30)$$

де d_0 – діаметр посадкового отвору фрези, мм.

$$D_1 = (1,6...2,5) \cdot 27 = 43,2 \text{ мм.}$$

Приймаю $D_1 = 50$ мм.

Висота зуба фрези визначається за формулою 2.31.

$$H = h_1 + K_1 + r \quad (2.31)$$

де h_1 – висота профілю зуба фрези, визначається за формулою 2.32.

$$h_1 = h + (1 \div 3) \quad (2.32)$$

де h – глибина оброблюваної канавки деталі, мм.

$$h_1 = 9 + 2,5 = 11,5 \text{ мм.}$$

K_1 – величина затилування, мм;

r – радіус впадини між зубцями, мм;

$$H = 11,5 + 6 + 2 = 19,5 \text{ мм,}$$

$$D = 50 + 2 \cdot 19,5 = 89 \text{ мм.}$$

Приймаю $D=90$ мм.

Приймаю ширину фрези $B=20$ мм.

Кількість зубів визначається за формулою (2.33).

$$Z = \frac{\pi \cdot d}{A \cdot h} \quad (2.33)$$

де A – коефіцієнт, рівний 1,8 – 2,5 для чорнових фрез, 1,3 – 1,8 для чистових.

Отриманий результат округлюють до цілого числа. Число зубів доцільно вибирати парною кількістю.

$$Z = \frac{3,14 \cdot 90}{2 \cdot 19,5} = 8,7$$

Приймаю $Z=8$.

Кут, відповідний кроку зубів кутової фрези визначаємо за формулою 2.34.

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{Z}, \quad (2.34)$$

$$\varepsilon = \frac{360^\circ}{8} = 45^\circ$$

Геометричні параметри ріжучої частини призначаються наступні:

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

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

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Вибір типу виробництва

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

У серійному виробництві, в залежності від кількості виробів у серії, їх характеристики і трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють: дрібносерійне, середнє серійне, багатосерійне. Коефіцієнт закріплення операцій: $K_{з0} = 1 \dots 10$ – багатосерійне виробництво; $K_{з0} = 10 \dots 20$ – середнє серійне виробництво; $K_{з0} = 20 \dots 40$ – дрібносерійне виробництво.

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

Верстатний парк повинен бути спеціалізований в такій мірі, щоб був можливий перехід від виробництва однієї серії машин до іншої, кілька відрізняється від першої в конструктивному відношенні. При використанні універсальних верстатів повинні широко застосовуватися спеціалізовані і спеціальні пристосування, ріжучий інструмент і вимірювальний інструмент - у вигляді граничних (стандартних і спеціальних) калібрів і шаблонів, які забезпечують взаємозамінність оброблених деталей. Заготовка при серійному типі

виробництва по 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 робочих, збільшення продуктивності праці. Все це забезпечує зменшення собівартості продукції.

Серійне виробництво є найбільш поширеним видом виробництва.

Деталь необхідно виготовити з мінімальними трудовими, часовими і матеріальними витратами, а це залежить від:

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

Таблиця 3.1 – Визначення типу виробництва

Тип виробництва	Кількість оброблених деталей в рік, штук		
	Важкі, масою більше 100 кг	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	Більше 1000	Більше 5000	Більше 50000

Річна програма випускаемого калібру 500 шт. Деталь відноситься до легких, тому що її маса менше 10 кг, отже, по таблиці 3.1, буде мати місце середнє серійне виробництво.

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою 3.1.

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

де a – чисельність днів запасу деталей на проміжному складі (приймаю $a = 5 \dots 10$);

Φ – число робочих днів у році (252 днів).

Приймаємо партію деталей $n = 12$ шт. Для середньосерійного виробництва характерно використовуват універсальний і спеціальний різальний і вимірювальний інструменті. Такт випуску продукції, хв/шт, розраховується за формулою 3.2.

$$\tau = \frac{60 \cdot \Phi}{N}, \quad (3.2)$$

$$\tau = \frac{60 \cdot 4015}{500} = 481,8 \text{ хв/шт.}$$

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

N – програма випуску.

Даний тип виробництва виходячи з коефіцієнта закріплення операцій – середньо серійному.

3.2 Вибір методу отримання заготовки

Заготовка – предмет праці, з якого шляхом механічної обробки, зміни розмірів, форми і властивостей отримують деталь відповідно до креслення.

Отримання заготовки – багатоваріантне. Завжди існує кілька конкуруючих методів. Обраний метод отримання заготовки повинен відповідати таким вимогам:

- метод повинен забезпечувати такі властивості заготовки, при яких деталь після обробки буде виконувати всі свої службові функції відповідно до технічних вимог;
- метод повинен бути технічно реалізуємо;
- метод повинен бути економічно доцільний в конкретній виробничій ситуації.

Для оцінки економічної доцільності при порівнянні методів використовуються 2 критерії технологічна собівартість отримання заготовки Z і коефіцієнт використання матеріалу заготовки $K_{из}$.

Для отримання заготовки мітчика–протяжки застосовують прокат а також методи обробки матеріалів тиском. У таких заготовок мала зернистість, що збільшує механічні властивості матеріалу, а також менша ймовірність раковин і відсутність неметалевих включень в поверхневому шарі.

Порівняння різних способів отримання заготовок необхідно для визначення найбільш економічно вигідного методу отримання заготовок.

Порівняємо такі методи отримання заготовки:

Зварна заготовка з каліброваного пруткового матеріалу (сталь Р6М5 і сталь 40Х);

Цілісна заготовка з каліброваного пруткового матеріалу (сталь Р6М5).

Порівняльна характеристика двох цих методів отримання заготовок описана в таблиці 3.3. Ескізи моделі мітчика–протяжки і заготовок показані на рисунках 3.1, 3.2.

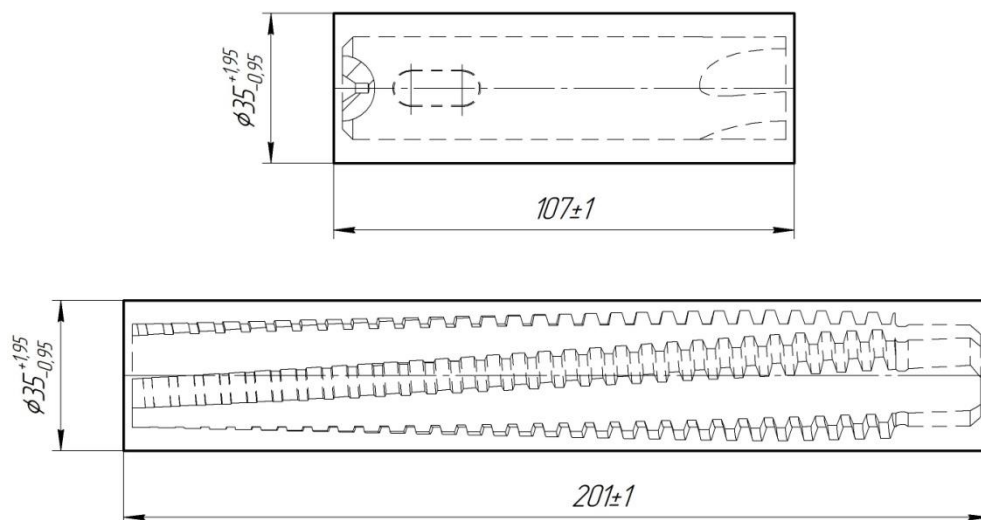


Рисунок 3.1 – Ескіз заготовок під зварку

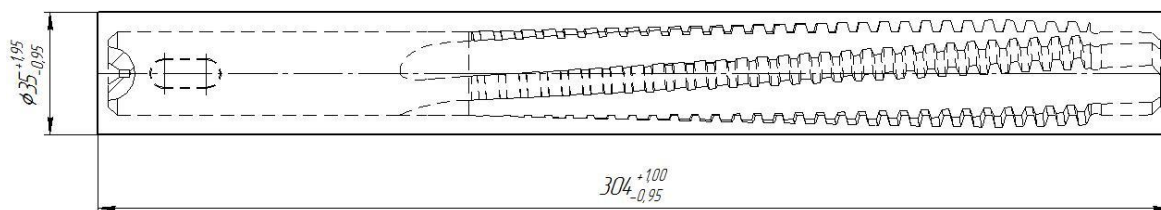


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки з прокату

Характеристика матеріалів у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Зведена таблиця характеристик

Характеристики деталі:	
Матеріал	P6M5 і 40X
Маса	887 г
Маса заготовок під зварку:	
Заготовка ріжучої частини	
Матеріал	P6M5
Густина	$R_o = 0.007850 \text{ г/мм}^3$
Маса	1517,3 г
Об'єм	$193286,625 \text{ мм}^3$
Заготовка хвостовика	
Матеріал	40X
Густина	0.007825 г/мм^3
Маса	805,15 г
Об'єм	2294,83 г
Заготовка з прокату	
Матеріал	P6M5
Маса	2294,83 г
Об'єм	292334 мм^3

Об'єм заготовки ріжучої частини визначається за формулою 3.3.

$$V_1^c = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h_5, \quad (3.3)$$

$$V_1^c = \frac{3,14 \cdot 35^2}{4} \cdot 201 = 193286,625 \text{ мм}^3.$$

Маса заготовки визначається за формулою 3.4.

$$M_n = V_n^c \cdot R_o, \quad (3.4)$$

$$M_1 = 193286,625 \cdot 0,007850 = 1517,3 \text{ г.}$$

Об'єм заготовки хвостовика визначається за формулою 3.3.

$$V_2^c = \frac{\pi \cdot 35^2}{4} \cdot 107 = 102893,875 \text{ мм}^3$$

Маса заготовки хвостовика визначається за формулою 3.4.

$$M_2 = 102893,875 \cdot 0,007825 = 805,15 \text{ г}$$

Об'єм заготовки з прокату визначається за формулою 3.3.

$$V^{\text{ц}} = \frac{\pi \cdot 35^2}{4} \cdot 304 = 292334 \text{ мм}^3$$

Маса заготовки з прокату визначається за формулою 3.4.

$$M = 292334 \cdot 0,007850 = 2294,83 \text{ г}$$

Таблиця 3.3 – Порівняльний аналіз заготовок

Показники		Позн.	Одиниц я вимір.	Варіант	
				Зварна	Прокат
Припуск на сторону		Z	мм	1,5	1
Вага заготовки	P6M5	Q	кг	1,5173	2,29483
	40X			0,80515	0
	Всієї			2,32245	2,29483
Базова вартість 1 т. заготовок	P6M5	В _б	грн.	6500	6500
	40X			2900	2900
Коефіцієнти		K _T	–	1	1
		K _M	–	1	1
		K _B	–	1	1
		K _з	–	1	1
		K _п	–	0,8	0,8
Вартість 1 т. стружки	P6M5	В _{отх}	грн.	2100	2100
	40X			1200	1200
Вартість однієї заготовки	P6M5	C	грн.	5,8	8,98
	40X			1,34	-
	всей			7,14	8,98
Коефіцієнт використання заготовки		η	–	0,380	0,385

Для економічної доцільності, застосування нового варіанту отримання заготовки необхідно прорахувати економію матеріалу від зміни способу отримання заготовки. Результати зводимо в таблицю 3.3.

Вартість однієї заготовки визначається за формулою 3.5.

$$C = \frac{B_b}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх}}{1000} \quad (3.5)$$

де B_b – базова вартість виготовлення 1т заготовок;

K_T – коефіцієнт точності заготовки;

K_M – коефіцієнт групи матеріалу;

K_3 – коефіцієнт групи складності;

K_B – коефіцієнт маси;

K_{II} – коефіцієнт програми.

Q – маса заготовки;

q – маса готового виробу;

B_b – вартість виготовлення 1т стружки;

$$C_1^C = \frac{6500}{1000} \cdot 1,5173 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 - (1,5173 - 0,521) \cdot \frac{2100}{1000} = 5,8 \text{ грн.},$$

$$C_2^C = \frac{2900}{1000} \cdot 0,80515 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 - (0,80515 - 0,366) \cdot \frac{1200}{1000} = 1,34 \text{ грн.},$$

$$C^D = \frac{6500}{1000} \cdot 2,29483 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,8 - (2,29483 - 0,887) \cdot \frac{2100}{1000} = 8,98 \text{ грн.}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою 3.6.

$$K_{из} = q / H_p \quad (3.6)$$

де q – маса готової деталі;

H_p – норма витрат.

Норма витрат визначається за формулою 3.7.

$$H_p = \Sigma Q + 0.5\% \Sigma Q \quad (3.7)$$

де $0.5\% \Sigma Q$ – витрати матеріалу на розрізання прутка, усадку виливків або вигар і зняття облою у поковок.

Коефіцієнт $K_{ИЗ}$ визначається зх формулою 3.8.

$$K_{ИЗ} = \frac{q}{\Sigma Q(1+0,005)}, \quad (3.8)$$

$$K_{ИЗ}^1 = \frac{0,887}{2,32245(1+0,005)} = 0,380,$$

$$K_{ИЗ}^2 = \frac{0,887}{2,29483(1+0,005)} = 0,385.$$

Так як $C_1 < C_2$, але $K_{ИМ1} < K_{ИМ2}$ то порівнюємо додаткові витрати за варіантами:

Витрати на виготовлення за другим варіантом (цільна заготовка) розраховується за формулою 3.9.

$$Z_2 = (C_2 - C_1) \cdot \Pi, \quad (3.9)$$

$$Z_2 = (8,98 - 7,14) \cdot 500 = 920 \text{ грн.}$$

Витрати на матеріал за першим варіантом (зварна заготовка) розраховується за формулою 3.10.

$$Z_1 = C_{б.} \cdot M_{доп} / 1000, \quad (3.10)$$

$$Z_1 = 6500 \cdot 2,246 / 1000 = 14,599 \text{ грн.}$$

де $M_{доп}$ – додатково використовувана маса матеріалу, яка визначається за формулою 3.11.

$$M_{доп} = M_{д.} \cdot (K_{ИМ2} - K_{ИМ1}) \cdot \Pi / K_{ИМ1} \cdot K_{ИМ2}, \quad (3.11)$$

$$M_{доп} = 0,887 \cdot (0,385 - 0,380) \cdot 500 / 0,380 \cdot 0,385 = 2,246 \text{ кг.}$$

Остаточо приймаємо варіант зварної заготовки, що вимагає менших додаткових витрат.

Економічний ефект від впровадження заготовки визначається за формулою

3.12.

$$\Xi = Z_2 - Z_1, \quad (3.12)$$

$$\Xi = 920 - 14,599 = 905,401 \text{ грн.}$$

3.3 Проектування маршрутної технології

3.3.1 Аналіз деталі на технологічність

З даного креслення деталі нам відомо що сумарна кількість розмірів приблизно 34, з яких 1 розмір виконується по 8–му квалітету точності, 5–ть розмірів по 6–му, решта по 14–му квалітету точності. Відносно чистоти поверхонь: передня направляюча до чистоти 0,4 мкм, передня і задня поверхні зуба до 0,2 мкм, стрічка з шорсткістю 0,1 мкм, хвостовик до 0,8 мкм, всі інші поверхні до 3,2 мкм.

Проведемо аналіз на технологічність оцінка, якої виражається показником, а числове значення характеризує ступінь задоволення технологічності. Згідно ГОСТ 14.202–73 номенклатура показників технологічності виробу містить основні і додаткові показники. Відносно виробництва кількісну оцінку технологічності розробляють за технічними показниками, визначення яких можливо тільки за допомогою креслення деталі.

Аналіз конструкції деталі на технологічність оцінюється по якісним та кількісним показникам

Якісні показники:

- оброблюваність матеріалу різанням добра;
- всі поверхні доступні для обробки стандартними ріжучими інструментами;
- на деталі наявні поверхні правильної геометричної форми, які можна використовувати за базові;
- вага деталі та її габаритні розміри не потребують застосування спеціальних підйомних механізмів;
- допуски та граничні відхилення на розміри відповідають стандартним

значенням;

– жорсткість конструкції деталі оцінюється коефіцієнтом жорсткості який розраховується за формулою 3.13.

$$K_{\gamma} = \frac{L}{d_{\min}} \quad (3.13)$$

де L – довжина деталі, мм

d_{\min} – найменший діаметр, мм

$L=302$; $d_{\min} = 24$

$$K_{\gamma} = \frac{302}{24} = 12,58 < 10$$

Конструкція деталі не жорстка.

Кількісні показники:

коефіцієнт уніфікації K_{ye} , розраховується за формулою 3.14.

$$K_{ye} = \frac{Q_{ye}}{Q_e} \geq 0,6 \quad (3.14)$$

де Q_{ye} – кількість уніфікованих елементів, шт.;

Q_e – загальна кількість елементів конструкції, шт.

Кількість уніфікованих і загальна кількість елементів вибирається з креслення деталі: $Q_{ye} = 34$; $Q_e = 34$.

$$K_{ye} = \frac{34}{34} = 1 > 0,6$$

Коефіцієнт точності обробки K_M розраховується за формулою 3.15.

$$K_M = 1 - \frac{1}{A_{\text{сеп}}} \geq 0.8 \quad (3.15)$$

де $A_{\text{сер}}$ – це середній квалітет точності обробки всіх розмірів деталі.

$$A_{\text{сер}} = \frac{14 \cdot 28 + 8 \cdot 1 + 6 \cdot 5}{34} = 12,64,$$

$$K_M = 1 - \frac{1}{12,64} = 0,92 > 0,8.$$

коефіцієнт шорсткості обробки розраховується за формулою 3.16.

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{B_{\text{сер}}} \leq 0,32 \quad (3.16)$$

де $B_{\text{сер}}$ – середня шорсткість, Ra мкм.

$$B_{\text{сер}} = \frac{3,2 \cdot 5 + 0,8 \cdot 1 + 0,4 \cdot 1}{7} = 2,49$$

$$K_{\text{ш}} = \frac{1}{2,49} = 0,4 < 0,32.$$

Визначаємо технологічність деталі по даному показнику з умови:

$$0,16 \leq 0,4 \leq 0,32$$

Таким чином конструкція деталі «мітчика-протяжки» по всім показникам технологічна крім шорсткості поверхні.

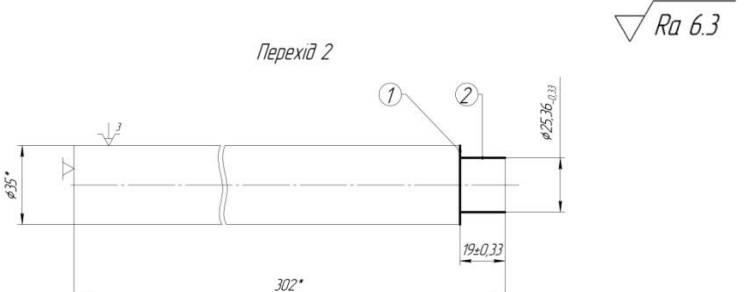
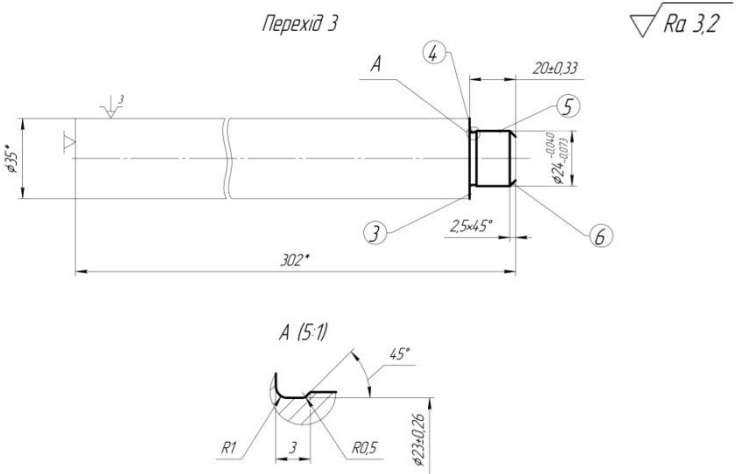
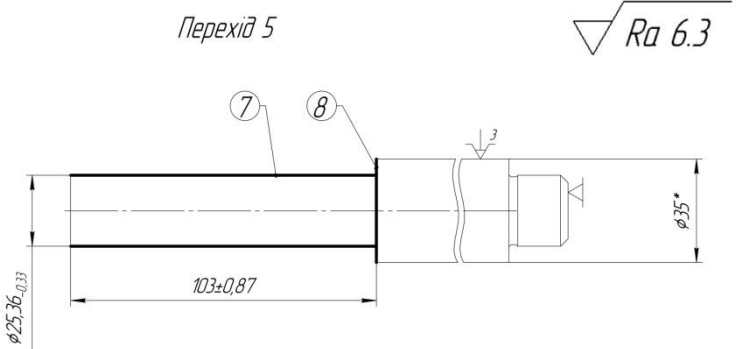
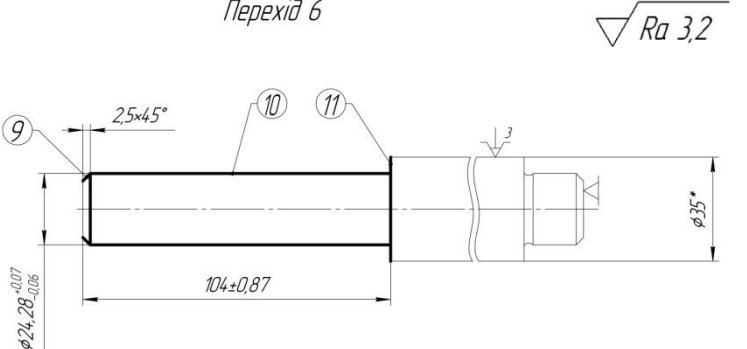
3.3.2 Маршрут обробки заготовки

Маршрут обробки виготовлення інструменту «мітчик–протяжка» надається в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Маршрут обробки заготовки

№ Оп.	№ Пер.	Номер, назва операції	Операційний ескіз
005	1	Пило-відрізна. 8В66. Встановити, закріпити.	
	2	Порізка заготовки 1.	
010	1	Встановити, закріпити.	
	2	Порізка заготовки 2.	
015		Галтувальна. Очищення зварних поверхонь від окалини та бруду.	
020		Зварювальна. Зварювання заготовок.	
025		Термічна. Відпал заготовки.	
030	1	Фрезерно- центрувальна. МР71. Встановити, закріпити.	
	2	Фрезерувати торці 1, 2.	
	3	3. Центрувати торці 3, 4.	

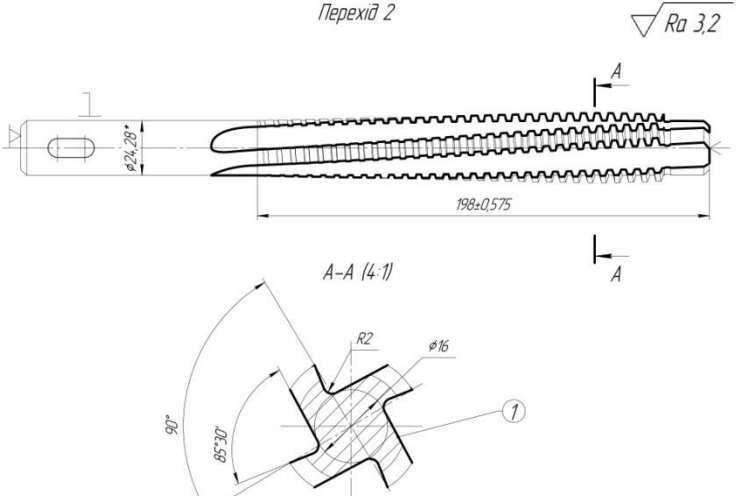
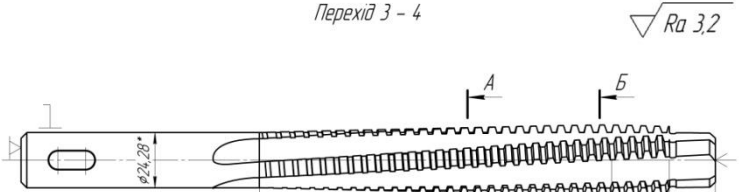
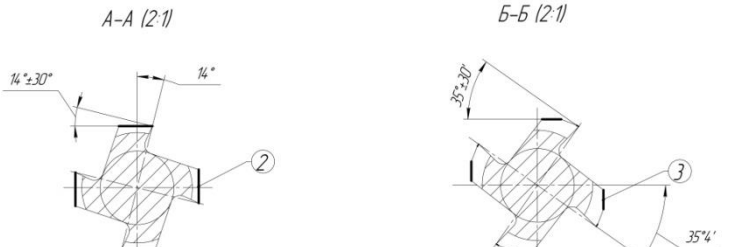
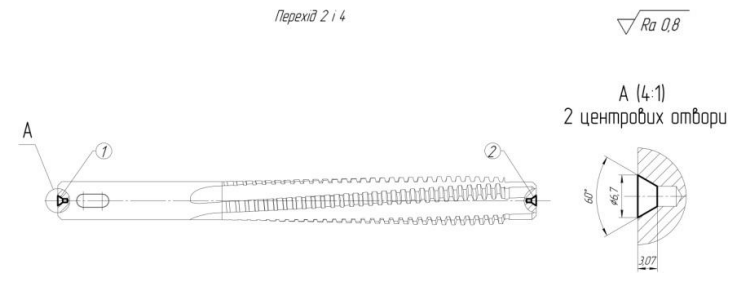
Продовження таблиці 3.4

035	1	Токарна з ЧПК. HAAS DS-30 програмою. Встановити, закріпити,	
	2	Точити поверхню 1, 2 згідно ескізу.	 <p>Перехід 2</p> <p>$\nabla Ra 6.3$</p>
	3	Точити канавку 4 і поверхні 3, 5 зі зняттям фаски 6 згідно ескізу.	 <p>Перехід 3</p> <p>$\nabla Ra 3.2$</p>
	4	Перестановити у субшпindelь.	
	5	Точити поверхню 7, 8 згідно ескізу.	 <p>Перехід 5</p> <p>$\nabla Ra 6.3$</p>
	6	Точити поверхні 10, 11 зі зняттям фаски 9.	 <p>Перехід 6</p> <p>$\nabla Ra 3.2$</p>

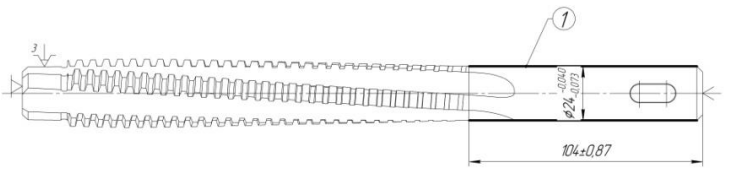
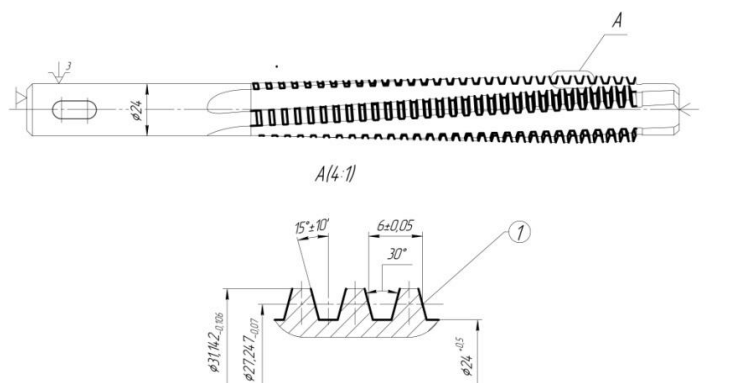
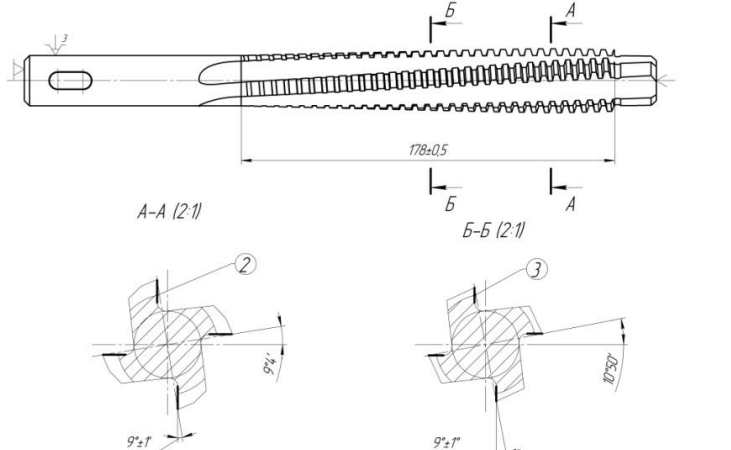
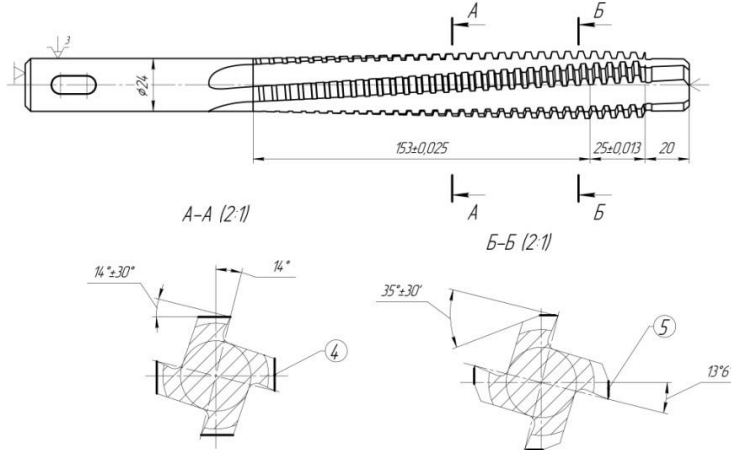
Продовження таблиці 3.4

035	7	Фрезерувати паз 12 згідно ескізу.	<p style="text-align: right;">Перехід 7 - 8</p>
	8	Зенкувати фаску 13 згідно ескізу.	
	9	Синхронізувати з основним шпинделем.	
	10	Точити поверхні 14, 15 згідно ескізу.	<p style="text-align: right;">Перехід 10</p>
	11	Точити поверхні 16, 17 згідно ескізу.	<p style="text-align: right;">Перехід 11</p>
	12	Нарізати різь 18 витримуючи розміри згідно ескізу.	<p style="text-align: right;">Перехід 12</p>
	13	Нарізати різь 19 витримуючи розміри згідно ескізу.	<p style="text-align: right;">Перехід 13</p>

Продовження таблиці 3.4

40	1	Фрезерна 6Т83Ш. Встановити, закріпити.	
	2	Фрезерувати канавку 1 витримуючи розміри згідно ескізу.	<p style="text-align: right;">Перехід 2 $\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> 
	3	Фрезерувати поверхні 2 витримуючи розміри згідно ескізу. Ріжуча частина.	<p style="text-align: right;">Перехід 3 - 4 $\sqrt{Ra\ 3,2}$</p> 
	4	Фрезерувати поверхні 3 витримуючи розміри згідно ескізу. Калібруюча частина.	
045		Термічна. Загартувати, відпустити.	
050		Рихтування.	
055	1	Центрошліфувальна. JHG-1510. Встановити, закріпити.	<p style="text-align: right;">Перехід 2 і 4 $\sqrt{Ra\ 0,8}$</p> 
2	Шліфувати центровий отвір 1.		
3	Перевстановити.		
4	Шліфувати центровий отвір 2.		

Продовження таблиці 3.4

060	1	Круглошліфувальна. НААС Multigrind® СВ. Встановити, закріпити.	<p>Перехід 2 $\sqrt{Ra\ 0,4}$</p> 
	2	Шліфувати поверхню 1.	
065	1	Круглошліфувальна. НААС Multigrind СВ. Встановити, закріпити.	<p>Перехід 2 $\sqrt{Ra\ 0,8}$</p> 
	3	Шліфувати передні поверхні зубів 2 і 3.	<p>Перехід 3 $\sqrt{Ra\ 0,4}$</p> 
	4	Шліфувати задні поверхні зубів 4 і 5.	<p>Перехід 4 $\sqrt{Ra\ 0,4}$</p> 

Продовження таблиці 3.4

070	1	Заточна з ЧПУ. ВЗ–605Ф4. Встановити, закріпити.	<p style="text-align: center;">Перехід 2</p>
	2	Заточити передні поверхні зубів 1 і 2.	
	3	Заточити задні поверхні зубів 3 і 4.	<p style="text-align: center;">Перехід 3</p>
070		Маркування.	
075		Контрольна.	

3.3.3 Розробка маршруту обробки поверхонь

План обробки поверхні містить в 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 і поверхонь. Чим вище ці вимоги, тим більше потрібно переходів. Порівняно часто розміри, що пов'язують поверхні або осі, мають широкі допуски, і їх можна забезпечити за один прохід.

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

суперфініш, полірування і інше.

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

4. Вимоги до точності настановних технологічних баз. Якщо поверхня виконує роль настановної бази, то кількість переходів її обробки збільшується. Зазвичай додаткові переходи вводяться після чорної обробки.

5. Вимоги до показників якості вихідної заготовки.

Чим вищі вимоги до точності: розмірів, форми, взаємного розташування поверхонь заготовок, тим менше потрібно переходів для досягнення відповідних показників якості деталі.

Зазначені фактори впливають в основному на встановлення числа переходів. Для оцінки цього числа можна скористатися терміном «необхідне уточнення», значення якого розраховується за формулою 3.17.

$$\varepsilon_i = \frac{T_{zi}}{T_{di}} \quad (3.17)$$

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

T_{di} – допуск за кресленням, для того самого параметру готової деталі.

Визначення МОП для поверхні $\varnothing 24_{-0,073}^{-0,040}$ мм.

Характеристика деталі згідно з кресленням: допуск на розмір складає $T_{d_{дет}} = 0,033$ мм = 33 мкм; шорсткість $Ra_{дет} = 0,8$ мкм; квалітет точності IT8.

Характеристика заготовки: розмір $\varnothing 35_{-0,650}^{+0,950}$ допуск $T_{d_{заг}} = 1600$ мкм; шорсткість $Ra_{заг} = 50$ мкм; квалітет точності IT15.

Розрахунок необхідних уточнень виконуються за формулами 3.18 і 3.19.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{T_3}{T_D}, \quad (3.18)$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{Rz_3}{Rz_D}, \quad (3.19)$$

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1600}{33} = 48,$$

$$\varepsilon_{Rz} = \frac{25}{0,4} = 62,5.$$

Розрахунок кількості переходів.

Кількість переходів розраховується за формулою 3.20.

$$K = 2 \lg \varepsilon_{Td}, \quad (3.20)$$

$$K = 2 \lg 48 = 3.36.$$

Приймаю $K = 4$.

Різниця квалітетів за точністю і шорсткістю:

$$\Delta IT = IT15 - IT8 = 7 \quad 7 = 2+2+2+1$$

$$IT15 \rightarrow IT13 \rightarrow IT11 \rightarrow IT9 \rightarrow IT8$$

Отримані показники з уточненнями заносу до таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Маршрут обробки поверхні $\varnothing 24_{-0,073}^{-0,040}$ мм

Характеристика деталі і заготовки	Показники точності	Уточнення	Кількість переходів		Різниця квалітетів	МОП		Параметр		Уточнення	
			Розрах.	Прийнята		I	Метод обробки	Td мкм	Ra мкм	ε_{Td}	ε_{Td}
$\varnothing 24_{-0,073}^{-0,040}$ Td=0,033 Ra=0,8; $\varnothing 35_{-0,650}^{+0,950}$ Td=1,6 Ra=50;	Td Rz	30,7 62,5	3,36	4	IT15→IT13→IT11→IT9→IT8 7=2+2+2+1	1	Заготовка	1600	50	–	–
						2	Точіння чорнове	330	6,3	4,85	3,97
						3	Точіння чистове	130	3,2	2,53	1,96
						4	ТО				
						5	Шліфування	16	0,8	8,12	8

Визначення МОП для поверхні $302_{-0,65}$ мм.

Характеристика деталі згідно з кресленням: допуск на розмір складає $Td_{дет} = 0,65$ мм = 650 мкм; шорсткість $Ra_{дет} = 3,2$ мкм; квалітет точності IT14.

Характеристика заготовки: допуск $Td_{заг} = 1950$ мкм; шорсткість $Ra_{заг} = 12,5$ мкм; квалітет точності IT16.

Розрахунок необхідних уточнень виконуються за формулами 3.21.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{1950}{650} = 3,18 \text{ мкм}, \quad (3.21)$$

$$\varepsilon_{Td} = \frac{12,5}{3,2} = 3,9 \text{ мкм}.$$

Розрахунок кількості переходів.

Кількість переходів розраховується за формулою 3.22.

$$K = 2 \lg 3,9 = 1,18 \quad (3.22)$$

Приймаю $K=1$.

Отримані показники з уточненнями заносу до таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Маршрут обробки поверхні $302_{-0,65}$ мм

Характеристика деталі і заготовки	Показники точності	Уточнення	Кількість переходів		Різниця квалітетів	МОП		Параметр		Уточнення	
			Розрах.	Прийнята		I	Метод обробки	Td мкм	Ra мкм	ε_{Td}	ε_{Td}
L=302 _{-0,65} TL=0,65 Ra=3,2; IT14	Td	20,6	1,18	1	1=1	1	Заготовка	1950	12,5	–	–
	Rz	15,7				2	Фрезерування торців	650	3,2	3	3,9

3.3.4 Обґрунтування технологічних баз

Базою називають поверхню, вісь, точку деталі або складальної одиниці, по відношенню до яких орієнтується інші деталі вироби або поверхню деталі, які оброблюються. При проектуванні технологічного процесу для забезпечення необхідної точності велике значення має вибір баз.

При виборі технологічних баз для обробки заготовок необхідно застосовувати принцип суміщення баз, тобто для технологічної бази необхідно брати поверхню, яка є вимірювальною базою. При побудові маршруту обробки

необхідно дотримуватися принципу сталості баз; на всіх основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні і ті ж поверхні.

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

1. Бажано, щоб вимірювальна і технологічна бази збігалися, треба вибирати в якості технологічної бази поверхню, від якої заданий розмір. При цьому похибка базування буде дорівнювати нулю і відпаде необхідність в перерахунку операційних розмірів.

2. Кожна зміна настановної бази в ході технологічного процесу вносить нові похибки, які залежать від неточності взаємного розташування баз; тому доцільно виконувати обробку від однієї постійної бази.

3. Якщо для виконання наступної операції колишня база не може бути використана, то нової установчої базою повинна бути оброблена поверхня.

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

5. Чорнова установча база може бути прийнята тільки для чорнових операцій, так як її повторне використання може в значній мірі порушити взаємне розташування оброблюваних поверхонь.

6. Прийняті бази і методи бази і методи базування повинні забезпечувати більш просту і надійну конструкцію пристосування. Зручність установки і зняття деталі.

Конструкторською базою у мітчика–протяжки є зовнішній діаметр хвостовика, яке протягом техпроцесу використовується в якості технологічної бази. На першій чорновій операції заготовка затискається по зовнішньому діаметру - чорнова база використовується один раз.

Похибка установки заготовки в пристосування $\Delta\epsilon_u$, обчислюють з урахуванням похибок: $\Delta\epsilon_b$ базування, $\Delta\epsilon_3$ закріплення заготовок, $\Delta\epsilon_p$ виготовлення і зносу опорних елементів пристосувань. Похибка установки визначають як граничне поле розсіювання положень вимірювальної поверхні відносно поверхні відліку в напрямку витримується розміру.

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

Протягом усього техпроцесу виготовлення мітчика - протяжки принципи призначення технологічних і вимірювальних баз дотримується, обрана схема базування забезпечує мінімальні похибки обробки через установки деталей.

3.4 Розрахунок припусків і міжопераційних розмірів

Розрахунок припусків і операційних розмірів на поверхню $\varnothing 24_{-0,073}^{-0,040}$ методом розмірних ланцюгів.

Спочатку розрахунковим шляхом визначають мінімальний, потім максимальний припуск.

Згідно маршруту обробки поверхні маємо допуски на між операційний розміри:

$$Td_{1\text{зар}} = 1,6 \text{ мм},$$

$$Td_2 = 0,620 \text{ мм},$$

$$Td_3 = 0,330 \text{ мм},$$

$$Td_3 = 0,130 \text{ мм},$$

$$Td_4 = 0,033 \text{ мм}.$$

Для зовнішньої поверхні спочатку розраховують максимальний розмір за формулою 3.23:

$$D_{i\text{MAX}} = D_{i+1\text{max}} + 2Z_{i+1} + Td_i \text{ мм}, \quad (3.23)$$

$$D_{\text{MAX}} = 24 - 0,073 = 23,927 \text{ мм},$$

$$D_{4\text{MAX}} = 23,927 + 0,4 + 0,130 = 24,457 \text{ мм},$$

$$D_{3\text{MAX}} = 24,457 + 1,5 + 0,330 = 26,287 \text{ мм},$$

$$D_{2\text{MAX}} = 26,287 + 4,5 + 0,620 = 31,407 \text{ мм},$$

$$D_{1\text{MAX}} = 31,407 + 4,5 + 1,6 = 37,507 \text{ мм}.$$

Виконуємо округлення розрахункових розмірів до можливої точності

виконання у більшу сторону:

$$D_{MAX} = 23,93 \text{ мм},$$

$$D_{4MAX} = 24,46 \text{ мм},$$

$$D_{3MAX} = 26,29 \text{ мм},$$

$$D_{2MAX} = 31,41 \text{ мм},$$

$$D_{1MAX} = 37,51 \text{ мм}.$$

Розраховуємо мінімальний розмір за формулою 3.24.

$$d_{imin} = d_{imax} - Td_i, \quad (3.24)$$

$$d_{3ar1}^{min} = 37,51 - 1,6 = 35,91 \text{ мм},$$

$$d_{2min} = 31,41 - 0,620 = 30,79 \text{ мм},$$

$$d_{3min} = 26,29 - 0,330 = 25,96 \text{ мм},$$

$$d_{4min} = 24,46 - 0,130 = 24,33 \text{ мм},$$

$$d_{5min} = 23,93 - 0,033 = 23,897 \text{ мм}.$$

Визначаємо мінімальні значення припусків по формулі 3.25.

$$2Z_{imin} = d_{i-1min} - d_{max} \quad (3.25)$$

Точіння чорнове: $2Z_{imin}=35,91-31,41=4,5 \text{ мм}.$

Точіння чорнове: $2Z_{imin}=30,79-26,29=4,5 \text{ мм}.$

Точіння чистове: $2Z_{imin}=25,96-24,46=1,5 \text{ мм}.$

Шліфування: $2Z_{imin}=24,33-23,93=0,4 \text{ мм}.$

Визначаємо максимальні значення припусків по формулі 3.26.

$$2Z_{imax} = d_{i-1max} - d_{min} \quad (3.26)$$

Точіння чорнове: $2Z_{imax}=37,51-30,79=6,72 \text{ мм}.$

Точіння чорнове: $2Z_{i\max}=31,41-25,96=5,45$ мм.

Точіння чистове: $2Z_{i\max}=26,29-24,33=1,96$ мм.

Шліфування: $2Z_{i\max}=24,46-23,897=0,563$ мм.

Робимо перевірку розрахунків використовуючи контрольне правило 3.27.

$$Tz_i = 2z_{i\max} - 2z_{i\min} = Td_i + Td_{i-1}, \quad (3.27)$$

$$Tz_1 = 6,72 - 4,5 = 1,6 + 0,62 = 2,22 \text{ мм},$$

$$Tz_2 = 5,45 - 4,5 = 0,62 + 0,33 \text{ мм},$$

$$Tz_3 = 1,96 - 1,5 = 0,33 + 0,13 = 0,46 \text{ мм},$$

$$Tz_4 = 0,563 - 0,4 = 0,13 + 0,033 = 0,163 \text{ мм}.$$

Результати розрахунків зведені до таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Визначення припусків на поверхню $\varnothing 24_{-0,073}^{-0,040}$

№	Наймен. техн. перех. МОП	Елементи припусків, мкм				Розрахункові		Допуск	Розмір, мм		Припуск, мм		Вик. р-р, мм
						Припуск	Розмір		$d_{i_{max}}$	$d_{i_{min}}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$	
		Rz	h	Δ	ε	$2Z_{min}$, мкм	d, мм	Td, мм	$d_{i_{max}}$	$d_{i_{min}}$	$2Z_{max}$	$2Z_{min}$	d_i , мм
Метод розмірних ланцюгів													
1	Заг. прокат	100	100	224	-	-	37,507	1,6	37,51	35,91	-	-	$36,56_{-0,65}^{+0,95}$
2	Точ.чорн.	50	70	43	360	4,5	31,407	0,620	31,41	30,79	6,72	4,5	$31,41_{-0,62}$
3	Точ. чорн.	50	50	13	160	4,5	26,287	0,330	26,29	25,96	5,45	4,5	$26,29_{-0,33}$
4	Точ. чист.	3,2	30	0,5	100	1,5	24,457	0,130	24,46	24,33	1,96	1,5	$24,46_{-0,06}^{+0,07}$
5	ТО	-	-	60	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	Шліфув.	0,8	20	1,8	40	0,4	23,927	0,033	23,93	23,897	0,563	0,4	$24_{-0,073}^{-0,040}$
Табличний метод													
1	Заг. прокат					-	34,927	1,6	36,53	23,93			$35,58_{-0,65}^{+0,95}$
2	Точ.чорн.					5,5	29,427	0,620	30,05	24,15	6,48	5,5	$30,05_{-0,62}$
3	Точ. чорн.					4,4	25,027	0,330	25,36	25,03	4,69	4,4	$25,36_{-0,33}$
4	Точ. чист.					0,88	24,147	0,130	24,28	29,43	1,08	0,88	$24,28_{-0,06}^{+0,07}$
5	ТО					-	-	-	-	-	-	-	-
6	Шліфув.					0,22	23,927	0,033	23,96	34,93	0,32	0,22	$24_{-0,073}^{-0,040}$

3.5 Вибір обладнання і оснащення

3.5.1 Вибір обладнання

Токарний центр з ЧПК фірми HAAS моделі DS-30 з основним шпинделем і противошпинделем; макс. місткість 18"x23" (457x584 мм), діаметр оброблюваного виробу 31,75" (806 мм). Основний шпиндель: векторний привід 30 к.с. (22,4 кВт), 4000 об/хв, шпиндель A2-6, патрон 8,3" (210 мм). Противошпиндель: векторний привід 20 к.с. (14,9 кВт), 4000 об/хв, шпиндель A2-5, патрон 8,3" (210 мм). 12-позиційна гібридна головка (6 VDI / 6 BOT), 15-дюймовий кольоровий рідкокристалічний дисплей, кнопковий вимикач для блокування пам'яті, USB-вхід і система жорсткого нарізування різі. Включений стандартний комплект інструментальних оправок.



Рисунок 3.3 – Загальний вигляд верстата HAAS DS-30

Верстат з ЧПК HAAS DS-30, на рисунку 3.3 комплектується з інструментальної револьверної головки виконання VDI (компанії Baruffaldi) надається на рисунку 3.4. Дана револьверна головка дозволяє встановити інструменти по периметру і має рівне стандартне число пазів для кріплення інструментів як правосторонньому так і в лівосторонньому напрямку. Приклад інструментальних блоків зображається на рисунку 3.5, і рисунку 3.6.

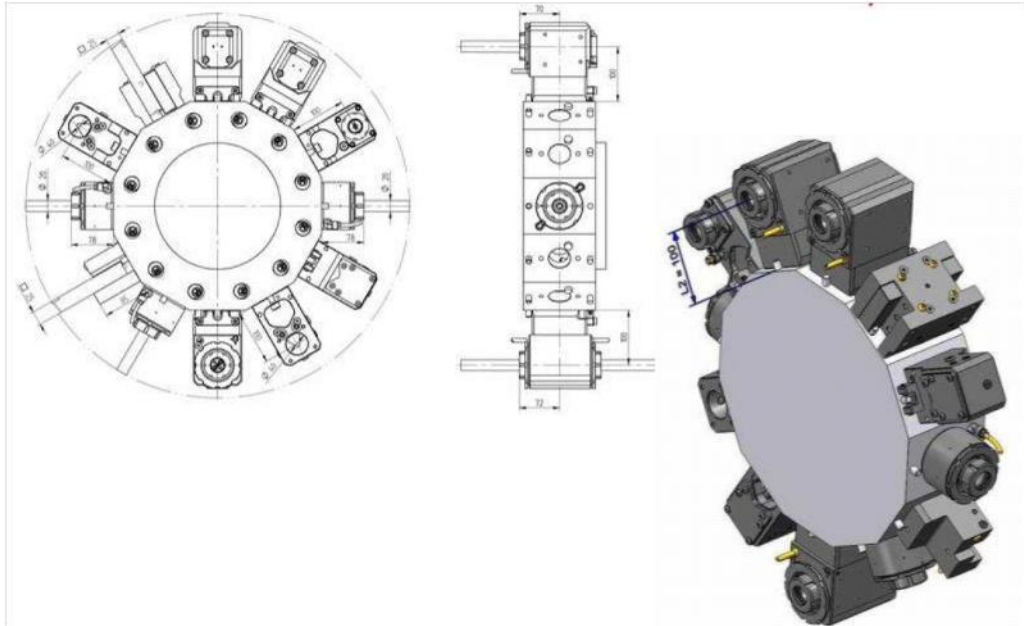


Рисунок 3.4 – Револьверна головка VDI

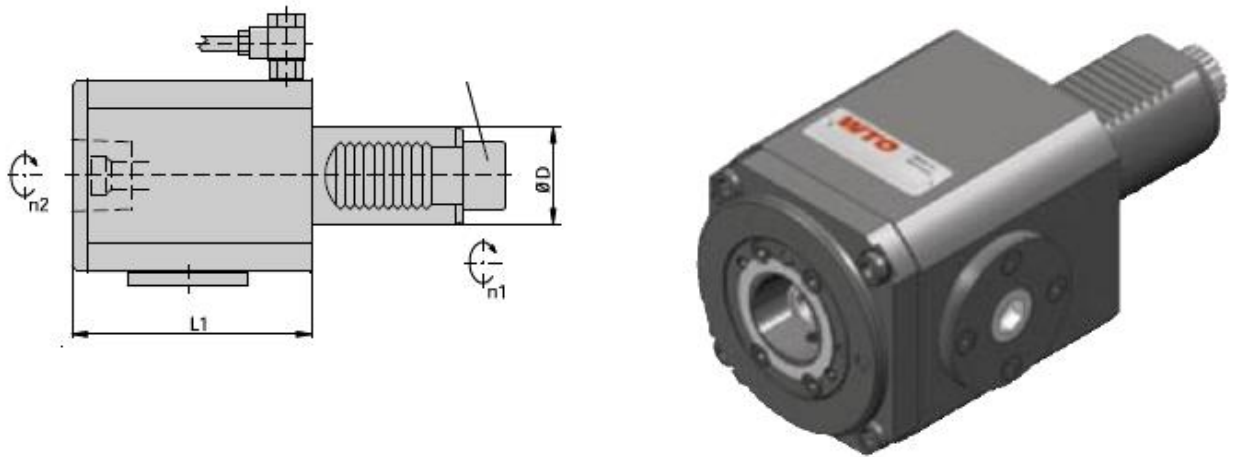


Рисунок 3.5 – Прямий свердлильно – фрезерний блок.

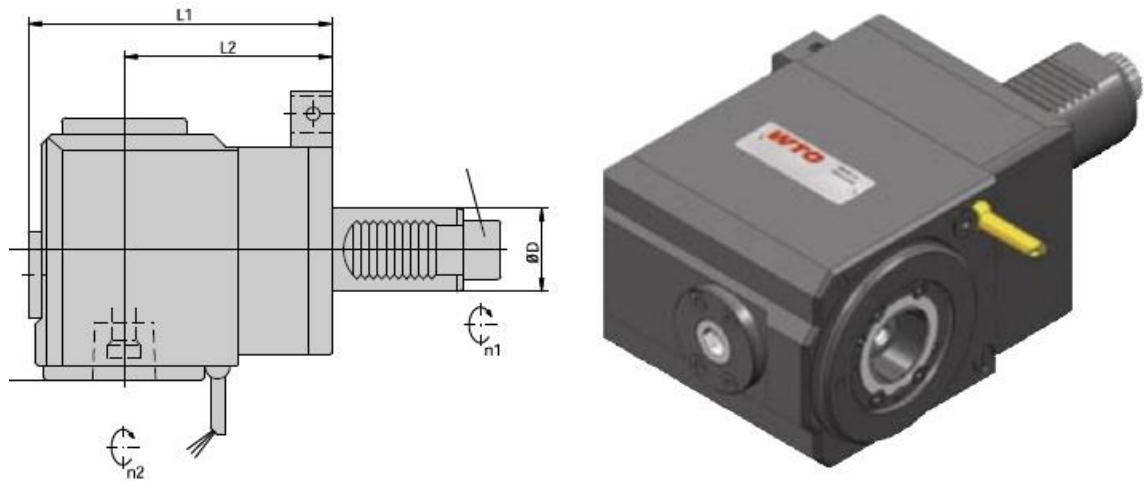


Рисунок 3.6 – Кутвий свердлильно – фрезерний блок.

Призначення заточного верстата з ЧПУ ВЗ–605Ф4:

Призначений для початкової заточки і переточки круглих, шліцьових і плоских протяжок, виготовлених з інструментальних, швидкорізальних сталей і твердих сплавів абразивними, ельборовими і алмазними шліфувальними кругами.

Особливості центру:

Верстат комплектується пристроєм ЧПУ SINUMERIK 802D виробництва фірми «Siemens» (Німеччина), яке забезпечує:

- високу якість управління, надійну і безперебійну роботу;
- вирішення багатьох завдань обробки від позиціонування осей до здійснення будь-якого руху з використанням інтерполяції;
- вільне програмування;
- можливість обміну інформацією з ЕОМ вищого рангу.

Загальний вигляд заточного верстата з ЧПУ ВЗ-605Ф4 зображено на рисунку 3.7.



Рисунок 3.7 – Заточний верстат з ЧПУ ВЗ–605Ф4

Центрошліфовальний верстат JHG–1510 призначений для високоточної обробки центрових отворів в заготовках точних деталей типу валів, шпинделів, оправок, ріжучого інструменту і т.д. конічним шліфувальним кругом. На верстаті

виправляють такі дефекти центрових гнізд як відхилення від круглості, відхилення від співвісності, занадто великий або занадто маленький кут, низька якість поверхні.

Особливості верстата:

- процес обробки ґрунтується на синхронному обертанні шліфувального круга, його планетарному і зворотно-поступальному русі вздовж утворюючої конічної поверхні центрального отвору;
- пристрій для змащення шпинделя шліфувального круга масляним туманом під тиском $1,5-2 \text{ кг/см}^2$ працює від стисненого повітря під тиском $1-8 \text{ кг/см}^2$;
- пристрій правки розташований на шліфувальній бабці і може переміщатися в робочу позицію вручну, під кутом конуса шліфувальної головки;
- автоматичний пристрій установки заготовки; в залежності від потреб, верстат може комплектуватися різними затискними пристосуваннями.

Загальний вигляд верстата зображений на рисунку 3.8.



Рисунок 3.8 – Центрошліфувальний верстат JHG–1510

Шліфувальний центр HAAS Multigrind CB за основу продуманій конструкції верстата CB становить шестигранна станина з мінерального лиття,

яка надає верстату стабільність і жорсткість. Завдяки своєму величезному потенціалу продуктивності верстат СВ ідеальний для серійного виробництва складних деталей і компонентів з високими вимогами до якості. Зуборізні інструменти з інструментальної сталі із загальною масою до 600 кг обробляються на верстаті СВ з такою ж точністю, що і ендопротези колінних суглобів з кобальт-хромових сплавів. Загальний вигляд верстата зображений на рисунку 3.9.



Рисунок 3.9 – Загальний вигляд шліфувального центру HAAS Multigrind CB

Застосування.

Всі круглі або плоскі деталі можна обробляти на верстаті Multigrind CB. Обробка деталей діаметром до 340 мм і довжиною до 550 мм не становить проблеми для цього верстата. Величини ходу по осях до 1200 мм по осі X, 410 мм по осі Y, 500 мм по осі Z. Це дозволяє без проблем обробляти як великі лопатки турбін авіаційних двигунів, як і великого інструменту. На верстаті СВ можна при мінімальних ручних втручаннях відкрити дах, щоб здійснювати завантаження зверху за допомогою крана.

Способи обробки.

На верстаті СВ можна проводити не тільки прецизійне і економічне

шліфування, а й фрезерування, свердління, стрічкове шліфування і затилювання.

У серійному виконанні верстат СВ обладнується двома шліфувальними шпинделями з потужністю приводу 12 кВт при частоті обертання 8000 об/хв. Але якщо потрібна велика потужність, то ми можемо запропонувати верстат СВ з потужність 30 кВт на кінці шпинделя і вузлом кріплення інструментів HSK80E.

Пристрій зміни інструментів

Для автоматичного серійного виробництва ми пропонуємо пристрій зміни інструментів, в якому поміщається до 12 шліфувальних кругів діаметром 300 мм або 17 кіл діаметром 200 мм. Зміна шліфувального круга займає всього 12 секунд.

Стіл верстата.

Верстат СВ з опорною поверхнею 1.000×500 мм своєму розпорядженні достатньо місця для обробки дійсно великих деталей. Залежно від вимог є різні варіанти столів. Можлива установка допоміжної осі X3 з робочою областю 400мм.

Система управління.

Шліфувальні верстати HAAS в серійному виконанні обладнуються системами управління Sinumerik останніх версій. На верстаті СВ працює зручна у використанні система Sinumerik 840D sl з системою забезпечення безпеки Safety Integrated. Для управління потужними приводами верстата СВ використовуються модулі Siemens Sinamics.

Ергономіка і безпека.

Робоча зона великих розмірів на верстаті СВ закрита двошаровим безпечним склом і елементами облицювання товщиною 4 мм, що забезпечує безпеку навіть при високих швидкостях шліфування. До розподільної шафи і шафи обслуговування забезпечуються дуже хороші умови доступу.

Коротка технічна характеристика верстатів, що застосовуються для виготовлення деталі «Мітчик–протяжка» надаються в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8 – Коротка технічна характеристика верстатів

Назва верстата	Технічна характеристика	Числові значення
1	2	3
Пило– відрізний верстат 8В66	<p>Діаметр розпилювання диску, мм</p> <p>Найбільші розміри розрізувального матеріалу, мм:</p> <p>круглого (діаметр)</p> <p>квадратного (діаметр)</p> <p>швелера (№ профілю)</p> <p>Довжина заготовки</p> <p>Межі частот обертання шпинделя, хв</p> <p>Подача шпиндельної бабки, мм/хв</p> <p>Потужність електродвигуна головного руху, кВт</p> <p>Габарити верстата, мм:</p> <p>довжина</p> <p>ширина</p>	<p>710</p> <p>240</p> <p>220</p> <p>№40</p> <p>20...1500</p> <p>3,3; 4,65;</p> <p>6,5; 9,2;</p> <p>13,04;</p> <p>18,39;</p> <p>25,93</p> <p>25...500</p> <p>7</p> <p>2465</p> <p>1300</p>
Токарно– револьверний верстат Haas DS–30	<p>Максимальний встановлюваний діаметр над станиною, мм</p> <p>Максимальний встановлюваний діаметр над кареткою, мм</p> <p>Максимальний оброблюваний діаметр (залежить від револьверної головки), мм</p> <p>Максимальна довжина обробки (без патрона), мм</p> <p>Діаметр 3-х кулачкового патрона, мм</p> <p>Максимальний діаметр оброблюваного прутка, мм</p> <p>Діаметр отвору в шпинделі, мм</p> <p>Максимальна частота обертання шпинделя, об/хв</p> <p>Максимальний крутний момент, Нм</p> <p>Максимальна потужність шпинделя, кВт</p> <p>Переміщення по осі X, мм</p> <p>Переміщення по осі Y, мм</p> <p>Переміщення по осі Z, мм</p> <p>Максимальне осьове зусилля, кН</p> <p>Максимальна швидкість холостих подач, м/хв</p> <p>Виконання посадкового гнізда револьвера</p> <p>Кількість інструментальних гнізд в револьвері, шт</p> <p>Максимальна кількість приводних гнізд, шт</p> <p>Максимальна швидкість обертання приводного інструменту, об/хв</p>	<p>806</p> <p>527</p> <p>457</p> <p>660</p> <p>210</p> <p>51</p> <p>88,9</p> <p>4000</p> <p>407</p> <p>22,4</p> <p>318</p> <p>–</p> <p>660</p> <p>22.7</p> <p>24</p> <p>VDI/BOT</p> <p>12</p> <p>6</p> <p>6000</p>

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
	Максимальна частота обертання контршпинделя, об/хв Максимальна потужність контршпинделя, кВт Діаметр 3-х кулачкового патрона контршпинделя, мм Сила затиску гальм, Н Точність позиціонування, мм Повторюваність, мм Обсяг бака ЗОР, л	4000 14,9 210 2224 ±0.0050 ±0.0025 208
Заточний верстат з ЧПУ ВЗ–605Ф4	Найбільший діаметр круглої протяжки, яка встановлюється в центрах, мм Найбільша довжина круглої протяжки, яка встановлюється в центрах, мм Найбільша довжина ріжучої частини круглої протяжки, мм Найбільша ширина плоскої протяжки, мм: з прямими зубами з зубами, розташованими під кутом 30 град. Діаметри шліфувальних кругів, мм Найбільше вертикальне переміщення шліф. кола (вісь Y), мм Найбільше поперечне переміщення шліф. кола (вісь Z), мм Кути повороту шліфувальної бабки, град. у вертикальній площині в горизонтальній площині Частота обертання шліфувального шпинделя, хв ⁻¹ Потужність приводу шліфувальної головки, кВт Найбільша швидкість переміщення шліфувальних салазок, м/хв Дискрета цифрової індикації, мм Частота обертання повідця бабки передньої, хв ⁻¹ Сумарна потужність встановлених електродвигунів, кВт Габаритні розміри (разом з окремо розташованим обладнанням) (ДхШхВ), мм Маса (з приставним обладнанням), кг	250 2000 1500 100 (250) 100 (250) 25...200 275 300 0...90 ±30 2000...14000 2,2 7 0,001 0...500 9,2 4890x2380x 1795-5150
Центрошліфувальний верстат JHG–1510	Параметри виробу: діапазон діаметрів, мм діапазон довжин, мм найбільша маса, кг Параметри оброблюваного центрального отвору: кут центрального отвору, град.	5-125 50-1000 100 60°

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
	<p>діапазон діаметрів центрального отвору, мм планетарний зворотно-поступальний рух, мм Шліфувальний шпиндель: переміщення шпинделя, мм найбільше переміщення за один оборот маховичка, мм переміщення на одну поділку шкали маховичка, мм частота обертання шпинделя, хв.⁻¹ Пристрій правки шліфувального кола: переміщення правлячого алмазу, мм вертикальне переміщення за один оборот маховичка, мм горизонтальне переміщення за один оборот маховичка, мм Потужність електродвигуна приводу (АС), к.с: шпинделя планетарного зворотно-поступального руху обертання заготовки Електроживлення: число фаз, шт. / Напруга, В / частота, Гц потрібна потужність, кВт Маса верстата нетто, кг</p>	<p>2-60 1,5 150 1,0 0,01 20000 40 1,5 1,5 0,5 0,20 0,5 3/220/60 1,9 630</p>
Шліфувальний центр HAAS Multigrind CB	<p>Розміри деталі: діаметр, мм довжина, мм довжина між центрами, мм Робоча область: вісь X, мм вісь Y, мм вісь Z, мм вісь C, град допоміжна вісь X3 (опція), мм Шліфувальні шпинделі З двома робочими кінцями конус пристрою сполучення, мм потужність, кВт (100 %/ 40 % ED) частота обертів, об/хв. Опція: один робочий кінець пристрій сполучення, потужність, кВт (100 %/ 40 % ED) частота обертів, об/хв. Опція: один робочий кінець</p>	<p>340 550 500 700 410 500 320 400 Ø 31,75 11,5 / 14,5 8.000 HSK 50 E 11,5 / 14,5 8.000</p>

Продовження таблиці 3.8

1	2	3
	пристрій сполучення, потужність, кВт (100 %/ 40 % ED) частота обертів, об/хв. Опція: високошвидкісний шпиндель Стіл верстата: кріпильна поверхня, мм Т-образні пази: кількість / відстань / ширина, шт. / мм / мм Опція: пристрій зміни інструментів інструменти: кількість / Ø мм інструменти: кількість / Ø мм Габарити верстата: довжина × ширина, мм висота при роботі, мм Загальна маса, в залежності від оснащення, кг	HSK 50 E 11 / 12 18.000 По запиту 1.000×500 9 / 50 / 12H7 7 / 300 до 16 / 100 12 / 300 до 27 / 100 3000×2650 3550 від 8.500

3.5.2 Вибір оснащення

Сучасні ріжучі інструменти виготовляються з вуглецевих і легованих інструментальних сталей, швидкорізальних інструментальних сталей, твердих сплавів, мінералокераміки, алмазів, абразивних матеріалів.

Для повного використання можливостей сучасного ріжучого інструменту необхідно підвищити не тільки швидкохідність і потужність, але й жорсткість верстата.

Конструкція і геометрія ріжучого інструменту безперервно вдосконалюється. З'являються нові матеріали для його виготовлення, що створюються умови для безперервного підвищення швидкостей різання та роботи з великими подачами. Виходячи з аналізу сучасних темпів розвитку, можна зробити висновок, що продуктивність ріжучого інструменту подвоюється кожні десять років. Якщо розгляньте рекомендації десятирічної давності, то виявите, що сучасні інструменти в два рази швидше знімають стружку і при цьому витрачають на 30% менше енергії.

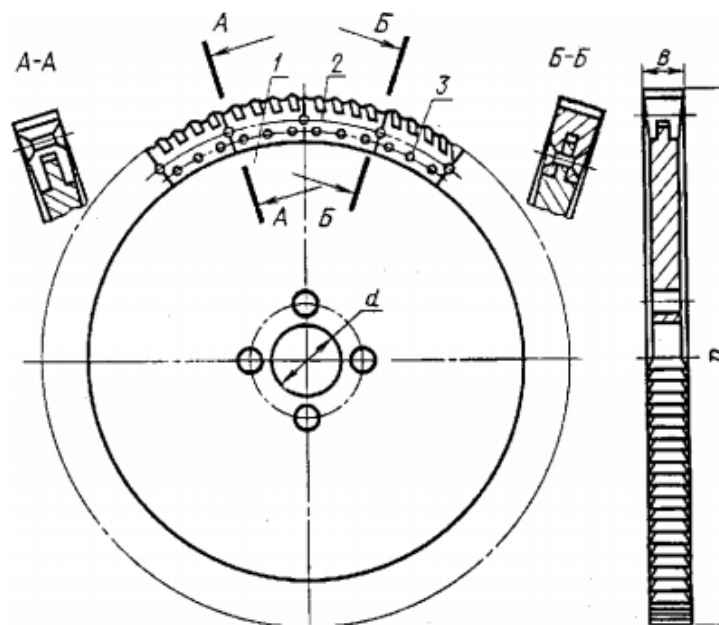
Нові інструменти зроблені з більш міцних і жорстких марок карбідів, застосовуються при обробці на великих швидкостях і забезпечують менший

ріжуче зусилля. Вони забезпечені стружко-ламами, виконані з більш універсальних матеріалів, менш залежних від області застосування. Вони розроблені для нових технологічних процесів в машинобудуванні. Наприклад, інструменти для врізаної обробки і поворотні інструменти, багатофункціональні фрезерні головки, інструменти для високошвидкісної обробки, з використанням мінімальної кількості мастила і для токарної обробки деталей високої твердості і т. д.

Вибір інструмента на верстат пило-відрізний 8В66. Для порізки заготовок для наступної обробки. Загальний вигляд та розміри пили зображений на рисунку 3.10.

Размери в мм Таблица 1

Сегменты		D, js 16	d H8	B, не более	Число зубьев пилы при числе зубьев на каждом сегменте			Крепление сегмента
Обозначение	Применяемость				4	6	8	
2257-0251		250*	32	5,0	56	84	112	Тип А (с тремя заклепками)
2257-0252		275						
2257-0253		315*	40					
2257-0254		350	32	6,0	72	108	144	
2257-0255		400*	50					
2257-0256		410	70	6,5	80	120	160	
2257-0257		500*	50					
2257-0258		510*	70	7,0	96	144	192	
2257-0259		610	80					
2257-0261		630*						
2257-0262		710						
2257-0263		800*						



1 — диск; 2 — сегмент; 3 — заклепка

Рисунок 3.10 – Зображення та основні розміри пили сегментної

Таблиця 3.9 – Інструменти для обробки деталі.

№ Опе р.	№ Пер.	Інструменти		Засоби контролю і вимір.
		Допоміжні інструменти	Різальний інструмент	
030	2	Пластина Т15К6 ГОСТ 27076-86	Торцева фреза 100×32, z=8 ГОСТ 26595-85	Штангенциркуль ШЦ-П-250-630-0,1-1 ГОСТ 166-89; Оптичний проектор Dr. Schneider ST 1000 CNC; Шаблон спеціальний; Мікрометр ГОСТ 6507-90; Калібр – пробка спеціальна.
	3	Оправка цангова EWS Varia31.VX416L30;	Свердло RUKO - DIN 333 217315	
035	2, 5, 10,	Адаптер С6-ASHR/L-38140-25-HP	Пластина - А 159 Державка - DNMG 150616 – PR	
	3, 6, 11,	Адаптер С5-ASHR/L-30100-20-HP;	Пластина - А 174; Державка - VBMT 160412 – PF	
	7	Адаптер - 930-VB40-S-12-080	Фреза – 2N012–1000–COA	
	8	Державка 27.VX408L54SHR	Зенковка 2353-0085 ГОСТ 14953-80	
	12	Адаптер С6-ASHR/L-38140-25-HP	Пластина - N123H2-0400-0004; Державка - LF123H13-2525	
	13	Адаптер С6-ASHR/L-38140-25-HP	Різець різьбовий спеціальний, пластина Т15К6 №48030	
040	2	Фрезерна оправка EWS Varia вставка V4 42.V427L08IK	Дискова фасонна фреза спеціальна Р6М5	
	3-4	Адаптер - 930-VB40-S-12-080	Фреза – 2N012–1000–COA	
060	2	Державка с хвостовиком HSK	Шліф круг 0-0068 1A1 100-20-3-20 АСН 60/40 100% М2-01	
065	2	Державка с хвостовиком HSK	Фасонний шліф круг 9-3133 14EE1-125 6-3-4-60-32 АС6 63/50 50% М2-01	
	3	Державка с хвостовиком HSK	Шліфувальний круг 4-0118 12А2-45 75-10-6-3-16 АС4 100/80 100% В2-01	
	4	Державка с хвостовиком HSK	Шліфувальний круг 4-0118 12А2-45 75-10-6-3-16 АС4 100/80 100% В2-01	
070	2	Державка с хвостовиком HSK	Тарілчастий алмазний шліф круг 5-006 12А2-20 75-10-6-2-16 АС4 125/100 100% В2-01	
	3	Державка с хвостовиком HSK	Тарілчастий алмазний шліф круг 5-006 12А2-20 75-10-6-2-16 АС4 125/100 100% В2-01	

3.6 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання включає в себе визначення глибини різання, подачі і швидкості різання, необхідних для обчислення часу на обробку. Докладний розрахунок виробляємо для двох характерних операцій технологічного процесу.

Розробка токарної операції 035.

Перехід 3. Чорнове точіння поверхні Ø24.

Глибина різання: $t_1 = 4,5$ мм;

Подача: $S_o = 0,4$ мм /об [22, таб.13]

Швидкість різання визначається за формулою 3.28.

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_o^y} \cdot K_v \quad (3.28)$$

де C_v , m , x , y – емпірична постійна і показники ступеня в розрахунку швидкості різання: $C_v = 320$; $m = 0,2$; $x = 0,15$; $y = 0,35$ [4, таб.18, стр.270].

T – рекомендована стійкість інструменту:

$T = 60$ мин [4, стр. 268];

K_v розраховується за формулою 3.29.

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv} \quad (3.29)$$

де K_{mv} – Коефіцієнт оброблюваного матеріалу

K_{nv} – Коефіцієнт стан поверхні заготовки.

K_{iv} – Коефіцієнт інструментального матеріалу.

$K_{\phi v}$ – Коефіцієнт головного кута в плані інструмента.

K_{rv} – Коефіцієнт радіус при вершині інструмента.

Коефіцієнт K_{mv} розраховується за формулою 3.30, для сталі Р6М5 [22, таб.4, стр.263]

$$K_{mv} = K_r \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{980} \right)^{1,0} = 0,612 \quad (3.30)$$

де $K_{nv}=0,9$ обробка необробленої поверхні прокату [4, таб.18, стр.270];

$K_{iv}=1,0$ для Т15К6 [22, таб.18, стр.270];

$K_{\phi v}=1,0$; $\phi=45^\circ$; $K_{\phi 1v}=0,81$; $\phi_1=45^\circ$; $K_{rv}=0,94$; $R=1$ [22, таб.18, стр.270].

Частота обертання шпинделя розраховується за формулою 3.31.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 83,94}{\pi \cdot 32,5} = 822,14, \text{ об/хв.} \quad (3.31)$$

де $D=35$ – діаметр оброблюваної поверхні.

Приймаємо $n = 800$ об/хв.

Дійсна швидкість різання визначається за формулою 3.32.

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}, \quad (3.32)$$

$$V_d = \frac{\pi \cdot 35 \cdot 800}{1000} = 81,68, \text{ м/хв.}$$

Сила різання визначається за формулою 3.33.

$$P_z = 10 C_{pz} \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p, \quad (3.33)$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 4,5^1 \cdot 0,4^{0,75} \cdot 81,68^0 \cdot 1,011 = 772,98 \text{ Н.}$$

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.

Коефіцієнт K_p розраховується за формулою 3.34.

$$K_p = K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{mp} \cdot K_{rp}, \quad (3.34)$$

$$K_p = 1,222 \cdot 0,89 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,011.$$

де $K_{mp} = \left(\frac{\sigma_b}{750}\right)^n = \left(\frac{980}{750}\right)^{0.75} = 1,222$ – поправочний коефіцієнт на силу

різання, що враховує вплив оброблюваного матеріалу [4, табл. 9стр. 264];

$K_{\varphi p} = 0,89$; $\varphi = 90$ – поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив головного кута в плані [4,табл.23стр. 275];

$K_{\gamma p} = 1,0$; $\gamma = 10$ – поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив переднього кута [4,табл.23стр. 275];

$K_{\lambda p} = 1,0$ – поправочний коефіцієнт на силу різання, що враховує вплив кута нахилу головної різальної кромки [4,табл.23стр. 275];

$K_{r p} = 0,93$; $r = 1,0$ мм – поправочний коефіцієнт на силу різання,, що враховує вплив радіуса при вершині різця [4,табл.23стр. 275].

Потужність різання визначається за формулою 3.35.

$$N_s = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60}, \quad (3.35)$$

$$N_s = \frac{772,98 \cdot 81,68}{1020 \cdot 60} = 1,032 \text{ кВт.}$$

Машинний час на переході визначається за формулою 3.36.

$$t_m = \frac{\Sigma l}{S \cdot n}, \quad (3.36)$$

$$t_m = \frac{3+104+17,5+6}{800 \cdot 0,12} = 1,568 \text{ хв.}$$

Розробка шліфувальної операції 055.

$\varnothing 24_{-0,040}^{0,073}$ ПР і НЕ гранична ГОСТ16775–91ц.

Глибина різання $t = 0,4$ мм.

Подача: радіальна $S_{рад} = 0,0075$ мм/об [22, табл. 54, стр.301];

поздовжня $S_{прод} = 0,05 \cdot 104 = 0,05 \cdot 104 = 5,5$ мм/об [22, табл. 54, стр. 301].

Швидкість обертання деталі $V = 25$ м/хв. [22, табл. 54, стр. 301].

Швидкість обертання шліфувального круга $V = 30$ м/с [22, табл. 54, стр.301].

Частота обертання деталі розраховується за формулою 3.37.

$$n = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 24} = 248,68 \text{ об/хв.} \quad (3.37)$$

Приймаємо $n = 250$ об/хв.

Дійсна швидкість обертання деталі визначається за формулою 3.38.

$$V_d = \frac{\pi \cdot 24 \cdot 250}{1000} = 25,133 \text{ м/хв} \quad (3.38)$$

Ефективна потужність при шліфуванні визначається за формулою 3.39.

$$N = C_N V_3^r t^x s^y d^q, \quad (3.39)$$

$$N = 2,65 \cdot 25,133^{0,5} \cdot 0,15^{0,5} \cdot 0,075^{0,55} \cdot 24^{0,2} = 2,276 \text{ кВт.}$$

Машинне час на переході визначається за формулою 3.40.

$$t_m = i \cdot \frac{L}{n \cdot S_p}, \quad (3.40)$$

$$t_m = 5 \cdot \frac{104}{2,5 \cdot 250} = 0,588 \text{ хв.}$$

$$\text{де } i = \frac{t}{S_{\text{рад}}} + (1 \dots 2) = \frac{0,4}{0,075} + 2 = 5,33$$

Приймаю $i = 5$

Але оскільки розрахунки ведуться за застарілими нормативними документами та довідниками то беремо за основу режими різання з каталогу Sandvik Coromant. Отримані режими різання заносимо до таблиці 3.10.

Таблиця 3.10 – Режими різання

Операція	№ переходу	Найменування операції	Режими обробки				
			t, мм	S, мм/об	n _{ст} , об/хв	V _д , м/хв	T _о , хв
1	2	3	4	5	6	7	8
005	2	Пило–відрізна.	1,9	50 мм/хв	–	12	0,7
010	2	Пило–відрізна.	1,9	50 мм/хв	–	12	0,7
030	2	Фрезерно–центрувальна.	3	0,15 мм/зуб	500	157,0	0,425
	3		3,3	0,15	500	5,65	2,666
035	2	Токарна з ЧПК.	4,5	0,4	400	31,4	0,687
	3		1,5	0,15	800	62,8	0,915
	5		4,5	0,4	400	31,4	1,375
	6		1,5	0,15	800	62,8	1,83
	7	Фрезерна з ЧПК.	3	0,014 мм/зуб	255	20	6,10
	8	Зенкувальна	0,5	0,1 мм/зуб	800	63,8	0,563
	10	Токарна з ЧПК.	4,5	0,4	400	31,4	2,75
	11		1	0,15	800	62,8	3,66
	12	Нарізання різі.	0,39	6	–	250	8,01
	13	Нарізання різі.	3	6	–	250	2,10
040	2	Фрезерна з ЧПК	11,5	0,04 мм/зуб	979	80	10,11
	3	Фрезерна з ЧПК	1	0,15	800	70,2	3,96
	4	Фрезерна з ЧПК	1	0,15	800	70,2	1,41
055	2	Центрошліфувальна.	0,03	0,01	1000	7	0,3
	4	Центрошліфувальна.	0,03	0,01	1000	7	0,3
060	2	Круглошліфувальна.	0,4	0,075 2,5	нд =250	V _{кр} =30м/ с	0,588
065	2	Круглошліфувальна.	0,05	0,008 20	318	V _{кр} =50	8,31
	3	Круглошліфувальна.	0,1	250 мм/хв	–	V _{кр} =50	6,72
	4	Круглошліфувальна.	0,1	250 мм/хв	–	V _{кр} =30	6,56

Продовження таблиці 3.10

1	2	3	4	5	6	7	8
070	2	Заточна	0,05	0,002 мм/хід	–	$V_{кр}$ =40м/ с	10,95
	3						

3.7 Розрахунок норм часу

Визначення норми машинного часу визначається за формулою 3.41.

$$T_M = \sum t_{mi} \quad (3.41)$$

де $\sum t_{mi}$ – сума машинних часів по переходах;

Для верстатів з числовим програмним управлінням додатково нормується час автоматичної роботи верстата.

$$T_{доп} = 0,3 \cdot T_M$$

Визначення норм допоміжного часу.

Допоміжний час визначається за формулою 3.42.

$$T_B = T_{уст} + T_{пер} + T_{контр} \quad (3.42)$$

де $T_{уст}$ – допоміжний час, пов'язаний з установкою, зняттям деталі.

$T_{пер}$ – допоміжний час, пов'язаний з переходом;

$T_{контр}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання.

Значення $T_{уст}$, $T_{пер}$, $T_{контр}$ наводяться в нормативних джерелах [7].

Оперативне час визначається за формулою $T_{оп} = T_M + T_B$

Штучний час на операцію, визначається за формулою 3.43:

$$T_{шт} = (T_{оп} + T_a) \cdot \left(1 + \frac{a_{обслотд}}{100}\right) \quad (3.43)$$

де $a_{\text{тех}}$, $a_{\text{орг.}}$, $a_{\text{отл}}$, – час на технічне, організаційне обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби робітника.

Штучно – калькуляційний час визначається за формулою 3.44.

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} \quad (3.44)$$

де $T_{\text{пз}}$ – підготовчо-заключний час на настройку операції;
 n – кількість деталей партії.

Розрахунок норм часу на токарну операцію з ЧПК № 035 виконується з урахуванням особливостей нормування операцій що виконуються на верстатах з ЧПК і надається у наступній послідовності:

Призначається час $T_{\text{вст.зн}}$, хв для встановлення деталі вагою до 0,25 кг в трьохкулачковому патроні з пневмо затиском без вивірки – 0,11 хв.

$$T_{\text{вст.зн}} = 0,11$$

Розраховується машинно-допоміжний час $t_{\text{м.в}}$, хв, пов'язаний з виконанням допоміжних переходів і переміщень, що складається з суми часів одночасного переміщення робочих органів верстата по осям Z та X:

- прискореного – 0,03 (ураховується 7 разів);
- установочного – 0,1 (ураховується 9 разів);
- установочного в зоні різання – 0,04 (ураховується 10 раз).

$$t_{\text{м.в}} = 0,03 \cdot 15 + 0,1 \cdot 9 + 0,04 \cdot 10 = 1,84$$

Допоміжний час $T_{\text{доп}}$, хв визначається за формулою 3.45.

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{вст.зн}} + t_{\text{м.в}}, \quad (3.45)$$

$$T_{\text{доп}} = 0,11 + 1,81 = 1,92.$$

Оперативний час $T_{оп}$, хв розраховується за формулою 3.46.

$$T_{оп} = T_o + T_{вст.зн.} + t_{м.в}, \quad (3.46)$$

$$T_{оп} = 27,99 + 0,11 + 1,81 = 29,91.$$

Додатковий час $T_{дод}$, хв. становить 10% від оперативного часу $T_{по}$.

$$T_{дод} = 0,1 \cdot 29,91 = 2,991$$

Розраховується штучний час $T_{шт}$, хв. за формулою 3.47.

$$T_{шт} = T_o + T_{дод} + T_{дод}, \quad (3.47)$$

$$T_{шт} = 27,99 + 1,92 + 2,991 = 32,9.$$

Розраховується підготовчо-заклучний час, $T_{пз}$, хв за формулою 3.48.

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пз3} \quad (3.48)$$

де $T_{пз1}$ – затрати часу на прийоми підготовки до роботи, хв;

$T_{пз2}$ – затрати часу, що враховує додаткові прийоми, хв;

$T_{пз3}$ – час на пробну обробку деталі, хв.

$$T_{пз1} = 8; T_{пз2} = 6; T_{пз3} = 9$$

$$T_{пз} = 8 + 6 + 9 = 23$$

Штучно калькуляційний час $T_{шт.к}$, хв розраховується за формулою 3.49.

$$T_{шт.к} = 29,91 + \frac{23}{500} = 32,947 \quad (3.49)$$

Для інших операцій техпроцесу, нормування виконуємо аналогічно і заносимо в таблицю 3.11.

Таблиця 3.11 – Норми часу за операціями

№ Оп		Операція	T _о хв	T _{дод}	T _{оп}	T _{дод}	T _{шт}	T _{п- з}	T _{шк}
005	2 4	Пило-відрізна.	1,4	4,1	5,5	0,55	6,06	20	6,06
030	2	Фрезерно- центрувальна	3,091	1,5	3	6,091	0,609	6,7	6,746
035	2- 13	Токарна з ЧПК.	27,99	1,92	29,91	2,991	32,9	23	32,947
040	2- 4	Фрезерна з ЧПК	15,48	0,98	16,46	1,646	18,11	20	18,14
055	2 4	Центрошліфувальна	0,6	1,8	1,9	0,19	2,09	23	2,136
060	2	Круглошліфувальна	0,588	4,5	5,088	0,508	5,596	20	5,636
065	2- 4	Круглошліфувальна	21,59	0,8	28,39	2,84	31,23	15	31,26
070	2 3	Заточна	10,95	5	15,95	1,595	17,55	23	17,596

4 РОЗРОБКА КЕРУЮЧОЇ ПРОГРАММИ

Основна частина обробки деталі виконується на верстаті HAAS моделі DS-30 , тому керуючу програму створюю на 035 токарну операцію. Порядок виконання роботи в програмі FeatureCAM 2013 R3 SP3 (64-bit):

1. Запускаємо програму на комп'ютері. На робочому столі запускаємо програму FeatureCAM 2013 R3 SP3 (64-bit). В програмі вибираємо (створити нову деталь, точіння/фрезерування, метрична) і натискаємо ОК, рисунок 4.1

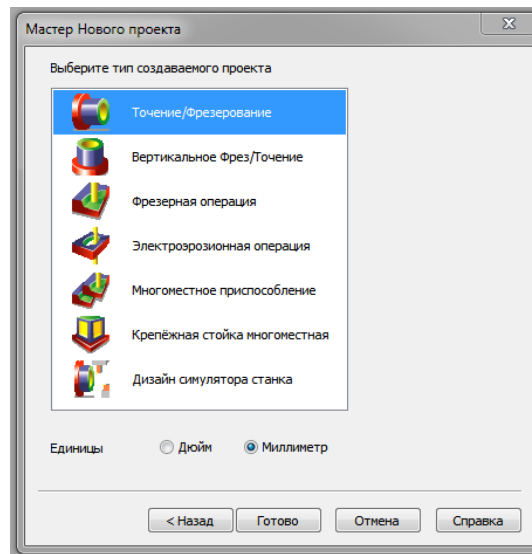


Рисунок 4.1 – Запуск програми

2. Заходимо в створення Заготовки. Вибираємо заготовку кругу, задаємо її параметри (зовнішній діаметр 35, довжина заготовки 302) і натискаємо ОК. Заготовка появляється на екран, рисунок 4.2.

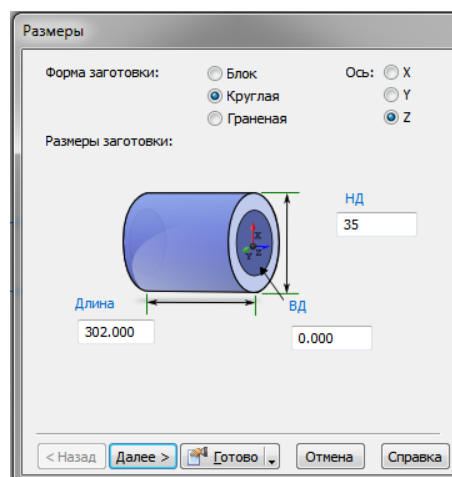


Рисунок 4.2 – Створення заготовки

3. Будує контур майбутньої деталі, рисунок 4.3.

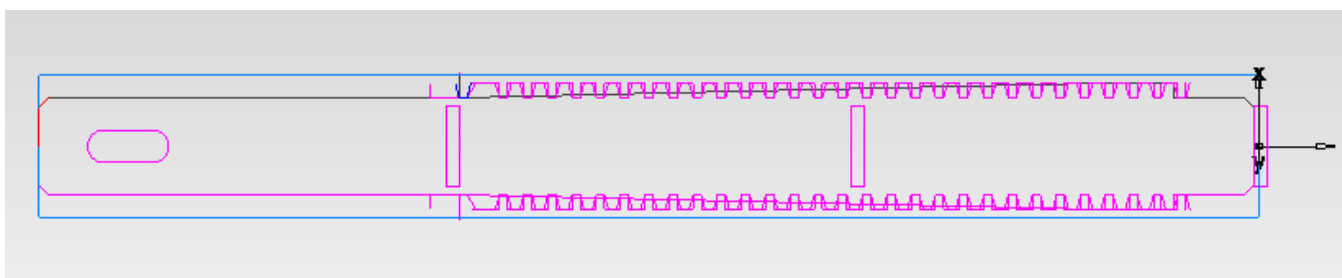


Рисунок 4.3 – Контур деталі

4. Перехід 3, точити поверхню 1, 2 згідно ескізу, рисунок 4.4.

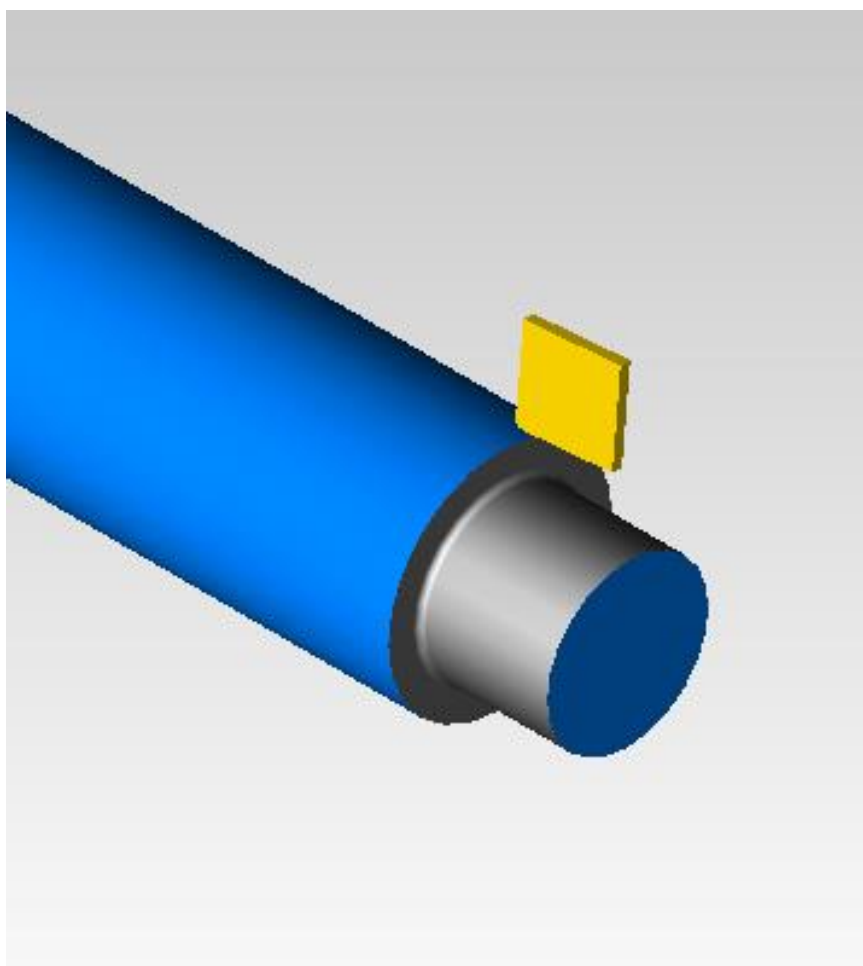


Рисунок 4.4 – Контур деталі

5. Точити канавку 4 і поверхні 3, 5 зі зняттям фаски 6 згідно ескізу, рисунок 4.5.

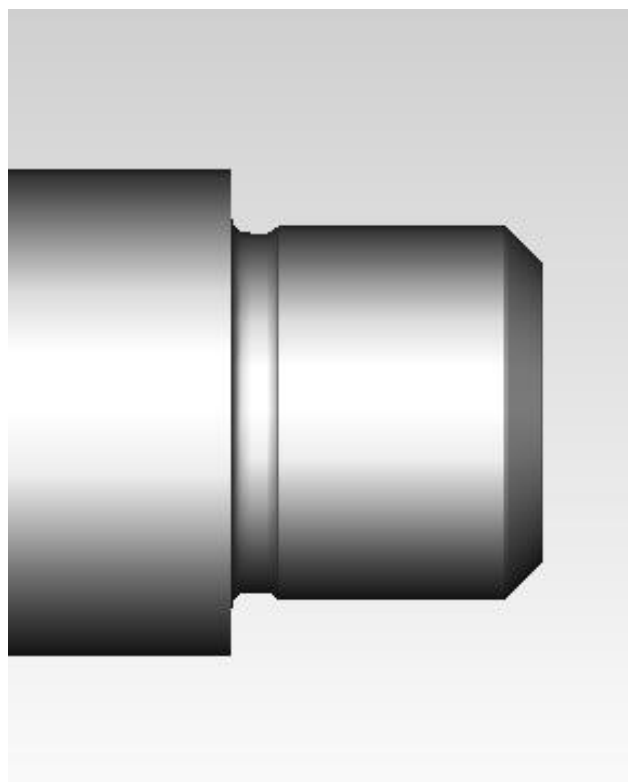
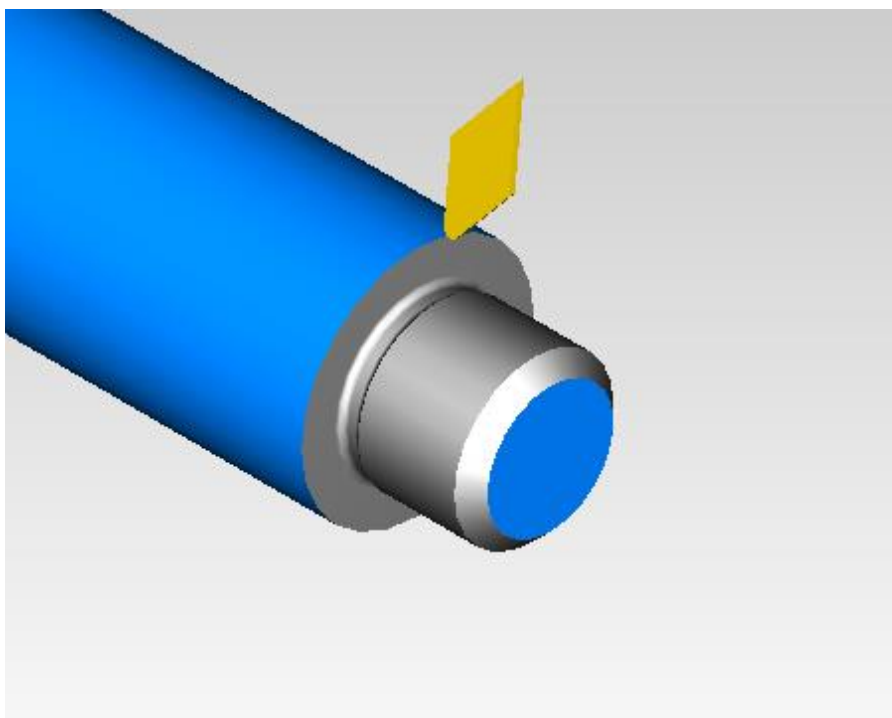


Рисунок 4.5 – Чистове точіння

6. Перехід 4, перестановити у субшпиндель., рисунок 4.6.

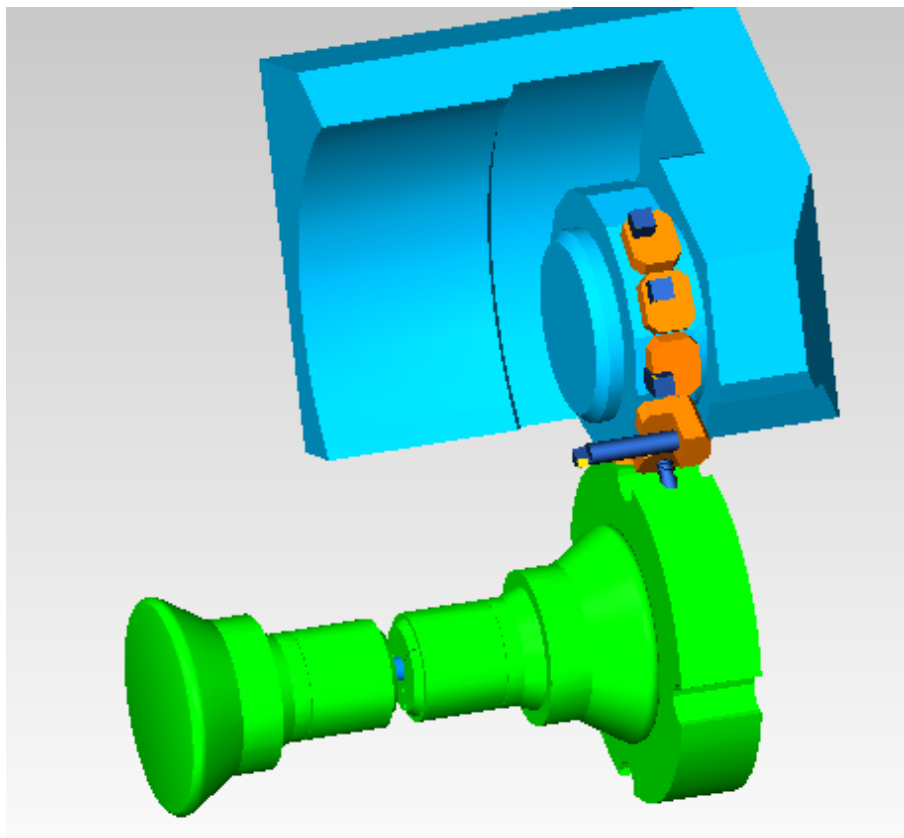


Рисунок 4.6 – Перехват заготовки

7. Точити поверхню 7, 8 згідно ескізу.

8. Точити поверхні 10, 11 зі зняттям фаски 9, рисунок 4.7.

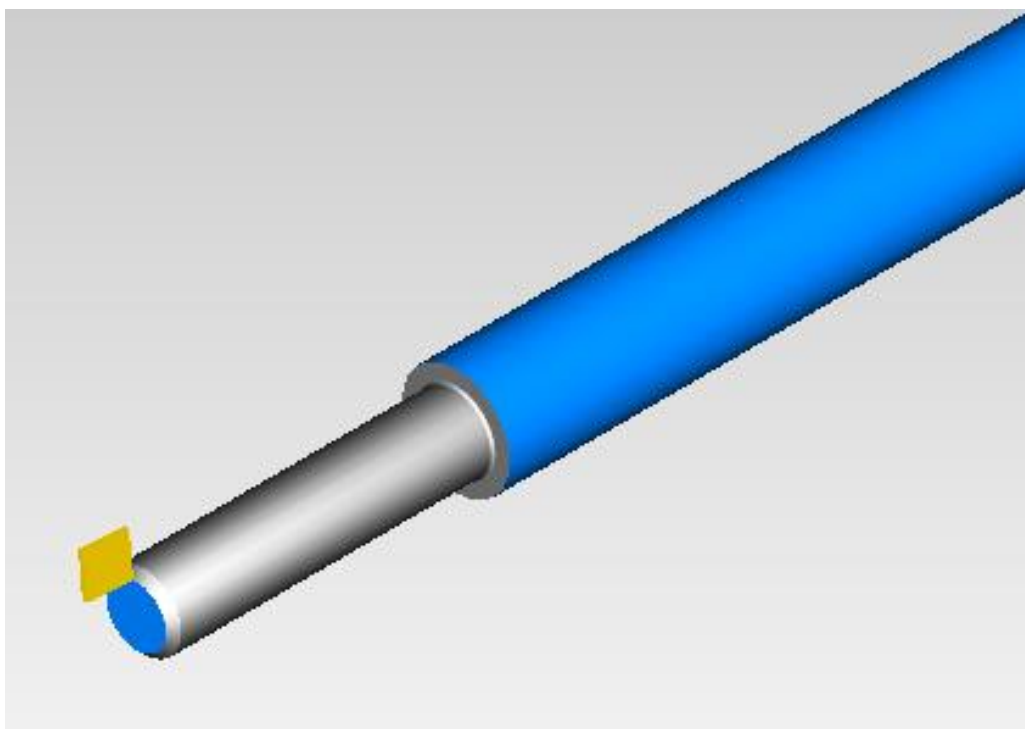


Рисунок 4.7 – Обробка хвостовика

9. Перехід 7 – 8, фрезерувати паз 12, і зенкувати фаску 13, згідно ескізу, рисунок 4.8.

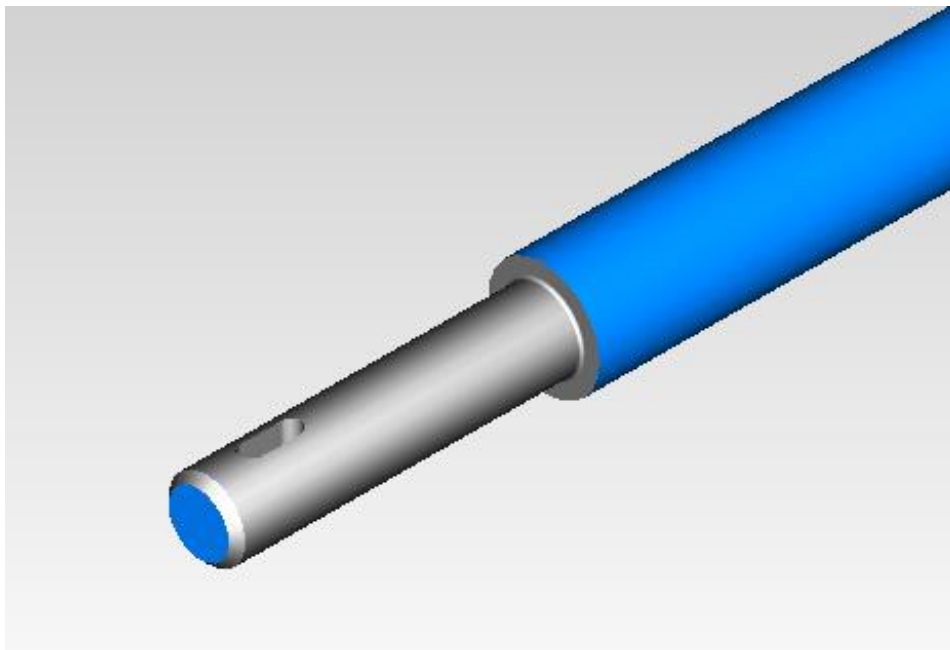


Рисунок 4.8 – Фрезерування пазу

10. Синхронізувати з основним шпинделем.

11. Точити поверхні 14, 15 зі згідно ескізу.

12. Точити поверхні 16, 17 згідно ескізу, рисунок 4.9.

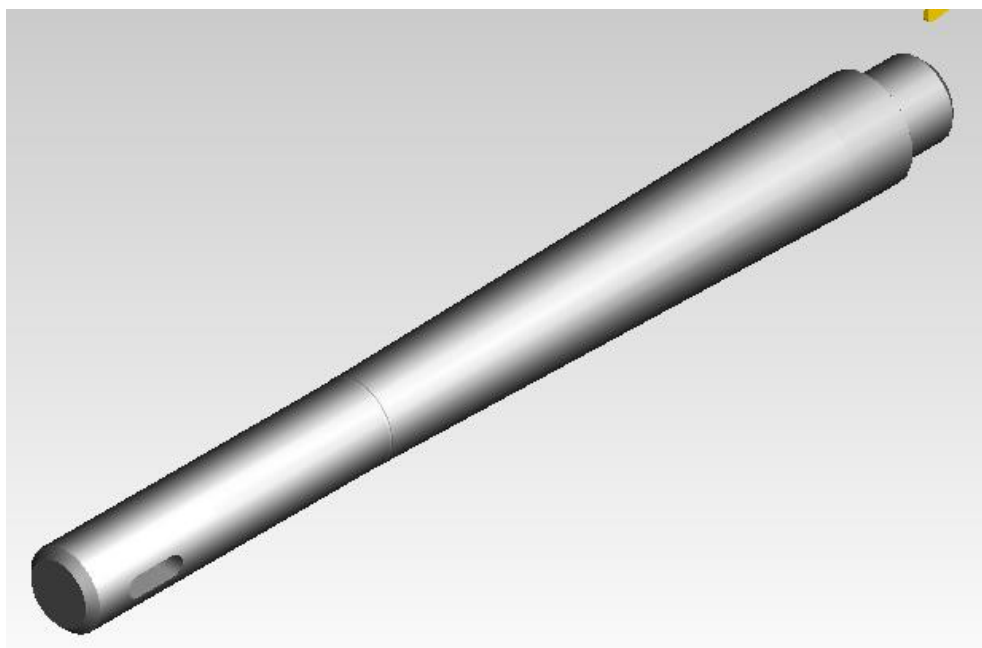


Рисунок 4.9 – Точіння ріжучої частини

13. Перехід 12, 12. Нарізати різь 18 витримуючи розміри згідно ескізу, рисунок 4.10.

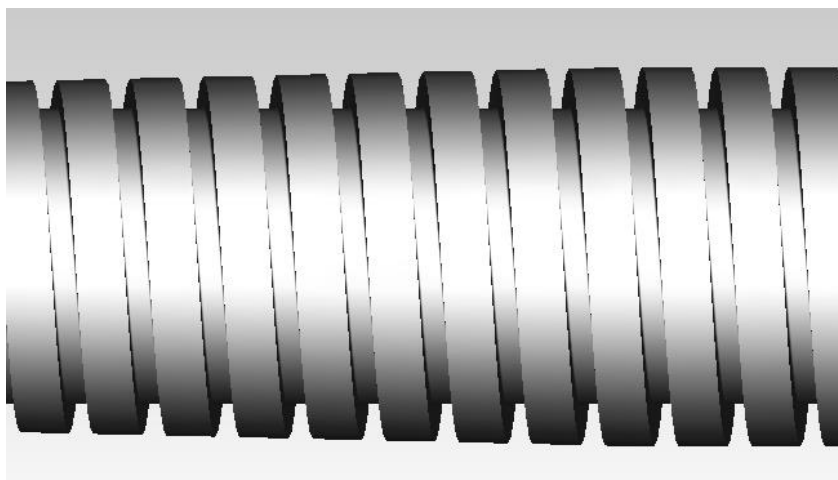
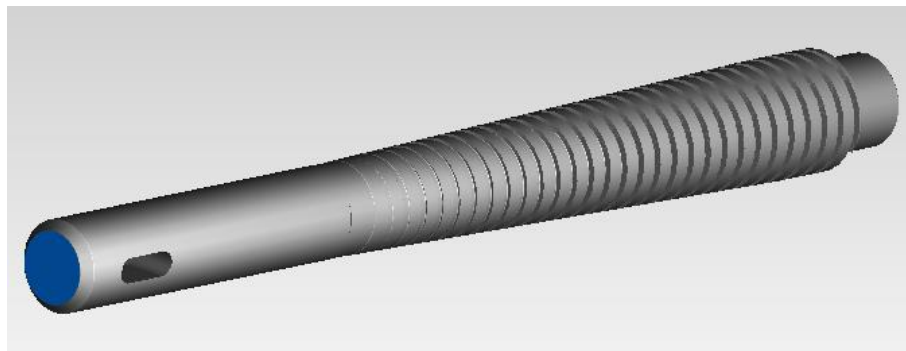


Рисунок 4.10 – Нарізання різі

14 Перехід 3, нарізати різь 19 витримуючи розміри згідно ескізу, рисунок 4.11.

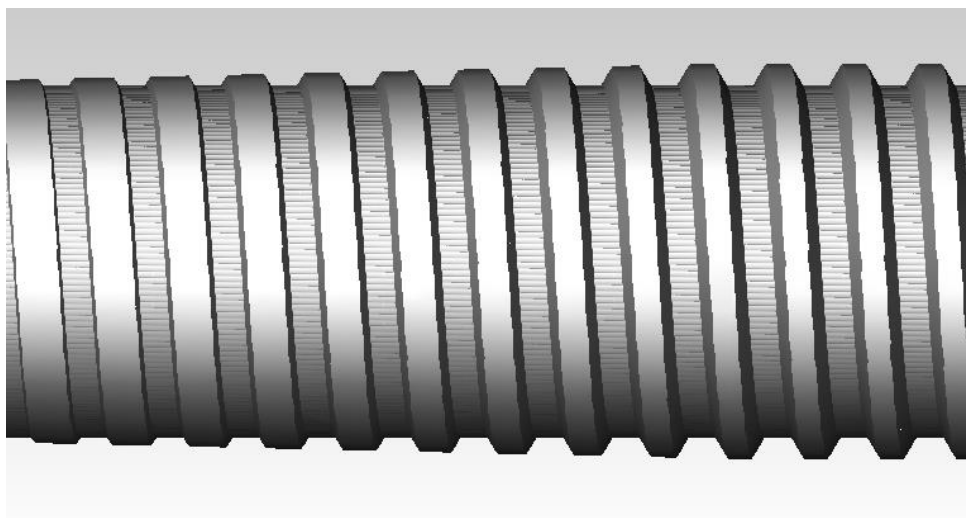


Рисунок 4.11 – Нарізання різі

15. Частина коду керованої програми для деталі «Мітчик–протяжка» в програмі FeatureCAM 2013.

```

%
( TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ3 )
( T1 = WS_Turn_80m_RH )
N25 T101
N30 GG54
N35 G50 S4000
N40 G97 S2147 M04
N45 M8
N50 G00 X25.2 Z3.0
N55 G96 S170
N60 G01 Z-18.9 F0.381
N65 X35.0
N70 X35.707 Z-18.546
N75 G00 X41.0
N80 M9
N85 G28 U0.
N90 G28 W0.
( TURN FINISH ТОЧЕНИЕ4 )
( T2 = WS_Turn_35m_RH )
N105 T202
N110 G50 S4000
N115 G97 S4000 M03
N120 M8
N125 X-9.227 Z0.968
N130 G96 S246
N135 G01 X-2.0 Z0. F0.152
N140 X17.0
N145 G03 X18.414 Z-0.293 R1.0 F0.046
N150 G01 X23.414 Z-2.793 F0.152
N155 G03 X24.0 Z-3.5 R1.0 F0.046
N160 G01 Z-18.0 F0.152
N165 G03 X23.414 Z-18.707 R1.0 F0.046
N170 G01 X23.0 Z-18.914
N175 Z-20.0
N180 X33.707 F0.152
N185 X39.364 Z-17.172
N190 G00 X41.0
N195 M9
N200 G28 U0.
N205 G28 W0.
( SLOT ROUGH1 ПА31 )
( SUB SPINDLE SS2 )
( T1 = SE_BackTurn_80m_RH )

```

N220 T303
N225 G97 S1273 M03
N230 M8
N235 X85.0 Z22.0
N240 X6.0
N245 G01 X0.06 F45.8
N250 X-0.855 Z16.0
(TURN ROUGH ТОЧЕНИЕ1)
(T4 = SE_BackTurn_80m_RH)
N740 T404
N745 G50 S4000
N750 G97 S2147 M03
N755 M8
N760 X25.2 Z-3.0
N765 G96 S170
N770 G01 Z103.408 F0.381
N775 X35.0
N780 X35.707 Z103.055
N785 G00 Z-3.722
(TURN FINISH ТОЧЕНИЕ1)
N795 G50 S4000
N800 G96 S246
N805 X25.0 Z-3.0
N810 G01 Z103.508 F0.152
N815 X34.0
N820 X39.657 Z100.68
N825 G00 X41.0
N830 M9
N835 G28 U0.
N840 G28 W0.
M5
N850 M30
%
0

ВИСНОВКИ

В магістерській роботі були проведені наступні розрахунки: вибір матеріалу інструменту, визначення маси заготовки, вибір типу виробництва, вибір методу отримання заготовки, розробка маршруту обробки заготовки, обґрунтування технологічних баз, розрахунок припусків на механічну обробку, розрахунок режимів різання, розрахунки норм часу, розрахунок ріжучого інструменту, вибір устаткування і оснащення, створення керуючої програми.

Важливим моментом є застосування САПР при конструюванні і розрахунках, що дає можливість підвищити рівень і якість конструювання. У пояснювальній записці описано які деталі були оптимізовані, чим обґрунтовані такі дії і до якого результату це призвело. Зменшуються витрати на виробництво деталей поряд з економією металу, підвищується продуктивність, збільшується міцність заготовки. Як приклад оптимізації була обрана зварна заготовка з подальшим економічним розрахунком, який показує істотну економію коштів. У магістерській роботі було використано ряд програм: SOLIDWORKS, FeatureCAM, PowerSHAPE 2016.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Богуслаев В.А., Леховицер В.А., Смирнов А.С. Станочные приспособления. – Запорожье, ОАО «Мотор Сич», 2000. – 463 с.
2. Вячеславов М.И. Методика и нормативы времени для технического нормирования токарных работ. – М.: Машгиз, 1959.–186 с.
3. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для спец. вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – Минск: Высшая школа, 1983.–256 с.
4. Нефедов Н.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. Изд. 3-е, перераб. и доп., М., «Машиностроение», 1977 г.-288с.
5. Руденко П.О., Плескач В.М., Харламов Ю.О. «Технологічні методи виробництва заготовок деталей машин»: Підручник, за ред. Доц. В.М. Плескача. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 1999.–254 с, іл.128
6. Е.И. Стружестрах. Справочник нормировщика-машиностроителя. В 4-х томах. – М., Т.2. 1961. – 890 с.
7. Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора – инструментальщика. М., «Машиностроение», 1975. 456с.
8. Допуски и посадки. Справочник. В 2-ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов / Л.: Машиностроение, 1983. Ч.1. – 543 с.
9. Допуски и посадки. Справочник. В 2-ч. / В.Д. Мягков, М.А. Палей, А.Б. Романов / Л.: Машиностроение, 1983. Ч.2. – 448 с.
10. Общемашиностроительные нормативы времени - М.: Машиностроение, 1974.
11. Руководство по курсовому проектированию металлорежущих инструментов: Учеб. пособие для вузов по специальности «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты»/Под общ. ред. Г.Н. Кирсанова — М.: Машиностроение, 1986. — 288 с: ил.

12. Справочник. Станочные приспособления, в двух томах Издание редактировано Вардашкиной Б.Н. Шатиловой А.А. М - Машиностроение 1984 год Т 1, с.

13. Справочник. Станочные приспособления, в двух томах Издание редактировано Вардашкиной Б.Н. Шатиловой А.А. - Машиностроение 1984 год Т-2, с.

14. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1, Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, 4-е изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1986. 656 с.

15. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2, Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова, 4-е изд., перер. и доп. – М.: Машиностроение, 1985. 496 с.

16. Додатки до методичних вказівок «розрахунки технологічних розмірів при проектуванні технологічних процесів механічної обробки», для виконання курсових і дипломних проектів з технології машинобудування, авіаційних двигунів та енергетичних установок. Запоріжжя, ЗДТУ, 1996 р. -58 с.

17. Методичні вказівки до практичних занять з технології машинобудування (розділ – проектування технологічних процесів) / Укл. В.Д. Хорошков, О.В. Алексеенко – Запоріжжя, ЗДТУ, 1999 р. -76 с.

18. Каталог Sandvik Coromant.

Додаток А

Комплект технологічної документації.