

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до магістерської роботи: 113 с., 8 табл., 24 рис., 2 дод., 25 джерел.

ДЕТАЛЬ, ОБРОБКА, ВЕРСТАТ, АБРАЗИВ, КОРПУС САТЕЛІТІВ, МАТЕРІАЛ, ОБЛАДНАННЯ, ІНСТРУМЕНТ, ТОЧНІСТЬ, УСТАНОВКА.

Об'єкт дослідження – «корпус сателітів» авіаційного двигуна AI-40.

Мета дослідження – розробити технологічне забезпечення виготовлення деталі «корпус сателітів» авіаційного двигуна AI-40 на верстатах з ЧПК з використанням обробки вільними абразивами.

Вході виконання дипломної роботи магістра необхідно вирішити наступні завдання:

- ознайомитися з конструкцією та службовим призначенням деталі «корпус сателітів»;
- підібрати оптимальний матеріал та вид термічної обробки деталі;
- проаналізувати види та методи обробки вільними абразивами;
- провести вибір метода отримання зготовки;
- аналіз конструкції деталі на технологічність;
- розробити маршрут обробки деталі;
- проектування операції з числовим програмним керуванням (ЧПК).

До складу дипломної роботи магістра входить креслення корпусу сателітів авіаційного двигуна AI-40.

ABSTRACT

Explanatory note to the master's thesis: 113 p., 8 tables, 24 figures, 2 appendices, 25 sources.

PART, MACHINING, MACHINE, ABRASIVE, SATELLITE HOUSING, MATERIAL, EQUIPMENT, TOOL, PRECISION, INSTALLATION.

The object of research is the "satellite housing" of the AI-40 aircraft engine.

The purpose of the research is to develop technological support for the manufacture of the "satellite body" part of the AI-40 aircraft engine on CNC machines using processing with free abrasives.

The following tasks must be solved before completing the master's thesis:

- familiarize yourself with the construction and service purpose of the "satellite body" part;
- choose the optimal material and type of heat treatment of the part;
 - to analyze the types and methods of processing with free abrasives;
- choose the method of obtaining the workpiece;
- analysis of the design of the part for manufacturability;
- develop a route for processing the part;
- designing an operation with numerical program control (NPC).

The master's thesis includes a drawing of the body of satellites of the AI-40 aircraft engine.

ЗМІСТ

	с.
Вступ	10
1 Опис об'єкта	11
1.1 Конструкція та службове призначення деталі	11
1.2 Матеріал деталі	13
1.3 Термічна обробка	14
2 Обробка вільними абразивами	16
2.1 Аналіз методів обробки вільними абразивами	16
2.2 Турбоабразивна обробка	21
2.2.1 Обладнання для турбоабразивної обробки	25
2.2.2 Робоче середовище	26
2.2.3 Технологічні умови обробки	26
2.2.4 Порівняння режимів обробки	27
3 Технологічна частина	33
3.1 Вибір метода отримання зготовки	33
3.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність	37
3.3 Обґрунтування вибору технологічних баз	40
3.4 Призначення припусків і розрахунок технологічних розмірів	42
3.5 Маршрут обробки деталі	58
3.6 Розрахунок режимів різання	59
3.6.1 Проектування та розрахунок токарної операції	59
3.6.2 Проектування та розрахунок радіально-свердлильної операції	68
3.6.3 Проектування та розрахунок фрезерної операції з ЧПК	79
3.6.4 Проектування та розрахунок зубофрезерної операції	85
4 Проектування операції з ЧПК	89
4.1 Створення операційного ескізу з зазначенням оброблю-	

	9
вальних поверхонь, нуля деталі та нуля різального інструменту	89
4.2 Визначення настроювальних розмірів	90
4.3 Завдання технологічних переходів з описом технологічних команд	91
4.4 Вибір схеми обробки та отримання керуючої програми в LCDATA	96
Вистовки	102
Перелік джерел посилань	103
Додаток А Альбом технологічних карт	106

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку машинобудування гострою проблемою постає підбір прогресивного методу обробки деталей машин.

В промисловості все більшого поширення набувають деталі із складним профілем. До них відносять деталі літальних апаратів, двигунів внутрішнього згоряння, дизельних двигунів, а також інструментальної оснастки для металургійного та заготівельного виробництв та ін. Формоутворення та забезпечення якості виготовлення зазначених поверхонь вимагає складного руху виконавчих органів обробного обладнання або застосування складних за формою (фасонних) інструментів. У ряді випадків формоутворення можливе тільки спеціальними методами лиття або електроерозійною обробкою з наступною фінішною обробкою. Вибір виду фінішної обробки має велике значення.

Під час проведення оздоблювально-зачистної обробки складно-профільних деталей використання традиційних способів обробки практично неможливо через утруднений доступ інструменту до оброблюваної поверхні.

Тому особливо широке поширення для цих цілей отримали методи обробки деталей у вільних абразивах, оскільки вони дозволяють у багатьох випадках механізувати обробку та підвищити якісні показники робочих поверхонь, а також виключити або звести до мінімуму непродуктивну ручну працю.

Випускна дипломна робота має конструктивно-технологічний характер і складається з текстової та графічної частин, які виконані із застосуванням сучасних програмних продуктів.

1 ОПИС ОБ'ЄКТА

1.1 Конструкція та службове призначення деталі

Темою дипломної роботи магістра є розробка технологічного забезпечення виготовлення деталі «корпус сателітів» авіаційного двигуна на верстатах з ЧПК з використанням обробки вільними абразивами.

Корпус сателітів встановлюється у редукторі турбогвинтового двигуна AI-20 та призначений для передачі крутного моменту від ротора двигуна на вал гвинта (близько 30%). А інша частина крутного моменту передається через ступень перебору [1, с.13].

Креслення деталі, виконаний у кількох проекціях з додатковими видами, що пояснюють конструкцію корпусу (зокрема профілі зубів, конфігурація канавок для виходу інструменту). З правої частини розміщено таблицю параметрів зовнішнього шліцевого вінця.

Робоче креслення деталі та технічні умови є єдиним документом, що визначає вимоги до деталі – єдиною підставою для контролю та приймання деталей після виготовлення. Тому найголовніша вимога до креслення полягає в тому, що він має бути повністю опрацьований конструктором деталі. [1, с.111].

На рабочем чертеже указывается материал детали, проставляются допуски на изготовление, шероховатость поверхностей, в технических условиях указывается группа контроля, термообработка и твердость материала, покрытия и прочие специфические требования.

Корпус сателітів виготовлений із сталі 40ХН2МА (ГОСТ 7417-75) та виконаний у вигляді коробки з вікнами, в які монтуються зубчасті колеса – сателіти. Спереду коробка переходить у пустотілий вал із зовнішніми евольвентними шліцями, мідними для запобігання наклепу, для поліпшення припрацювання, запобігання надирам. Шлицями вал з'єднується з валом

гвинта і центрується у спеціальній опорі валу гвинта циліндричною мідненою поверхнею, що є на кінці валу.

На задній частині валу корпусу сателітів центрується підшипниками ковзання корпус перебору. Також мається центруючий поясок, що є опорою корпусу перебору. Для підвищення зносостійкості центруючий поясок валу хромований. Поверхня пояса має найменшу шорсткість ($Ra_{0,32}$). У середній частині пояса просвердлено отвір для підведення мастила до втулки корпусу перебору для змащення та охолодження деталей вузла перебору. На задньому кінці корпусу сателітів є посадковий хвостовик, яким корпус сателітів спирається на підшипник, встановлений у лобовому картері.

На валу з боку коробки є посадковий діаметр під шарикопідшипник ($\varnothing 95h6$, $Ra_{0,4}$) і різьблення під гайку для його закріплення ($M95 \times 1,5-6g$).

На задній стороні корпусу сателітів є посадковий діаметр під роликпідшипник ($\varnothing 160h6$, $Ra_{0,8}$) і різьблення для встановлення кріплення підшипника ($M160 \times 2-6g$), який є задньою опорою корпусу сателітів.

Через отвори в лівій стінці корпусу сателітів подається мастило в порожнину осей сателітів для змащування роликпідшипників і далі через отвори в правій стінці та кільцеву порожнину між заднім хвостовиком корпусу сателітів та втулкою підшипника до трьох форсунок.

У стінках корпусу, з'єднаних чотирма стійками, виконані чотири рівномірно розташовані по колу отвори, у які запресовуються осі сателітів.

Найбільше на корпусі сателітів поверхонь із шорсткістю $Ra_{1,6}$ та точністю за 12 квалітетом.

Для забезпечення точності деталі, що задається кресленням, необхідно обрати верстати з високою точністю обробки, тобто класу точності Н, розраховувати допустимі похибки пристосувань, запобігати використанню зношеного інструменту та інші методи. Поряд з точністю розміру та точністю форми та шорсткістю завжди важним показником є точності обробки поверхні, що вказується нав робочих кресленнях деталі.

Для досягнення заданої шорсткості важлива лише заключна стадія обробки, на якій формується остаточна шорсткість. Шляхами забезпечення заданої мінімальної шорсткості деталі – малі подачі.

Корпус сателітів є рухомою ланкою, що обертається. Сателіти, обертаючись на осях корпусу сателітів, спираються зубами на зуби шестерні внутрішнього зачеплення, обкатуються по ній і надають руху проти обертання годинникової стрілки корпусу сателітів і з'єднаний з ним вал гвинта.

Корпус сателітів є рухомою ланкою, що обертається. Сателіти, обертаючись на осях корпусу сателітів, спираються зубцями на зубці шестерні внутрішнього зачеплення, обкочуються по ній і приводять у рух (обертаючись проти годинникової стрілки) корпусу сателітів та з'єднаний з ним вал гвинта.

1.2 Матеріал деталі

Деталь, корпус сателітів, виготовляється з легованої конструкційної сталі 40ХН2МА ГОСТ 4543 – 71 з сортового каліброваного прокату за ГОСТ 7417-75.

Легована конструкційна сталь 40ХН2МА ГОСТ 4543 - 71 обробляється різанням – у гарячому стані $HВ\ 228...235$ та $\sigma_B = 560$ (МПа) складає $K_{вб. ст.} = 0,4$, $K_{v\ тв. спл} = 0,7$.

Хімічний склад та механічні властивості матеріалу наведені в таблицях 1.1 та 1.2 [2, с. 80].

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 40ХН2МА (ГОСТ 4543 - 71)

Хімічний елемент	%
Вуглець (C)	0,37...0,44
Кремній (Si)	0,17...0,37
Марганець (Mn)	0,50...0,80
Нікель (Ni)	1,25...1,65

Продовження таблиці 1.

Хімічний елемент	%
Мідь (Cu), не більше	0,30
Молібден (Mo)	0,15...0,25
Сірка (S), не більш	0,025
Фосфор (P), не більш	0,025
Хром (Cr)	0,60...0,90

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 40ХН2МА (ГОСТ 4543 - 71)

Термічна обробка, стан постачання	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	ψ	КСУ, Дж/см	HRC
	МПа		%			
Пруток. Відпал 830°C, у печі						
	930	1080	12	50	78	31...36
Пруток. Загартування 860°C, маслтило.						
	930	1080	10	45	70	31...36
Пруток. Відпуск 600°C, мастило.						
	835	980	9	45	83	31...36

1.3 Термічна обробка

Метою термічної обробки заготовок є усунення дефектів, що виникають при нагріванні та обробці тиском (перегрів, залишкові напруги), поліпшення оброблюваності різанням, підготовка структури металу до остаточної термічної обробки (після обробки різанням).

Вид і режим термічної обробки залежить від її призначення, хімічного складу матеріалу, від габаритів і товщини оброблюваних деталей. Найбільш поширеними видами термічної обробки є нормалізація, відпал, цементация, загартування, відпустка.

На операції 015 проводять відпал - вид термічної обробки металів і сплавів, головним чином сталей і чавунів. Суть відпалу полягає у нагріванні до певної температури, витримці та подальшому, зазвичай, повільному охолодженні. Під час відпалу здійснюються процеси повернення (відпочинку металів), рекристалізації. Мета відпалу – зниження твердості для підвищення оброблюваності, поліпшення структури і досягнення більшої однорідності металу, зняття внутрішніх напруг.

Відпал проводиться при температурі $830 \pm 10^{\circ}\text{C}$ протягом 3-4 годин, середовище охолодження - повітря.

Контроль режиму обробки за термограмою.

На операції 065 проводиться загартування - вид термічної обробки деталей з металів і сплавів, що полягає в їх нагріванні вище критичної температури (температури зміни типу кристалічної решітки, тобто поліморфного перетворення), з подальшим швидким охолодженням, як правило в рідині (воді або олії).

Загартування проводиться при температурі $860 \pm 20^{\circ}\text{C}$ протягом 1 год 30хв або 1 год 50хв у захисному середовищі азоту водню. Охолодження проводиться у повітряному середовищі.

Також на операції 065 виробляють відпустку з метою отримання більш високої пластичності та зниження крихкості матеріалу при збереженні прийнятного рівня його міцності.

Відпустка проводиться при температурі $600 \pm 20^{\circ}\text{C}$ протягом 2-3 годин. Охолодження проводиться на повітрі. Обдування піском. Зачисна обробка піском на глибину 0,4...0,5 мм.

Твердість: HRC 31...36.

2 ОБРОБКА ВІЛЬНИМИ АБРАЗИВАМИ

2.1 Аналіз методів обробки вільними абразивами

На всіх етапах розвитку сучасного машинобудування однією з найважливіших задач є необхідність покращення якості виробів, що випускаються, значною мірою це визначається ефективністю проведення оздоблювально-зачистних операцій, трудомісткість яких у різних галузях промисловості становить від 10...20% до 40...70% від загальної трудомісткості виготовлення деталей та має тенденцію до зростання.

В даний час широке поширення в промисловості набули деталі із складним профілем. До них відносять деталі літальних апаратів, двигунів внутрішнього згоряння, дизельних двигунів, а також інструментальної оснастки для металургійного та заготівельного виробництва та ін. Формоутворення та забезпечення якості виготовлення зазначених поверхонь вимагає складного руху виконавчих органів обробного обладнання або застосування складних за формою (фасонних) інструментів. У ряді випадків формоутворення можливе тільки спеціальними методами лиття або електроерозійною обробкою з наступною фінішною обробкою [17]. Вибір виду фінішної обробки має велике значення, так як отримані вище переліченими методами поверхні мають дефектний шар, що характеризується високим рівнем залишкових напруг, деформаційного зміцнення (наклепу) та нерівностей поверхні, що знижує їх надійність та працездатність, опір втоми та міцність.

При виконанні оздоблювально-зачистної обробки у якості різального інструменту можуть використовуватись інструменти із закріпленим абразивом (шліфування, хонінгування тощо) та вільні абразиви. Під час проведення оздоблювально-зачистної обробки складнопрофільних деталей використання традиційних способів обробки практично неможливо через утруднений доступ інструменту до оброблюваної поверхні.

Тому особливо широке поширення для цих цілей отримали методи обробки деталей у вільних абразивах, оскільки вони дозволяють у багатьох випадках механізувати обробку та підвищити якісні показники робочих поверхонь, а також виключити або звести до мінімуму непродуктивну ручну працю[18].

Технологічні можливості та велика кількість технологічних параметрів дозволяють класифікувати методи обробки вільними абразивами за рядом ознак:

- за типом абразивного середовища;
- за необхідністю закріплення деталі;
- за основним рухом;
- за кількістю одночасно оброблюваних деталей;
- за характером впливу інструменту;
- за напрямом слідів обробки.

До методів обробки вільними абразивами відносяться:

- вібраційна обробка (ViO);
- відцентрово-ротаційна обробка (ВРО);
- струминно-абразивна обробка (САО);
- турбоабразивна обробка (ТАО);
- обробка вільним абразивом; ущільненим інерційними силами (ОВАУІС);
- магнітно-абразивне полірування(МАП);
- галтування.

Класифікація методів обробки вільними абразивами представлена рис. 2.1 [13].

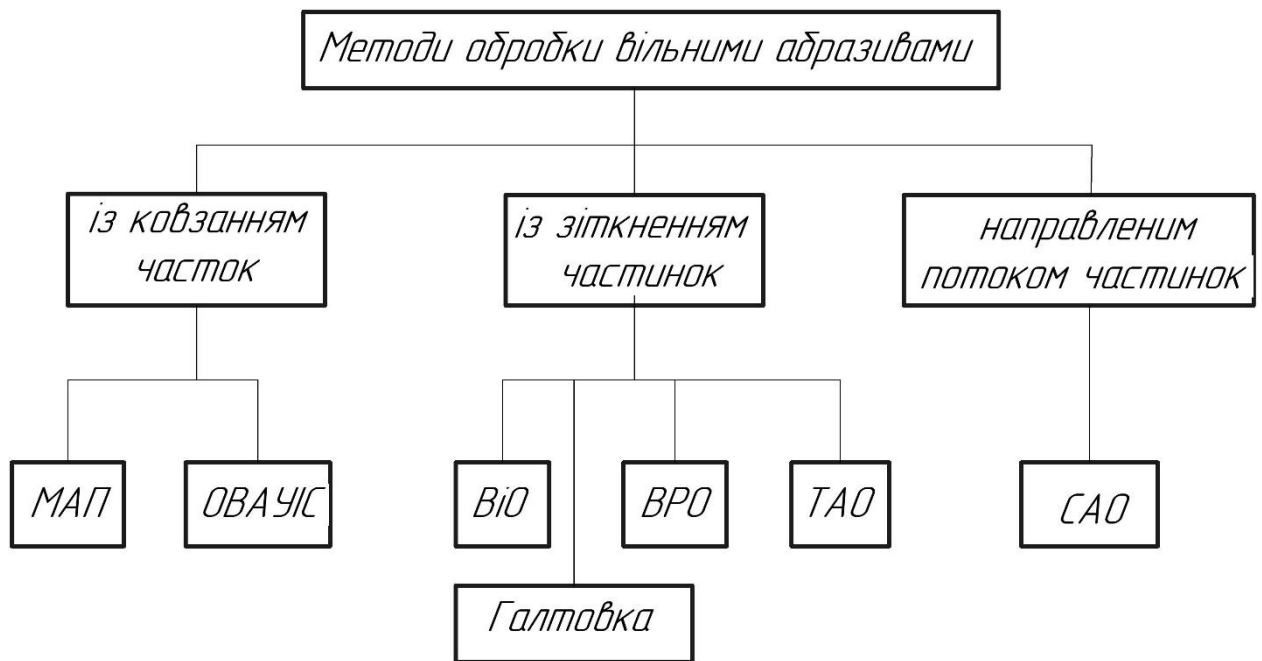


Рисунок 2.1 – Класифікація методів обробки вільними абразивами.

Усі вище перелічені методи абразивної обробки дозволяють поєднувати високу продуктивність обробки з гарною якістю обробленої поверхні деталей складної конфігурації при простому за конструкцією обладнанні [16, 17, 18].

Розглянемо технологічні можливості даних методів обробки на оздоблювально-зачистних операціях.

Віброабразивна обробка.

Є найбільш поширеним методом обробки вільними абразивами.

Даний спосіб являє собою механічний або хіміко-механічний процес знімання дрібних частинок та його оксидів з оброблюваної поверхні, а також згладжування мікронерівностей шляхом їх пластичного деформування частинками робочого середовища, при інтенсивному (під дією вібрацій) переміщенні середовища та деталей чи лише середовища [18].

Широке застосування ВіО знайшла для обробки порівняно невеликих деталей (масою до 1-2 кг) складної форми, що володіють досить високою жорсткістю, які не мають баз. Це литі заготовки з кольорових сплавів, сталі, чавуну, а також заготовки, отримані штампуванням та методом порошкової металургії.

Прикладом ефективного застосування ВіО є обробка даними способом турбінних лопаток дрібних та середніх розмірів, деталей санітарно-технічної арматури, заготовок постійних магнітів (очищення виливків), заготовок ріжучих інструментів (очищення від окалини), шайб, шпонок, скоб, довгомірних (типу труб, дроту) деталей, дрібних, плоских. І оскільки найбільш широкого поширення набула ВіО при завантаженні деталей «у навал», слід відзначити, що обробка легко деформуємих і досить важких деталей утруднена даним методом [18, 19].

Відцентрово-ротаційна обробка.

ВРВ заснована на формуванні тороїдального потоку шліфувального матеріалу на циліндричній поверхні нерухомої камери при обертанні ротора в вигляді тарелі з конічними стінками [20-22] та може бути реалізована за кількома схемами:

1. Оброблювані деталі можуть завантажуватися в робочу камеру «у навал» і в цьому випадку переміщуються разом з наповнювачем. У такий спосіб обробляють деталі різної геометричної форми та порівняно невеликих габаритів, які не деформуються під час руху в тороїдально-гвинтовому потоці.

2. Оброблювана деталь закріплюється в спеціальному шпиндельному пристрої, вводиться в обробне середовище, і їй повідомляється обертальний рух. Так обробляють деталі складної геометричної форми, схильні до зчеплення при вільному русі у робочій камері, а також великогабаритні деталі типу турбінних коліс. На сьогоднішній день дана технологія переважно застосовується при обробці деталей невеликих розмірів [22].

Струменево-абразивна обробка.

Фізична сутність цього способу полягає у дії високошвидкісної (30 - 70 м/с) струмені абразивно-рідинної суміші на поверхню оброблюваної заготовки, та, як правило, такий струмінь прямує під кутом до оброблюваної поверхні. Найбільш ефективна САТ під час обробки несиметричних, незбалансованих складнопрофільних деталей середніх розмірів; при цьому можуть бути оброблені як зовнішні, і внутрішні поверхні.

Широко застосовують цей спосіб при обробці прес-форм, ливарних форм, турбінних лопаток, литих та штампованих складнопрофільних деталей, лемешів та відвалів тракторних плугів. Однак дана обробка має такий недолік, як нерівномірність знімання металу по поверхні контакту абразивного струменя з деталлю; різниця в товщині знятого шару по краях та в центрі поверхні контакту складає 10^{-2} - 10^{-1} мм [19, 22].

Турбоабразивна обробка.

Спосіб турбоабразивної обробки заснований на використанні техніки псевдозрідження сипких матеріалів і полягає у створенні абразивного киплячого (псевдозрідженого) шару, який поміщають оброблювану деталь, задаючи в залежності від її форми різні види руху.

Обробки вільним абразивом, ущільненим інерційними силами.

Є процесом, в якому обробка відбувається в результаті контактної взаємодії оброблюваної поверхні з ущільненим під дією інерційних сил шаром вільного абразиву при їх відносному переміщенні.

Даний метод забезпечує поєднання процесів обробки, мастила та охолодження, що здійснюються одночасно і нерозривно. Метод забезпечує можливість регулювання у великих межах процес абразивного впливу на поверхню, що обробляється, за рахунок зміни режимів обробки.

Магнітно-абразивне полірування.

Сутність цього методу обробки полягає в тому, що оброблюваної поверхні деталі або порошку з магнітними та абразивними властивостями, поміщеним у магнітне поле, повідомляють про примусовий рух відносно один одного. Знімання металу здійснюється в результаті силового впливу порошку на поверхню деталі.

Галтовка.

Галтуванням можна виконувати полірування, безрозмірне шліфування, зміцнення, очищення та зачистку.

У процесі галтування в результаті взаємодії наповнювача та деталей, завантажених у контейнер, при обертанні відбуваються зіткнення, ковзання та

мікрорізання поверхонь деталей абразивним наповнювачем, внаслідок чого і знімається метал. Деталі завантажують у барабан зазвичай навалом.

Для інтенсифікації процесу обробки деталі іноді закріплюють на окремій осі та повідомляють їм додаткове обертання.

При аналізі методів обробки вільними абразивами виявлено загальні особливості, основні їх такі:

1. Відсутність жорсткого кінематичного зв'язку інструменту та деталі.
2. Низькотемпературний характер обробки.
3. Можливість обробки деталей складної форми.
4. «Безрозмірний» характер обробки.
5. Підвищення мікротвердості поверхневого шару після обробки.

2.2 Турбоабразивна обробка

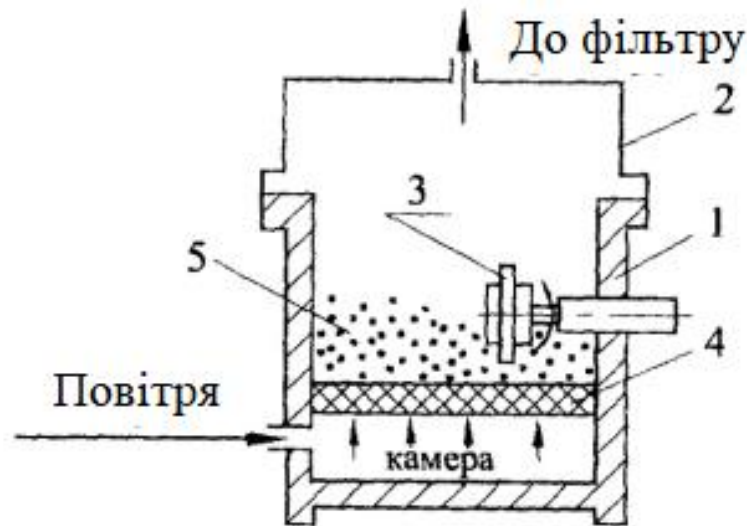
Так як темою дипломної роботи магістра є вирішення питання технологічне забезпечення виготовлення деталі “корпус сателітів” авіаційного двигуна на верстатах з ЧПК з використанням обробки вільними абразивами, то після проведення аналізу існуючих методів обробки вільними абразивами, для більш детального розгляду обираємо метод турбоабразивної обробки.

Спосіб обробки деталей турбоабразивним методом полягає в тому, що оброблювану деталь розміщують у створений абразивний псевдозріджений (киплячий) шар, і в залежно від її форми їй задаються різні види рухів (обертальний, планетарне та ін.) (рис. 2.2). Таким чином у результаті великої кількості зіткнень частинок з поверхнею деталі, що обертається відбувається інтенсивне знімання металу і формоутворення нового мікрорельєфу поверхні [23].

Даний метод обробки забезпечує:

- зняття задирок;

- заокруглення кромки до $R=0,3...0,5\text{мм}$ з шорсткістю поверхні $Ra=0,5...0,3\text{мкм}$;
- шорсткість поверхонь після обробки $Ra=0,7...0,5\text{мкм}$ при вихідній після токарної $Ra=2,5...1,6\text{ мкм}$;



1 – робоча камера; 2 – кришка; 3 – оброблюєма деталь; 4 – гозорозподільча решітка; 5 – псевдо розріджений шар абразивних зерен

Рисунок 2.2 – Схема турбоабразивної обробки

Результати експериментальних досліджень [19] показали, що, обробляючи деталі даним методом, можна виконувати такі операції:

- видалення з поверхонь задирок та заокруглення гострих кромки;
- очищення деталей складної форми від залишків окалини після термообробки;
- фінішна обробка штампованих деталей;
- декоративне шліфування та полірування при фінішних операціях, та підготовці поверхні деталі під нанесення різноманітних покриттів.
- зміцнення поверхонь з одночасним зниженням їхньої шорсткості.

Турбоабразивним способом обробляють деталі виготовлені із різних машинобудівних матеріалів: конструкційних, інструментальних та корозійностійких сталей, кольорових, титанових та жароміцних сплавів.

Прикладами високоефективного застосування технології турбоабразивної обробки є:

- обробка дисків турбін та газотурбінних двигунів після протягування пазів під лопатки;
- обробка зубчастих коліс після зубонарізання;
- обробка гребінок-ножів електричних стригальних машинок після прорізування зубів;
- обробка декоративних автомобільних колісних ковпаків, деталей люстр, деталей пральних машин, термосів після штампування;
- обробка поршневих кілець після токарних операцій;
- фінішна обробка алмазних відрізних дисків з розкриттям алмазоносного шару.

Крім того, для обробки великих зубчастих коліс та подібних до них заготовок цей метод може виявитися єдиним можливим методом обробки [7, 10].

Також слід зазначити, що цей спосіб є одним із порівняно нових методів обробки деталей, в основі якого використовується техніка псевдозрідження сипучих матеріалів, що обумовлено певною низкою *позитивних характеристик*, таких, як:

- низькотемпературність процесу внаслідок малих сил взаємодії абразивних зерен з поверхнею заготовки та високого ступеня розрідженості псевдозрідженого шару;
- надзвичайно велика поверхня взаємодії твердих частинок із середовищем, що дає можливість забезпечити інтенсивне знімання з поверхні заготовки;

– високий ступінь плинності «киплячого» шару, що може забезпечити обробку складнопрофільних поверхонь за рахунок контакту інструменту з поверхнею складної форми.

Однак слід зауважити, що турбоабразивний метод обробки є як дуже цікавим і перспективним, з точки зору застосування його для оздоблювально-зачистних операцій обробки деталей, так і дуже непростим щодо можливості його теоретичного опису з урахуванням особливостей динаміки контактних взаємодій та процесів, що відбуваються всередині робочої камери. Отже, застосування цього способу обробки визначає необхідність отримання інформації в результаті проведення подальших досліджень з метою вивчення вищезазначених процесів.

Слід зазначити, що створення даної технології, а згодом запровадження її в виробництво, присвячене значне кількість робіт [21-23]. Багато способів, на основі яких були розроблені конструкції для даного виду обробки, показали згодом свою неефективність. Проаналізувавши можливі конструкції та спосіб здійснення даного методу, можна запропонувати таку класифікацію установок (рис. 2.3).

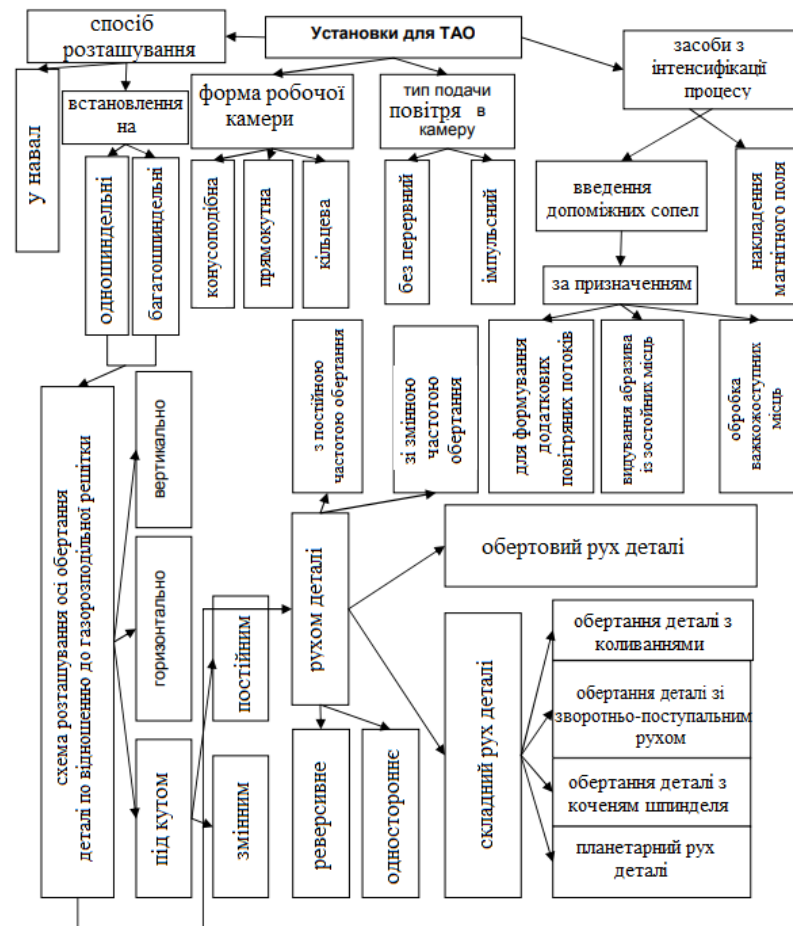


Рисунок 2.3 - Класифікаційна схема конструктивних ознак установок для турбоабразивної обробки

2.2.1 Обладнання для турбоабразивної обробки

Фінішна обробка деталей компресорів проводиться у спеціальних пристроях моделі АПС-350Б, АПС-600А, АПС-1000А.

Установка моделі АПС-350Б призначена для зняття задирки, округлення та полірування кромки по контуру пазів, а також полірування поверхні діафрагми та ступиць турбін та компресорів дисків, проставок, барабанів діаметром 150-350 мм.

Установка моделей АПС-600А, АПС-1000А призначені для зняття задирки, округлення та полірування кромки по контуру пазів, а також

полірування поверхні діафрагми та ступиць турбін та компресорів дисків, проставок, барабанів діаметром 350-600 та 600-100 мм.

2.2.2 Робоче середовище

В якості інструменту на операції фінішної обробки необхідно використовувати зерно електрокорундової групи:

- електрокорунд нормальний 18А, 12А, 15А, 14А, 13А;
- електрокорунд білий 25А, 24А, 23А;
- монокорунд 43А, 44А, 45А;
- легований електрокорунд 33А, 94А, 93А, 92А, 91А, 38А) згідно з ГОСТ 3647-80.

2.2.3. Технологічні умови обробки

Обробка в ПСА є фінішним методом обробки, що не допускає подальшого зачищення або полірування оброблених поверхонь.

Оброблюваний диск повинен бути занурений у зріджену кулю абразиву на глибину $h=(0.5-1.0)$ радіуса диска, при цьому більше значення глибини занурення призначається для малого діаметра диска, а менше для диска більшого діаметра.

При обробці титанових сплавів застосовується абразив із меншою зернистістю, при обробці із жароміцних сплавів – більшої зернистості.

Тиск ожиженого абразиву у повітреподаючій камері (під решіткою) повинен становити 4-18 кПА. Тиск повітря у розподільчій системі установок АПС:

АПС-350 – 0.04-0.06 (кг/см³);

АПС-1000 – 0.07-0.09 (кг/см³);

АПС-600 – 0.08-0.12 (кг/см³).

Обробка дисків проводиться при швидкості обертання 18-23 (м/с), при цьому більше значення швидкості приймається при обробці диска з жароміцних сплавів, менше - з титанових сплавів.

Обробка в залежності від конструкції, матеріалу деталі проводиться протягом 2-10 хв.

Обробка проводиться з реверсом обертання деталі, період обертання на один бік 60-120 с.

Зміну абразиву проводити через 20-30 годин роботи.

2.2.4 Порівняння режимів обробки

Методи математичної оптимізації дозволяють знайти оптимальний режим обробки у ПСА, якщо відомо, як пов'язана величина витрат на обробку з умовами протікання процесу мікрорізання. Стратегія пошуку визначається математичним записом залежності шуканої величини (мети, критерію оптимізації) від вихідних факторів $V_{ок}$, d_3 , A_r . Для випадку ПСА цільова функція має вигляд:

$$F = V_{ок} \cdot d_3 \cdot A_r^{max}, \quad (2.1)$$

де $V_{ок}$ - окружна швидкість деталі, м/с;

d_3 - розмір абразивного зерна, мм;

A_r - критерій Архімеда.

Метою оптимізації є досягнення найбільшого значення F - критерію оптимізації, що залежить від твору трьох змінних (параметрів оптимізації)

Виходячи з особливостей процесів, що відбуваються при ПСА, необхідності забезпечення необхідних параметрів якості поверхневої кулі на процес ПСА можуть бути накладені такі обмеження:

1) За якістю поверхні (за шорсткістю);

Граничні значення шорсткості: $Ra_{\min} = 0,15 \text{ мкм}$; $Ra_{\max} = 0,4 \text{ мкм}$.

Залежність шорсткості поверхні від окружної швидкості деталі:

$$Ra = 4,6934 V_o$$

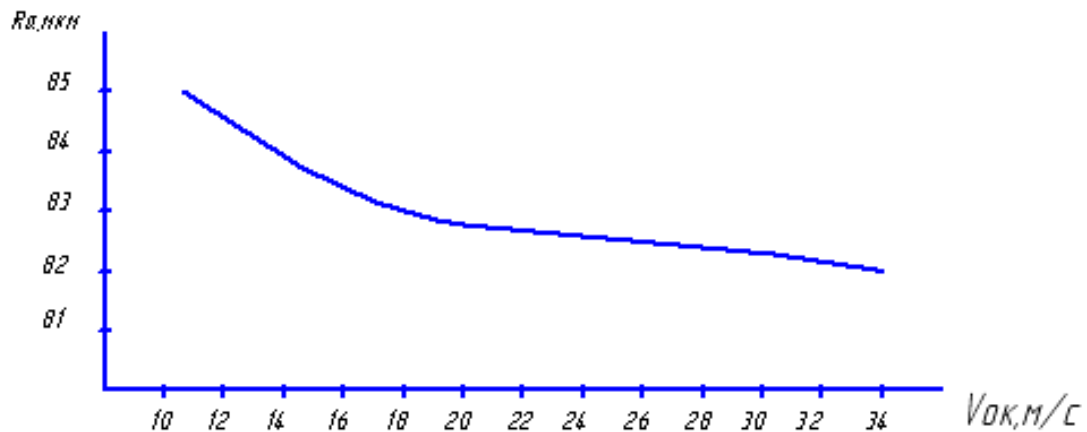


Рисунок 2.4 - Вплив окружної швидкості деталі на шорсткість поверхні під час обробки зерном 91A40

Залежність шорсткості поверхні від величини абразивного зерна:

$$Ra = 70 \cdot e^{0,042d_3}$$

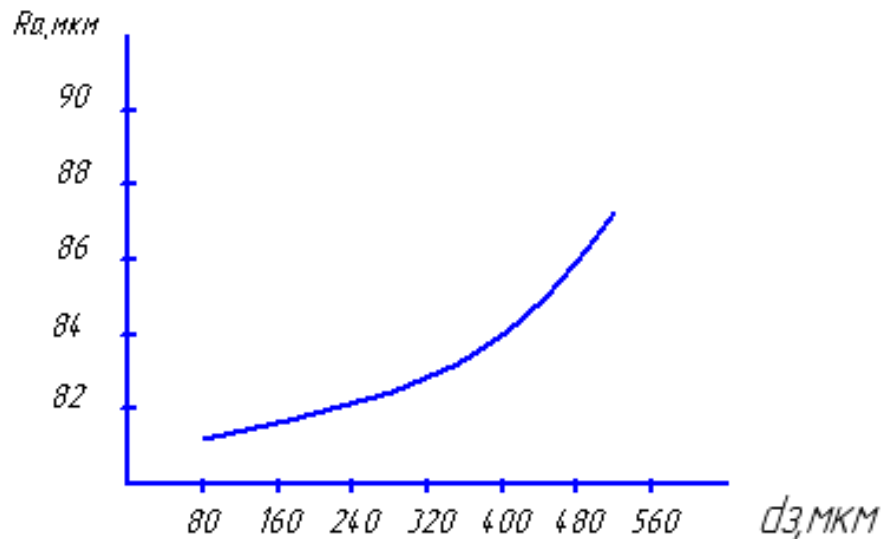


Рисунок 2.5 - Вплив величини зерна шліфувального матеріалу на шорсткість поверхні під час обробки зерном 91A40

1) За інтенсивністю знімання металу

Для опису механізму видалення металу та формування профілю шорсткості оброблюваної поверхні при використанні будь-якого з аналізованих методів можна застосувати загальний підхід, що полягає у визначенні кількісних параметрів одиничної взаємодії та в оцінці з використанням ймовірнісних методів числа таких взаємодій в одиницю години на одиницю площі деталі. Аналіз робіт у галузі шліфування, абразивного зношування та тренування дозволяє припустити наступну картину взаємодії абразивної частинки з поверхнею деталі. При впровадженні частинки, що рухається під деяким углом до поверхні деталі, на ній діє сила опору. У міру збільшення сили контактні напруги зростають і можуть досягти руйнівних величин. Процес зняття стружки стає можливим, коли напруга на контактній поверхні перевищує значення e_{cms} (тут cms - межа плинності деталі; c - коефіцієнт, що оцінює несучу здатність контактної поверхні)

Рекомендована окружна швидкість деталі при обробці в ПСА деталей із жароміцних сплавів становить 2532 м/с розмір абразивного зерна 220...500 мкм.

Залежність інтенсивності знімання металу від окружної швидкості деталі:

$$Q'_m = 40,1789V^{2/3}$$

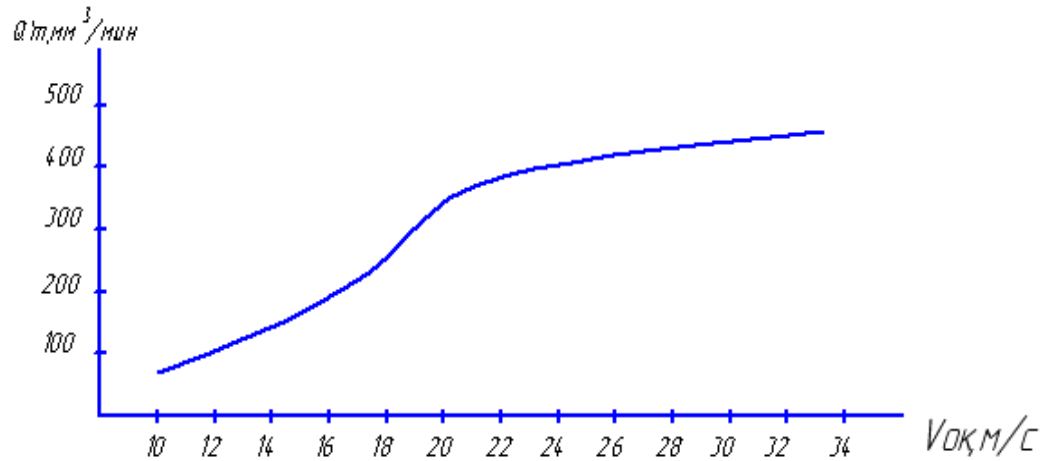


Рисунок 2.6 – Вплив колової швидкості деталі на інтенсивність видалення металу

Залежність інтенсивності видалення металу від величини абразивного зерна:

$$m Q = 60,16235 \ln d_z$$

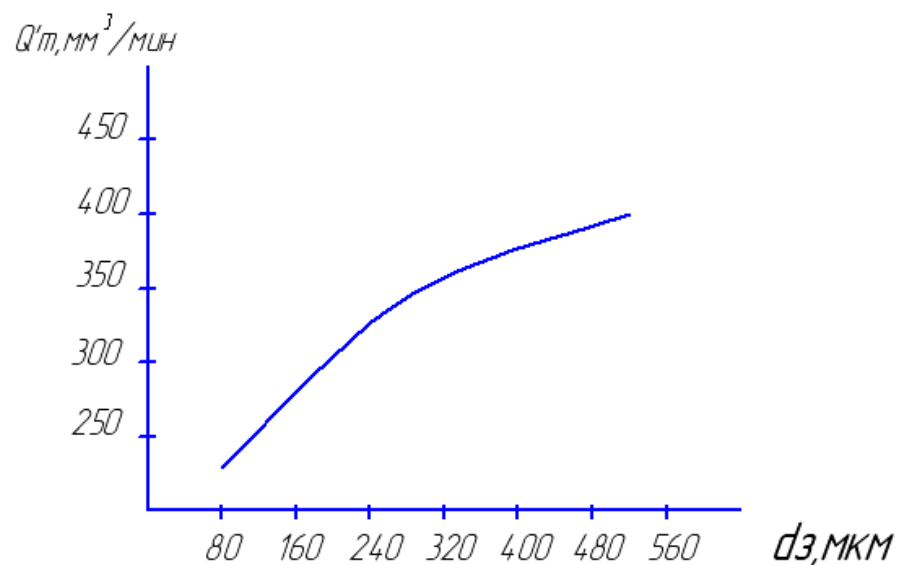


Рисунок 2.7 - Вплив величини зерна шліфувального матеріалу на інтенсивність знімання металу

3) За критерієм Архімеда

Критерій Архімеда характеризує в'язкість потоку і обернено пропорційний їй.

4) За граничними значеннями критерію Архімеда

Мінімальне значення $Ar_{min} = 6.029 \cdot 10^{22}$ при $d_{3 min} = 160$ мкм;

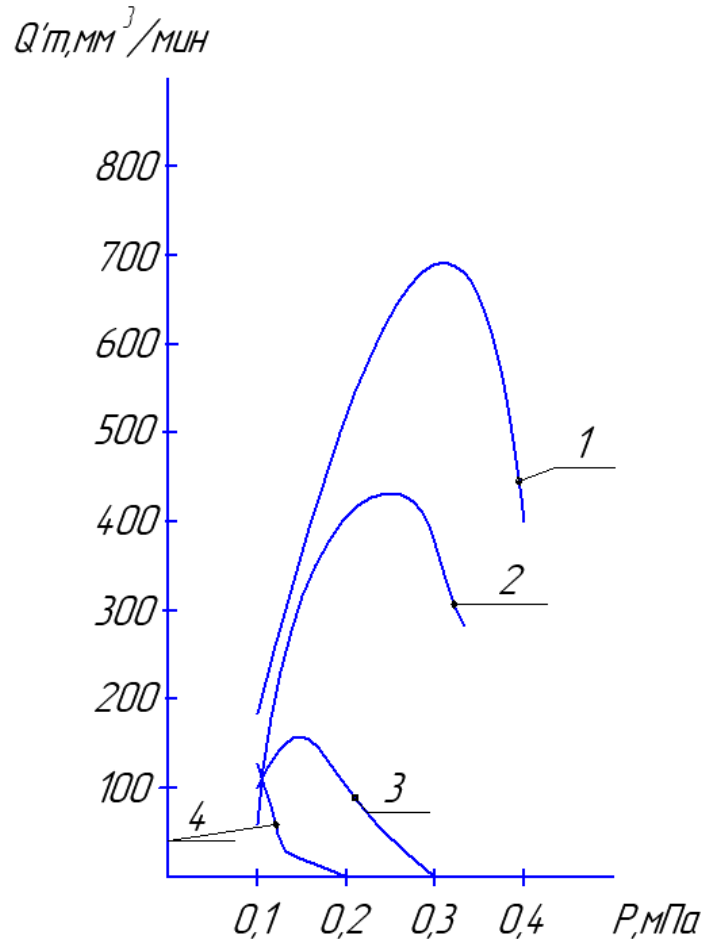


Рисунок 2.8 - Вплив тиску (витрати) повітря на інтенсивність знімання металу при обробці абразивним зерном 91A63(1), 91A40(2), 91A16(3), 91A4(4)

Криві для зерен 91A63 та 91A40 показують, що знімання металу найбільше. Отримане рівняння для зерна 91A63:

$$Q'_m = -7225,568p^2 + 4055,312p.$$

В результаті оптимізації режимів обробки ПСА деталей ВМД із жароміцних сплавів встановлено, що оптимальним поєднанням режимів є:

окружна швидкість деталі $V_{ок} = 31 \text{ м/с}$;

розмір зерна шліфувального матеріалу з $d = 340 \text{ мкм}$;

число Архімеда 24

$$Ar = 1.83 * 10^{24}$$

3 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Вибір методу отримання заготовки

Заготовка – предмет праці, з якого шляхом механічної обробки, зміною розмірів, форми та властивостей одержують деталь відповідну кресленню.

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

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

- метод має бути технічно реалізований;

- метод має бути економічно доцільний у конкретній виробничій ситуації.

Для оцінки економічної доцільності при порівнянні методів використовуються два критерії:

- технологічна собівартість отримання заготовки C ;

- Коефіцієнт використання матеріалу заготовки $K_{\text{им}}$.

Для одержання заготовки для виготовлення східчастого свердла застосовують заготовки із сортового матеріалу. Сортовий матеріал слід застосовувати у тих випадках, коли профіль матеріалу відповідає профілю деталі. Круглі прутки та труби застосовуються в основному для виготовлення деталей, що мають форму тіл обертання (осей, валиків, втулок тощо) [7].

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

Порівняємо два методи отримання заготовки:

- виступає штампування на пресах (КГШП) у відкритих штампах (рис.3.1);

- штампування на молотах з відкритими струмками (рис.3.2).

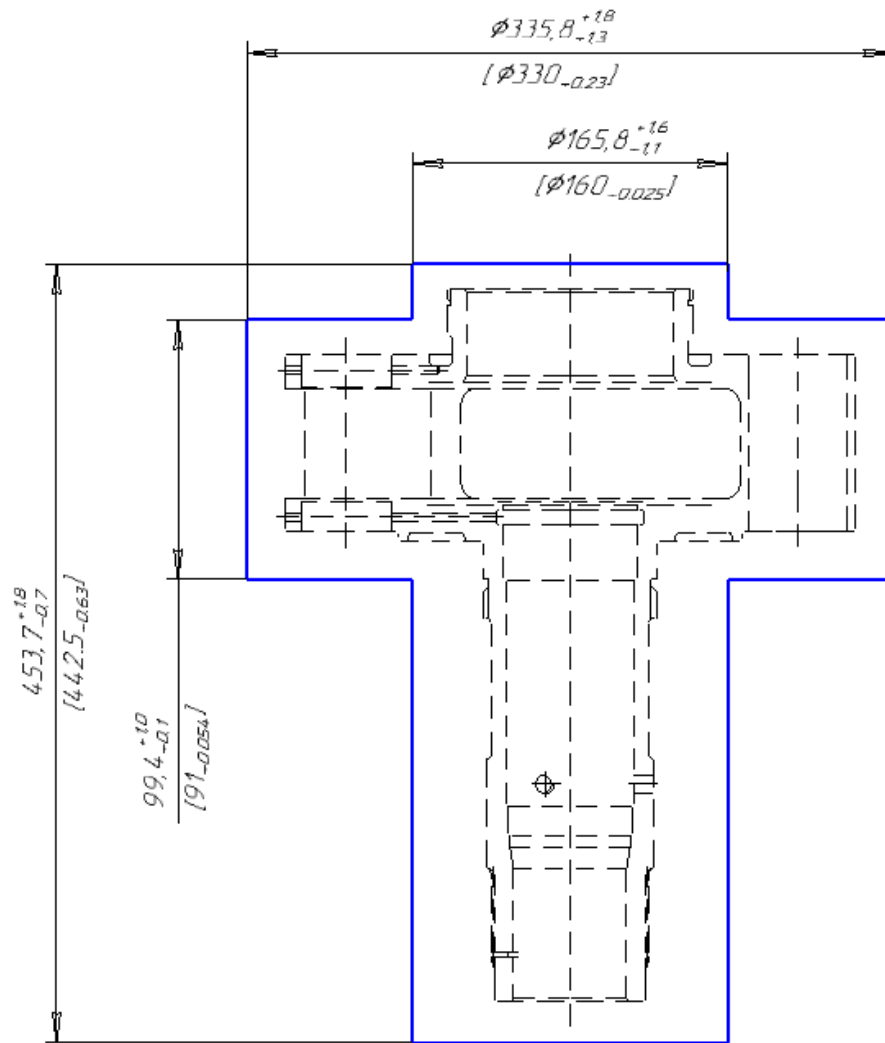


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки, отриманої на молотах

$$V_{\text{шт}} = \frac{3,14}{4} (165,8^2 (453,7 - 99,4) + 335,8^2 99,4) \cdot 10^{-9} = 184,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Об'єм заготовки, заготовки отриманої на КГШП можна визначити за допомогою формули:

$$V_{\text{кгшп}} = \frac{\pi}{4} (d_1^2 (L_1 - L_2) + d_2^2 L_2 - D_3^2 L_3) \quad (3.2)$$

де d та D – відповідно зовнішні діаметри заготовки та діаметр отвору;

L – довжині розміри заготовки.

$$V_{\text{КГШП}} = \frac{3,14}{4} \cdot (165,8^2 (453,7 - 99,4 + 335,8^2 99,4 - 110^2 100)) \cdot 10^{-9} = 116,87 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Розраховуємо вагу заготовки отриманої на КГШП та заготовки – штамповки на молотах:

$$Q = \rho \cdot V, \quad (3.3)$$

де $\rho = 7800 \text{ г/м}^3$ – густина сплаву 40ХН2МА;

V – об'єм заготовки.

Підставивши числові значення до формули (1.3), отримаємо:

$$Q_{\text{КГШП}} = 7800 \cdot 116,87 \cdot 10^{-4} = 71 \text{ кг},$$

$$Q_{\text{шт}} = 7800 \cdot 184,25 \cdot 10^{-4} = 143,7 \text{ кг}.$$

Вага деталі становить 17,1 кг.

Визначаємо коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{\text{ВМ}} = Q_{\text{Д}} / Q_{\text{З}} \quad (3.4)$$

де $Q_{\text{Д}}$ – вага деталі;

$Q_{\text{З}}$ – вага заготовки.

$$K_{\text{ВМ КГШП}} = 17,1 / 71 = 0,24$$

$$K_{\text{ВМ шт}} = 17,1 / 143,7 = 0,119$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків

Показник	Позначення	Метод отримання заготовки	
		Штамування на молотах	Штампкування на КГШП
Вага деталі	$Q_{\text{дет}}$	17,1	
Вага заготовки	$Q_{\text{заг}}$	143,7	71
Коефіцієнт використання матеріалу	$K_{\text{вм}}$	0,119	0,24

За результатами розрахунків можемо зробити висновок, що так як вага заготовки виготовленої за допомогою штампкування на КГШП менше, а коефіцієнт використання матеріалу більший, то більш раціональм є використання заготовки отриманої на кривошипно гарячо штамповочних пресах (КГШП).

3.2 Аналіз конструкції деталі на технологічність

Конструкція деталі вважається технологічною, якщо вона забезпечує просте та економічне виготовлення. Загальними критеріями технологічності деталі є абсолютне значення трудомісткості та технологічної собівартості її виробництва.

Оцінити ці показники на початковому етапі проектування технологічних процесів неможливо через відсутність необхідних вихідних даних. Тому дається лише якісна оцінка ознак технологічності конструкції:

- оброблюваність матеріалу 40ХН2МА – погана, для досягнення необхідної шорсткості поверхні потрібен спеціальний інструмент;
- поверхні, що використовуються як технологічні бази – прості (плоські, циліндричні);

- на більшості операцій дотримується принцип єдності та сталості баз;
- деталь є досить жорсткою і не потребує встановлення додаткових опор;
- деталь не потребує застосування спеціального допоміжного різального інструменту, але застосовується спеціальний вимірювальний інструмент;
- доступ різального інструменту до оброблюваних поверхонь – не завжди вільний;
- допуски та відхилення на розміри не відповідають стандартним значенням;
- дотримується надійність і простота вимірювання при обробці та після виготовлення;
- Дотримується принцип найменших розмірних ланцюгів.

Дані про поверхні занесемо до таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Дані про поверхні

Назва поверхні	Размір	Допуск, мм	Квалітет	Шорсткість, мкм	Уніф.
Зовнішня циліндрична	$\varnothing 80f7(-0.030_{-0.060})$	0,030	7	1,6	-
	$\varnothing 93e7(-0.072_{-0.107})$	0,035	7	0,4	+
	$\varnothing 95h6(0_{-0.022})$	0,022	6	0,4	+
	$\varnothing 160h6(0_{-0.025})$	0,025	6	0,8	+
Внутрішня циліндрична	$\varnothing 50,5H7(+0.03_0)$	0,03	7	1,6	-
	$\varnothing 49,5H7(+0.025_0)$	0,025	7	1,6	-
	$\varnothing 85H7(+0.035_0)$	0,035	7	1,6	-
	$\varnothing 82H10(+0.14_0)$	0,14	10	1,6	+
	$\varnothing 181,5H11(+0.29_0)$	0,29	11	1,6	+
	$\varnothing 185H14(+1.15_0)$	1,15	14	1,6	-
Торець	$285h11(0_{-0.32})$	0,32	11	1,6	+

Технологічність конструкції деталі оцінюється за допомогою наступних показників:

1) Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = \frac{q}{Q} \leq 0,8 \quad (3.5)$$

де $q = 17,1$ кг – вага деталі;

$Q = 71$ кг – вага заготовки.

$$\eta = \frac{17,1}{71} = 0,24 \leq 0,8.$$

За даним показником деталь є не технологічною.

2) Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів деталі:

$$K_{y.э.} = \frac{Q_{y.э.}}{Q_э} \geq 0,6, \quad (3.6)$$

де $Q_{y.э.} = 7$ – кількість уніфікованих елементів;

$Q_э = 11$ – загальна кількість конструктивних елементів.

$$K_{y.э.} = \frac{6}{11} = 0,64 \geq 0,6.$$

За даним показником деталь є технологічною.

3) Коефіцієнт точності обробки:

$$K_{m.o.} = 1 - 1 / A_{cp} > 0,8, \quad (3.7)$$

де A_{cp} – середнєє значення квалітета точності:

$$A_{cp} = \frac{\sum (H \times n)}{\sum n}, \quad (3.8)$$

де H – квалітет точності;

n – кількість елементів даного квалітета.

$$A_{cp} = \frac{6 \times 2 + 7 \times 5 + 10 \times 1 + 11 \times 2 + 14 \times 1}{11} = 8,45;$$

$$K_{m.o.} = 1 - 1 / 8,45 = 0,88 > 0,8.$$

За даним показником деталь є технологічною.

4) Коефіцієнт шорсткості:

$$K_u = 1 / B_{cp} < 0,32, \quad (3.9)$$

де B_{cp} – середнє значення показника шорсткості за робочим кресленням деталі:

$$B_{cp} = \frac{\sum (B \times n)}{\sum n}, \quad (3.10)$$

де B – клас шорсткості;

n – кількість показників класу шорсткості.

$$B_{cp} = \frac{0,4 \times 2 + 0,8 \times 1 + 1,6 \times 8}{11} = 1,309;$$

$$K_u = 1 / 1,309 = 0,76 < 0,32.$$

За даним показником деталь є технологічною.

Таким чином, можна зробити висновок, що конструкцію деталі загалом можна вважати технологічною.

3.3 Обґрунтування вибору технологічних баз

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

При виборі технологічних баз обробки заготовок необхідно застосовувати принцип суміщення баз, тобто для технологічної бази необхідно

брати поверхню, яка є вимірювальною базою. При побудові маршруту обробки слід дотримуватися принципу сталості баз; на всіх основних технологічних операціях використовувати для технологічних баз одні й самі поверхні.

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

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

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

Якщо для виконання наступної операції колишня база не може бути використана, то новою настановною базою має бути оброблена поверхня;

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

Чорнова установча база може бути прийнята тільки для чорнових операцій, оскільки повторне її використання може значною мірою порушити взаємне розташування поверхонь, що обробляються;

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

Конструкторською базою у кінцевої фрези будуть зовнішній діаметр, торці, та центрувальний отвір.

Похибка встановлення заготовки у пристосуваннях у пристосуванні $\Delta \epsilon_y$ обчислюють з урахуванням похибок:

- $\Delta \epsilon_\delta$ базування;

- $\Delta\epsilon_3$ закріплення заготовок;
- $\Delta\epsilon_{\text{пр}}$ виготовлення та зносу опорних елементів пристроїв.

Похибка установки визначають як граничне поле розсіювання положень вимірювальної поверхні щодо поверхні відліку в напрямку розміру, що витримується. Оскільки зазначені вище похибки є випадковими величинами, то:

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{(\Delta\epsilon_B)^2 + (\Delta\epsilon_3)^2 + (\Delta\epsilon_{\text{пр}})^2} \quad (3.11)$$

Похибка пристосування не пов'язана з процесом встановлення заготовок у пристосуваннях; тому часто її враховують під час розрахунків точності окремо.

Тоді:

$$\Delta\epsilon_y = \sqrt{(\Delta\epsilon_B)^2 + (\Delta\epsilon_3)^2} \quad (3.12)$$

Похибки встановлення у трикулачковому патроні:

$\Delta\epsilon_y = 80 \text{ мкм}$ – радіальна; $\Delta\epsilon_y = 50 \text{ мкм}$ – осьова;

$\Delta\epsilon_y = 0,080 \text{ мм} < TL = 0,4 \text{ мм}$; $\Delta\epsilon_y = 0,05 \text{ мм} < Td = 0,39 \text{ мм}$.

Даний пристрій забезпечує обробку із заданою точністю.

Протягом усього технологічного процесу виготовлення корпусу сателітів принципи призначення технологічних та вимірювальних баз дотримуються.

3.4 Призначення припусків та розрахунок технологічних розмірів

Будь-яка заготовка, яка надалі оброблятиметься, виготовляється з припуском на обробку. Припуск – це шар металу, який видаляється із заготовки у процесі обробки, необхідний для отримання остаточних розмірів

і заданого класу шорсткості поверхонь деталей. Припуски поділяються на загальні та між операційні.

Припуск повинен мати розміри, які забезпечували б виконання необхідної для даної деталі механічної обробки при задоволенні необхідних вимог до шорсткості і якості поверхні металу і точності розмірів деталі при найменшій витраті матеріалу і собівартості деталі. Такий припуск є оптимальним.

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

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

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

У середньосерійному виробництві для розрахунку припусків використовують метод автоматичного отримання розмірів, тобто обробки на попередньо налагоджених верстатах.

Розрахуємо припуски для поверхні: $\varnothing 80f7 \begin{pmatrix} -0,030 \\ -0,060 \end{pmatrix}$ Ra2,5 розрахунково-аналітичним методом.

При розрахунково-аналітичному методі розраховують мінімальний

припуск для тіл обертання на діаметр за наступною залежністю [8, с.11]:

$$2Zi \min = 2 \cdot (Ra_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{s-1}^2 + \varepsilon_s^2}), \quad (3.13)$$

де Ra_{i-1} - шорсткість поверхні, мкм, отримана на попередній операції;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару, мкм, отримана на попередній операції механічної обробки;

Δ_{i-1} - просторові відхилення, отримані на попередній операції, мкм;

ε_i - похибка установки на цій операції, мкм.

Тоді сумарна похибка Δ_Σ визначається як [8, с.15]:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2} \quad (3.14)$$

При обробці заготовок типу валів у центрах слід додатково враховувати похибку зацентрування. Δ_y [8, с.15]:

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_{кор}^2 + \Delta_{см}^2 + \Delta_y^2} \quad (3.15)$$

$$\Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{T_0^2 + 1} \quad (3.16)$$

де T_0 – допуск на розмір поверхонь, що використовуються як базові на операції, мкм.

Слід зазначити, що після термообробки виникає додаткове жолоблення, що визначається за емпіричною формулою (мкм на 1мм довжини поверхні, що

розглядається) [8, с.18]:

$$\delta_{\text{мо } y\partial} = \frac{n}{0,02 \cdot D + 0,3} \cdot l, \quad (3.17)$$

де n – коефіцієнт, що залежить від виду термообробки,

D – діаметр заготівлі, мм,

l – довжина заготівлі, мм.

При визначенні величини залишкових просторових відхилень на всіх наступних етапах обробки, застосовуючи формулу [8, с.15]:

$$\Delta_{\text{см } i} = K_i \cdot \Delta_{\text{см } i-1}, \quad (3.18)$$

де K_i – коефіцієнт уточнення форми;

$\Delta_{\text{см } i-1}$ – відхилення, обумовлене зміщенням штампів на попередньому етапі, мкм.

$$\Delta_{\text{кор } i} = K_i \cdot \Delta_{\text{кор } i-1}, \quad (3.19)$$

де $\Delta_{\text{кор } i-1}$ – короблення заготівлі на попередньому етапі, мкм.

Після термообробки: $\Delta_{\text{кор } i} = K_i \cdot (\Delta_{\text{кор } i-1} + \delta_{\text{мо } y\partial})$.

Для штамповки: $\Delta_{\text{кор}} = 1000$ (мкм) [8, с.138, т.20],

$$\Delta_{\text{см}} = 1400 \text{ (мкм) [6, с.187, т.18],}$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{1000^2 + 1400^2} = 1720 \text{ (мкм);}$$

Для точіння чорнового після термообробки:

$$\Delta_{\text{cm i}} = 0,06 \cdot 1400 = 84 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\text{кор i}} = 0,06 \cdot \left(1000 + \frac{1}{0,02 \cdot 90 + 0,3} \cdot 450\right) = 72,9 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{84^2 + 72,9^2} = 111 \text{ (мкм)};$$

Для точіння напівчистового після термообробки:

$$\Delta_{\text{cm i}} = 0,05 \cdot 84 = 4,2 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\text{кор i}} = 0,05 \cdot \left(72,9 + \frac{1}{0,02 \cdot 86 + 0,3} \cdot 450\right) = 14,8 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{4,2^2 + 14,8^2} = 15,4 \text{ (мкм)};$$

Для точіння чистового: $\Delta_{\text{cm i}} = 0,04 \cdot 4,2 = 0,17 \text{ (мкм)},$

$$\Delta_{\text{кор i}} = 0,04 \cdot 14,8 = 0,59 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,17^2 + 0,59^2} = 0,61 \text{ (мкм)};$$

Для кінцевої обробки (Полірування):

$$\Delta_{\text{cm i}} = 0,03 \cdot 0,17 = 0,005 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\text{кор i}} = 0,03 \cdot 0,59 = 0,018 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\text{y}} = 0,25 \cdot \sqrt{400^2 + 1} = 100 \text{ (мкм)},$$

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{0,005^2 + 0,018^2 + 100^2} = 10 \text{ (мкм)}.$$

Похибка установки є відхиленням фактично досягнутого положення заготовки при її установці від необхідного. Вона залежить від способу закріплення деталі на верстаті, типу пристрою, його точності і т.д. Похибка установки заготовки [6, с.19...21, т.1.1]:

для точіння чорнового: $\varepsilon = 150$ (мкм);

для точіння получистового: $\varepsilon = 100$ (мкм);

для точіння чистового: $\varepsilon = 80$ (мкм);

для кінцевої обробки (Полірування): при встановленні заготовки в центрах похибка установки залежить від точності настановної бази, тому можна прийняти, що

$$\varepsilon = \Delta_y = 0,25 \cdot \sqrt{400^2 + 1} = 100 \text{ (мкм)}$$

Маючи значення складових елементів припуску, визначаємо розрахункове значення мінімального припуску на діаметр для всіх етапів обробки, починаючи з останньої:

для кінцевої обробки (Полірування):

$$2Z_{\min p} = 2 \cdot (20 + 30 + \sqrt{0,61^2 + 100^2}) = 300 \text{ (мкм)},$$

для чистового точіння:

$$2Z_{\min p} = 2 \cdot (40 + 40 + \sqrt{15,4^2 + 80^2}) = 323 \text{ (мкм)},$$

для получистового точіння:

$$2Z_{\min p} = 2 \cdot (80 + 50 + \sqrt{111^2 + 100^2}) = 559 \text{ (мкм)},$$

для чорнового точіння:

$$2Z_{\min p} = 2 \cdot (160 + 150 + \sqrt{1720^2 + 150^2}) = 4073 \text{ (мкм)}.$$

Розрахунковий припуск $2Z_{ном\ p}$ визначається як сума мінімального припуску $2Z_{min\ p}$ та допуску на попередній ступені обробки:

для кінцевої обробки (Полірування):

$$2Z_{ном\ p} = 0,300 + 0,054 = 0,354 \text{ (мм);}$$

для чистового точіння:

$$2Z_{ном\ p} = 0,323 + 0,220 = 0,543 \text{ (мм);}$$

для получистового точіння:

$$2Z_{ном\ p} = 0,559 + 0,350 = 0,909 \text{ (мм);}$$

для чорнового точіння:

$$2Z_{ном\ p} = 4,073 + 0,700 = 4,773 \text{ (мм).}$$

Розрахунковий розмір на останій ступені обробки дорівнює розміру готової деталі. Для шліфування попереднього $D_p = 79,970$ (мм). Це значення прийматиме і найбільший граничний розмір на цій операції:

$$D_{max} = 79,970 \text{ (мм).}$$

Розрахункові розміри на попередніх ступенях обробки визначаються [8, с.37]:

$$D_{pi-1} = D_{max\ i} + 2Z_{ном\ .pi}$$

При цьому величини розміру на чистових, напівчистових та чорнових операціях округляються відповідно до ряду стандартних закінчень розмірів 8, с.110, т.П.4.1, т.П.4.2].

Для чистового точіння:

$$D_p = 79,970 + 0,354 = 80,324 \text{ (мм)}, D_{\max} = 80,300 \text{ (мм)}.$$

Для получистового точіння:

$$D_p = 80,300 + 0,543 = 80,843 \text{ (мм)}, D_{\max} = 80,900 \text{ (мм)}.$$

Для чорнового точіння:

$$D_p = 80,900 + 0,909 = 81,809 \text{ (мм)}, D_{\max} = 81,900 \text{ (мм)}.$$

Для заготовки (поковки):

$$D_p = 81,900 + 4,773 = 86,673 \text{ (мм)}, D_{\max} = 86,800 \text{ (мм)}.$$

Мінімальні граничні значення заготівлі всіх етапах її обробки визначаються [8, с.37]:

$$D_{\min i} = D_{\max i} - T_i$$

Для кінцевої обробки (Полірування):

$$D_{\min} = 79,970 - 0,030 = 79,940 \text{ (мм)}$$

Для чистового точіння:

$$D_{\min} = 80,300 - 0,054 = 80,246 \text{ (мм)}.$$

Для получистового точіння:

$$D_{\min} = 80,900 - 0,220 = 80,680 \text{ (мм)}.$$

Для чорнового точіння:

$$D_{\min} = 81,900 - 0,350 = 81,550 \text{ (мм)}.$$

Для заготовки (поковки):

$$D_{\min} = 86,800 - 0,700 = 86,100 \text{ (мм)}.$$

10. Имея значение $D_{\max}$ и $D_{\min}$, можно найти значение максимального ($2Z_{\max}$) и минимального ($2Z_{\min}$) припусков по следующим зависимостям:

$$2Z_{\max i} = D_{\max i-1} - D_{\min i}$$

$$2Z_{\min i} = D_{\min i-1} - D_{\max i}$$

Для кінцевої обробки (Полірування):

$$2Z_{\max} = 80,300 - 79,940 = 0,360 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min} = 80,246 - 79,970 = 0,276 \text{ (мм)}.$$

Для чистового точіння:

$$2Z_{\max} = 80,900 - 80,246 = 0,654 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min} = 80,680 - 80,300 = 0,380 \text{ (мм)}.$$

Для получистового точіння:

$$2Z_{\max} = 81,900 - 80,680 = 1,220 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min} = 81,550 - 80,900 = 0,650 \text{ (мм)}.$$

Для чорнового точіння:

$$2Z_{\max} = 86,800 - 81,550 = 5,250 \text{ (мм)},$$

$$2Z_{\min} = 86,100 - 81,900 = 4,200 \text{ (мм)}.$$

11. Технологічний операційний розмір кожному етапі обробки записується як номінальний розмір із допуском. При цьому, у разі обробки поверхонь, що охоплюють, в якості номінального виступає мінімальний розмір, а у випадку охоплюваних - максимальний.

Результати розрахунків для інших поверхонь заносимо до таблиці 5.

Расчет технологических размеров для наружной цилиндрической поверхности $\varnothing 49,5H7^{(+0,025)}$ проводимо табличним методом, призначаючи загальний припуск на обробку за [5, табл.49, стр.248]:

- на сторону: $z_0^{min} = 24,75 \text{ мм}$;

- на діаметр: $2z_0^{min} = 49,5 \text{ мм}$.

Загальний припуск розподіляємо між переходами механічної обробки:

$$2z_i^{min} = \gamma_i \times 2z_0^{min}, \quad (3.20)$$

де γ_i – коефіцієнт співвідношення припуску для переходу:

- свердління: $\gamma_4 = 0,85$;

- зенкерування чорнове: $\gamma_5 = 0,08$;

- зенкерування чистове: $\gamma_6 = 0,04$;

- розгортання чорнове.: $\gamma_7 = 0,02$;

- розгортання чистове: $\gamma_8 = 0,01$.

$$2z_3^{min} = 0,85 \times 49,5 = 42 \text{ мм};$$

$$2z_5^{min} = 0,08 \times 49,5 = 4 \text{ мм};$$

$$2z_6^{min} = 0,04 \times 49,5 = 2 \text{ мм};$$

$$2z_7^{min} = 0,02 \times 49,5 = 1 \text{ мм};$$

$$2z_8^{min} = 0,01 \times 49,5 = 0,5 \text{ мм}.$$

Розраховуємо технологічні розміри переходів механічної обробки методом Кована:

Допуски на переходи механічної обробки:

$$Td_8 = Td_{дет} = 0,03 \text{ мм}; Td_7 = 0,039 \text{ мм}; Td_6 = 0,052 \text{ мм}; Td_5 = 0,16 \text{ мм}; Td_3 = 0,39 \text{ мм}.$$

Максимальний розмір поверхні деталі:

$$d_8^{max} = 49,5 + 0,03 = 49,53 \text{ мм};$$

$$d_8^{min} = 49,5 \text{ мм}.$$

Технологічні розміри переходи механічної обробки:

$$d_i^{min} = d_{i+1}^{min} - 2z_{i+1}^{max};$$

$$d_7^{min} = 49,5 - 0,5 = 49 \text{ мм};$$

$$d_6^{min} = 49 - 1 = 48 \text{ мм};$$

$$d_5^{min} = 48 - 2 = 46 \text{ мм};$$

$$d_3^{min} = 46 - 4 = 42 \text{ мм};$$

Мінімальне значення технологічних розмірів:

$$d_i^{max} = d_i^{min} + Td_i ;$$

$$d_3^{max} = 42 + 0,39 = 42,39 \text{ мм};$$

$$d_5^{max} = 46 + 0,16 = 46,16 \text{ мм};$$

$$d_6^{max} = 48 + 0,052 = 48,052 \text{ мм};$$

$$d_7^{max} = 49 + 0,039 = 49,039 \text{ мм}.$$

Розрахунок інших припусків та розмірів заносимо до таблиці 5.

За результатами розрахунку бачимо, при обробці розглянутих розмірів для досягнення необхідної точності та шорсткості поверхні необхідно використовувати шліфувальні операції.

Шліфувальні операції вимагають багато часу та матеріальних витрат, а це збільшує собівартість виготовлення деталі і виробу в цілому.

Тому приймаємо рішення замінити шліфувальні операції на турбоабразивну обробку вільними абразивами.

Таблиця 3.3 – Розрахунок припусків та технологічних розмірів

МОП		Елементи припуску, мкм				Розрахунковий		Td, мм	Граничні значення розмірів, мм		Граничні, значення припусків, мм		Виконавчий технологічний розмір d, мм
i	Технолог. переходи	Rz	h	ΔΣ	ε	2Z ^{min}	Розм. d, мм		max	min	max	min	
Ø80,000f7 (^{-0,030} _{-0,060})													
1	Заготовка	160	150	1720	-	—	86,673	1,8	86,8	86,1	—	—	86,800(^{+1,100} _{-0,700})
2	Т/о	-	-	-	-	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Точ.чорн.	80	50	111	150	4,073	81,809	0,35	81,9	81,55	5,25	4,2	81,900 _{-0,350}
4	Т/о	-	-	-	-	—	—	—	—	—	—	—	—
5	Точ.н/чист.	40	40	15,4	100	0,559	80,843	0,22	80,9	80,68	1,22	0,650	80,900 _{-0,220}
6	Точ.чист.	20	30	0,61	80	0,323	80,324	0,054	80,3	80,246	0,354	0,380	80,336 ^{-0,036} _{-0,090}
7	Кінцева обр.	10	20	10	100	0,300	79,970	0,03	79,97	79,940	0,360	0,276	80,000 ^{-0,030} _{-0,060}
Ø93,000e7 (^{-0,072} _{-0,107})													
1	Заготовка					—	99,936	1,8	99,936	98,136	-	—	98,000(^{-1,100} _{-0,700})
2	Т/о					-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точ.чорн.					1,8	96,336	0,35	96,336	95,986	2,6	1,8	95,400 _(-0,350)
4	Т/о					—	-	-	-	-	-	—	-
5	Точ.н/чист.					0,65	95,336	0,22	95,336	95,116	1	0,65	94,400 _(-0,220)
6	Точ.чист.					0,752	94,364	0,231	94,364	94,133	0,9	0,752	93,500(^{-0,072} _{-0,159})
7	Шлиф.пред.					0,213	93,92	0,846	93,92	93,074	0,3	0,213	93,200(^{-0,072} _{-0,126})
8	Гальван.					-	-	-	-	-	-	-	-
9	Шлиф.окон.					0,146	92,928	0,179	92,928	92,745	0,2	0,146	93,000(^{-0,072} _{-0,107})

Продовження таблтці 3.3.

Ø95,000h6 _(-0,022)										
1	Заготовка		-	101,1	1,8	101,1	99,3	-	-	100 ^(+1,100) _(-0,700)
2	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точ.чорн.		1,9	97,4	0,35	97,4	97,05	2,6	1,9	97,4 _(-0,350)
4	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точ.н/чист.		0,65	96,4	0,22	96,4	96,18	1	0,65	96,4 _(-0,220)
6	Точ.чист.		0,68	95,5	0,087	95,5	95,413	0,9	0,68	95,5 _(-0,087)
7	Шлиф.пред.		0,213	95,2	0,054	95,2	95,146	0,3	0,213	95,2 _(-0,054)
8	Шлиф.окон.		0,146	95	0,022	95	94,976	0,2	0,146	95 _(-0,022)
Ø160,000h6 _(-0,025)										
1	Заготовка		-	167,4	2,7	167,4	164,7	-	-	165,8 ^(+1,600) _(-1,100)
2	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точ.чорн.		1,7	163	0,4	163	162,6	2,8	1,7	163,000 _(-0,400)
4	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точ.н/чист.		0,6	162	0,25	162	161,75	1	0,6	162,000 _(-0,250)
6	Точ.чист.		0,95	160,6	0,1	160,6	160,5	1,2	0,95	160,800 _(-0,100)
7	Шлиф.пред.		0,4	160,3	0,063	160,3	160,237	0,5	0,4	160,300 _(-0,063)
8	Шлиф.окон.		0,237	160	0,025	160	159,975	0,3	0,237	160,000 _(-0,025)

Продовження таблиці 3.3

Ø95,500h9 _(- 0,087)										
1	Заготовка		-	101,1	1,8	101,1	99,3	-	-	100 ^(+1,100) _(-0,700)
2	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
3	Точ.чорн.		1,9	97,4	0,35	97,4	97,05	2,6	1,9	97,400 _(- 0,350)
4	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
5	Точ.н/чист.		0,65	96,4	0,22	96,4	96,18	1	0,65	96,400 _(- 0,220)
6	Точ.чист.		0,68	95,5	0,087	95,5	95,413	0,9	0,68	95,500 _(- 0,087)
Ø50,500H7 ^(+ 0,030)										
1	Свердління		-	16	0,27	16,27	16	-	-	16 ^(+ 0,270)
2	Зенкер.чорн.		30,53	46,8	0,36	47,16	46,8	30,8	30,53	46,8 ^(+0,360)
3	Зенкер.чорн.		1,34	48,5	0,3	48,8	48,5	1,7	1,34	48,5 ^(+0,300)
4	Т/О		-	-	-	-	-	-	-	-
5	Зенкер.чист.		1,2	50	0,074	50,074	50	1,5	1,2	50 ^(+ 0,074)
6	Розгорт.чорн		0,226	50,3	0,046	50,346	50,3	0,3	0,226	50 ^(+ 0,046)
7	Розгорт.чист		0,154	50,5	0,03	50,53	50,5	0,2	0,154	50,5 ^(+0,030)
Ø49,500H7 ^(+0,030)										
1	Свердління		-	14,81	0,46	15,27	14,81	-	-	14,81 ^(+0,270)
2	Зенкер.чорн.		30,53	45,8	0,36	46,16	45,8	30,8	30,53	46,800 ^(+0,360)
3	Зенкер.чорн.		1,34	47,5	0,3	47,8	47,5	1,7	1,34	48,500 ^(+0,300)
4	Т/О		-	-	-	-	-	-	-	-
5	Зенкер.чист.		1,2	49	0,074	49,074	49	0,5	1,2	49,000 ^(+0,074)
6	Розгорт.чорн		0,226	49,3	0,046	49,346	49,3	0,3	0,226	49,300 ^(+0,046)
7	Розгорт.чист		0,154	49,5	0,03	49,53	49,5	0,2	0,154	49,500 ^(+0,030)

Продовження таблиці 3.3.

Ø85,000H7 ^(+0,035)										
1	Свердління		-	16,11	0,27	16,38	16,11	-	-	16,000 ^(+0,270)
2	Розточ.чорн.		63,93	80,31	0,35	80,66	80,31	64,2	63,93	80,200 ^(+0,540)
3	Розточ.чорн.		1,46	82,12	0,22	82,34	82,12	2	1,46	82,200 ^(+0,140)
4	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
5	Розточ.н/ч		1,46	83,8	0,054	83,854	83,8	1,6	1,46	83,800 ^(+0,054)
6	Розточ.чист.		1,146	85	0,035	85,035	85	1,2	1,146	85,000 ^(+0,035)
Ø82,000H10 ^(+0,140)										
1	Свердління		-	16,19	0,27	16,46	16,19	-	-	16,000 ^(+ 0,270)
2	Розточ.чорн.		63,93	80,39	0,35	80,74	80,39	64,2	63,93	80,200 ^(+ 0,540)
3	Т/о		-	-	-	-	-	-	-	-
4	Розточ.н/ч		0,76	81,5	0,22	81,72	81,5	1,3	0,76	81,500 ^(+0,220)
5	Розточ.чист.		0,28	82	0,14	82,14	82	0,5	0,28	82,000 ^(+0,140)

3.5 Маршрут та виготовлення деталі

У таблиці 3.4 наведена послідовність операцій з виготовлення деталі – Корпус сателітів.

Таблиця 3.4 – Маршрут обробки деталі.

№ оп	Найменування операції	Устаткування
005	Заготівельна	Пресс штампувальний
010	Слюсарна	Слюсарний верстак
015	Термічна	Електропіч Н-75
020	Контрольна	Контрольний стіл
025	Токарна	1А730
030	Токарна	1А730
035	Горизонтально-свердлильна	2М55-1
040	Токарна з ЧПК	MDW-205
045	Радіально-свердлильна з ЧПК	МА-665А2
050	Радіально-свердлильна з ЧПК	МА-665А2
055	Фрезерна	6Н12Г
060	Слюсарна	Слюсарний верстак
065	Термічна	Електропіч Н-75
070	Токарная з ЧПК	MDW-205
075	Токарная з ЧПК	MDW-205
080	Токарна	1М63
085	Вертикально-свердлильна	2А55
090	Слюсарна	Слюсарний верстак
095	Контрольна	Контрольний стіл
100	Радіально-свердлильна з ЧПК	МА-665А2
105	Фрезерна з ЧПК	654Ф3

Продовження таблиці 3.4.

№ оп	Найменування операції	Устаткування
110	Токарна	1М63
115	Токарна	1М63
120	Фрезерна з ЧПК	654Ф3
125	Фрезерна з ЧПК	654Ф3
130	Зубофрезерна	5Д32
135	Фрезерна з ЧПК	654Ф3
140	Слюсарна	Слюсарний верстак
145	Контрольна	Контрольний стіл
150	Промивочна	Промивочна машина
155	Токарна	1М63
160	Вертикально-свердлильна	2А55
165	Гальванична	Вана
170	Кінцева обробка (полірування)	Установка ПСА
175	Мийна	Промивочна машина
180	Контрольна	Контрольний стіл

3.6 Розрахунок режимів різання

3.6.1 Проектування та розрахунок токарної операції

Розрахунок режимів різання проводимо для токарної операції № 025 Токарна (точіння чорнове).

Метою даного розрахунку є визначення подачі, швидкості різання, підбір частоти обертів верстата та визначення потужності.

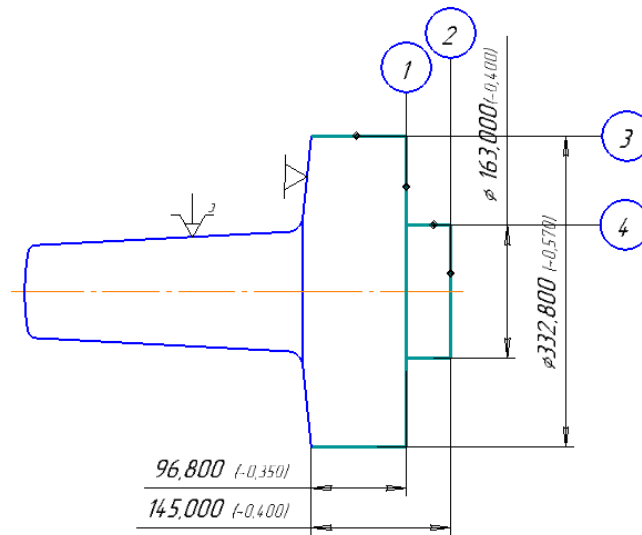


Рисунок 3.3 – Схема операційного ескізу (операція № 025 Токарна)

Вибір обладнання. Для даної операції обираємо токарний верстат 1A730.

Технічні характеристики:

Найбільший діаметр оброблюємої заготовки, мм:

над станиною 800

над супортом 520

над виїмкою у станині 870

Робоча ширина виїмки у станині, мм.....230

Найбільша довжина оброблюємої заготовки, мм: 1000

Частота обертів шпинделя, об/хв: 14; 80; 100; 125; 160; 200;

250; 315; 400; 500; 630;

800; 1000; 1250; 1400,

Подача супорта, мм/хв шпинделя: 0,109; 0,125; 0,18; 0,25; 0,35;

0,5; 0,7; 1,0; 1,4; 1,84

Потужність електро двигуна головного привода, кВт: 15

Габарити верстата (довжина × ширина × висота) 2595 × 1650 × 1700

Маса, кг: 4060

Вибір та обґрунтування різального інструменту. Даний вид обробки-багатоінструментальний, тому обираємо 2 типи різців:

Повздовжній супорт:

1. Прохідний упорний прямий з твердого сплаву T15K6 $\varphi=90^\circ$ (ГОСТ 18879-73);

3. Прохідний упорний прямий з твердого сплаву T15K6 $\varphi=90^\circ$ (ГОСТ 18879-73);

Поперечний супорт:

2. Підрізний різець з твердого сплаву T15K6 $\varphi=10^\circ$ (ГОСТ 18880-73);

4. Підрізний різець з твердого сплаву T15K6 $\varphi=10^\circ$ (ГОСТ 18880-73);

Основні параметри різців:

1. $h = 25$ мм; $b = 16$ мм; $L = 120$ мм; $l = 15$ мм; $R = 1$ мм [6, с.120, т.7].

2. $h = 20$ мм; $b = 12$ мм; $L = 120$ мм; $m = 7$ мм; $a = 12$ мм; $R = 1$ мм [6, с.120, т.7].

3. $h = 25$ мм; $b = 16$ мм; $L = 120$ мм; $l = 15$ мм; $R = 1$ мм [6, с.120, т.7].

4. $h = 20$ мм; $b = 12$ мм; $L = 120$ мм; $m = 7$ мм; $a = 12$ мм; $R = 1$ мм [6, с.120, т.7].

Розрахунки проводимо за лімітуючими інструментами.

Поперечний супорт: торець 2 (чорнова обробка)

1. Величина подачі інструмента. Подача при чорновому зовнішньому точінні різцями з пластинами з твердого сплаву $S = 0,7 \dots 1,3$ мм/хв при глибині різання $t = 2,33$ мм [6, с.266, т.11]. приймаємо відповідно до технологічних характеристик верстата подачу $S_{прин} = 0,7$ мм/хв.

2. Період стійкості інструмента. Середнє значення стійкості T 30...60 хв [6, с.268]. Враховуючи те, що проводиться чорнова обробка приймаємо $T = 40$ хв.

3. Загальний коефіцієнт поправки: [6, с.261]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi_1 v} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{Tu} \cdot K_{Tc} \cdot K_{\varphi} \cdot K_r, \quad (3.21)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей

оброблюемого матеріалу на швидкість різання [6, с.261, т.1].

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,556$$

де $K_r = 0,8$ та $n_v = 1$ - коефіцієнт, що враховує групу сталі за оброблюемістю та показник ступеню [6, с.262, т.2].

K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання $K_{mv} = 0,8$ [6, с.263, т.5].

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{uv} = 0,65$ [6, с.263, т.6].

$K_{\phi_1 v}, K_{\phi v}$ - коефіцієнти, що враховують вплив параметрів різця на швидкість різання, $K_{\phi_1 v} = 1$; $K_{\phi v} = 0,7$ [6, с.271, т.18].

$K_{Tu}, K_{Tc}, K_{\phi}, K_r$ - коефіцієнти, що враховують стійкість при багато інструментальній обробці $K_{Ti} = 3,7$; $K_{Tc} = 1$; $K_{\phi} = 1$; $K_r = 1$.

$$K_v = 0,556 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 3,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,749$$

4. Швидкість різання: [6, с.265]

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.22)$$

де $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$ – коефіцієнт та показники ступення, які враховуються у формулі швидкості різання при обробці різцями [6, с.269, т.17].

$$V_p = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 2,33^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 0,749 = 125,94 \text{ м/хв.}$$

5. Розраховуємо частоту обертів шпинделя верстата: [6, с.124]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \quad (3.23)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 125,94}{\pi \cdot 335,800} = 112,73 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо $n_{\text{прин}} = 125$ об/хв та подальший розрахунок ведемо вже з даною частотою обертів.

6. Фактичне значення швидкості різання: [6, с.124]

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{прин}}}{1000} \quad (3.24)$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 335,800 \cdot 125}{1000} = 131,87 \text{ м/хв}$$

7. Сила різання: [6, с.271]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_\phi^n \cdot K_p, \quad (3.25)$$

де $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ – коефіцієнт та показники ступення, які враховуються у формулі сили різання при точінні [6, с.273, т.22],

$t = 2,33$ мм – глибина різання,

K_p – поправочний коефіцієнт: [6, с.271]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.26)$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблююмого матеріалу на силові залежності: [6, с.264, т.9]

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v} = \left(\frac{1080}{750} \right)^1 = 1,44$$

$K_{\phi p} = 0,89$; $K_{\gamma p} = 1,1$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 0,93$ - коефіцієнти, що враховують вплив

геометричних параметрів різальної частини інструмента на сили різання [6, с.275, т.23].

$$K_p = 1,44 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,93 = 1,31$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,33^{1,0} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 131,87^{-0,15} \cdot 1,31 = 3370 \text{ Н}$$

8. Потужність різання: [6, с.271]

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1000} = \frac{3370 \cdot 131,87}{60 \cdot 1000} = 7,4 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата для здійснення різання: [6, с.124]

$$N_{рез} \leq N_{ун} \quad (3.27)$$

$$N_{ун} = N_{дов} \cdot \eta \quad (3.28)$$

де $\eta = 0,75$ - механічний ККД верстата;

$N_{дов} = 15 \text{ кВт}$ – потужність електродвигуна головного привода.

$N_{ун} = 15 \cdot 0,75 = 11,3 \text{ кВт} \geq 7,4 \text{ кВт}$ – умова виконується, проведення обробки можливе.

9. Основний час точіння:

$$T_o = \frac{l_{обр} + l_{подв} + l_{ер} + l_{пероб}}{S \cdot n}, \quad (3.29)$$

де $l_{обр} = 84,9 \text{ мм}$ – довжина робочого ходу різця;

$l_{подв} = 1 \text{ мм}$ – довжина підводу різця;

$l_{ер} = 1 \text{ мм}$ – довжина врізання різця;

$l_{пероб} = 0 \text{ мм}$ – довжина перебігу різця.

$$T_o = \frac{84,9 + 1 + 1 + 0}{0,7 \cdot 125} = 0,99 \text{ хв.}$$

Продольний супорт: точити поверхню 3 (чорнова обробка)

1. Величина подачі інструмента.

Подача при зовнішньому чорновому точіння різцями з пластинами з твердого сплаву $S = 0,7 \dots 1,3$ мм/хв при глибині різання $t = 2,8$ мм [6, с.266, т.11].

Приймаємо відповідно до технологічних характеристик верстата значення подачі для продольного точіння поверхні 4 $S_{\text{прип}} = 0,7$ мм/хв.

2. Період стійкості інструмента. Середнє значення стійкості $T = 30 \dots 60$ хв [6, с.268]. Враховуючи те, що проводиться чорнова обробка приймаємо $T = 40$ хв.

Загальний коефіцієнт поправки: [6, с.261]

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\phi_1 v} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{Tu} \cdot K_{Tc} \cdot K_{\phi} \cdot K_r, \quad (3.30)$$

де K_{mv} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико-механічних властивостей оброблююмого матеріалу на швидкість різання [6, с.261, т.1].

$$K_{mv} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,556$$

де $K_r = 0,8$ та $n_v = 1$ - коефіцієнт, що враховує групу сталі за оброблюемістю та показник ступеню [6, с.262, т.2].

K_{nv} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні заготовки на швидкість різання $K_{nv} = 0,8$ [6, с.263, т.5].

K_{uv} - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання, $K_{uv} = 0,65$ [6, с.263, т.6].

$K_{\phi_1 v}, K_{\phi v}$ - коефіцієнти, що враховують вплив параметрів різця на швидкість різання, $K_{\phi_1 v} = 1$; $K_{\phi v} = 0,7$ [6, с.271, т.18].

$K_{Tu}, K_{Tc}, K_{\phi}, K_r$ - коефіцієнти, що враховують стійкість при багато інструментальній обробці $K_{Tu} = 3,7$; $K_{Tc} = 1$; $K_{\phi} = 1$; $K_r = 1$.

$$K_v = 0,556 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 3,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,749$$

4. Швидкість різання: [6, с.265]

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.31)$$

де $C_v = 340$; $x = 0,15$; $y = 0,45$; $m = 0,2$ – коефіцієнт та показники ступення, які враховуються у формулі швидкості різання при обробці різцями [6, с.269, т.17].

$$V_p = \frac{340}{40^{0,2} \cdot 2,8^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 0,749 = 122,5 \text{ м/хв.}$$

5. Розрахункова частота обертів шпинделя верстата: [6, с.124]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} \quad (3.32)$$

$$n_p = \frac{1000 \cdot 122,5}{\pi \cdot 335,8} = 116,1 \text{ об/хв}$$

Приймаємо $n_{прин} = 125$ об/хв та подальший розрахунок проводимо вже з даною частотою обертів.

6. Фактичне значення швидкості різання: [6, с.124]

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{прин}}{1000} \quad (3.33)$$

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot 332,8 \cdot 125}{1000} = 130,7 \text{ м/мин}$$

6. Сила різання: [6, с.271]:

$$P_x = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_\phi^n \cdot K_p, \quad (3.34)$$

де $C_p = 339$; $x = 1$; $y = 0,5$; $n = -0,4$ - коефіцієнт та показники ступення, які враховуються у формулі сили різання при точінні [6, с.273, т.22],

$t = 2,8$ мм – глибина різання,

K_p – поправочний коефіцієнт: [6, с.271]

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{\phi p} \cdot K_{\gamma p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (3.35)$$

де K_{mp} - коефіцієнт, що враховує вплив якості оброблюємого матеріалу на силові залежності [6, с.264, т.9];

$$K_{mv} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^{n_v} = \left(\frac{1080}{750} \right)^1 = 1,44$$

$K_{\phi p} = 1,17$; $K_{\gamma p} = 1,4$; $K_{\lambda p} = 1$; $K_{rp} = 1$ - коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різальної частини інструменту на сили різання [6, с.275, т.23].

$$K_p = 1,44 \cdot 1,17 \cdot 1,4 \cdot 1 \cdot 1 = 2,36$$

$$P_z = 10 \cdot 339 \cdot 2,8^{1,0} \cdot 0,7^{0,5} \cdot 130,7^{-0,4} \cdot 2,36 = 2668,8 \text{ Н}$$

8. Потужність різання: [3, с.271]

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V_\phi}{60 \cdot 1000} = \frac{2668,8 \cdot 130,7}{60 \cdot 1000} = 5,8 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата для здійснення різання: [6, с.124]

$$N_{рез} \leq N_{ин} \quad (3.36)$$

$$N_{ин} = N_{дв} \cdot \eta \quad (3.37)$$

де $\eta = 0,75$ - механічний ККД верстата;

$N_{дв} = 15$ кВт – потужність електродвигуна головного привода.

$N_{ин} = 15 \cdot 0,75 = 11,3 \text{ кВт} \geq 5,8 \text{ кВт}$ – умова виконується, проведення обробки можливе.

9. Основний час точіння:

$$T_o = \frac{l_{обр} + l_{подв} + l_{сп} + l_{пероб}}{S \cdot n}, \quad (3.38)$$

де $l_{обр} = 96,8$ мм – длина рабочего хода резца;

$l_{подв} = 1$ мм – довжина підводу різця;

$l_{вр} = 1$ мм – довжина врізання різця;

$l_{пероб} = 0$ – довжина иперебігу різця.

$$T_o = \frac{96,8 + 1 + 1 + 0}{0,7 \cdot 125} = 1,13 \text{ мин.}$$

3.6.2 Проектування та розрахунок радіально-свердлильної операції

Розрахунок режимів різання проводимо для операції № 050 Свердлильна.

Метою даного розрахунку є визначення подачі, швидкості різання, підбір частоти обертів верстата та визначення потужності.

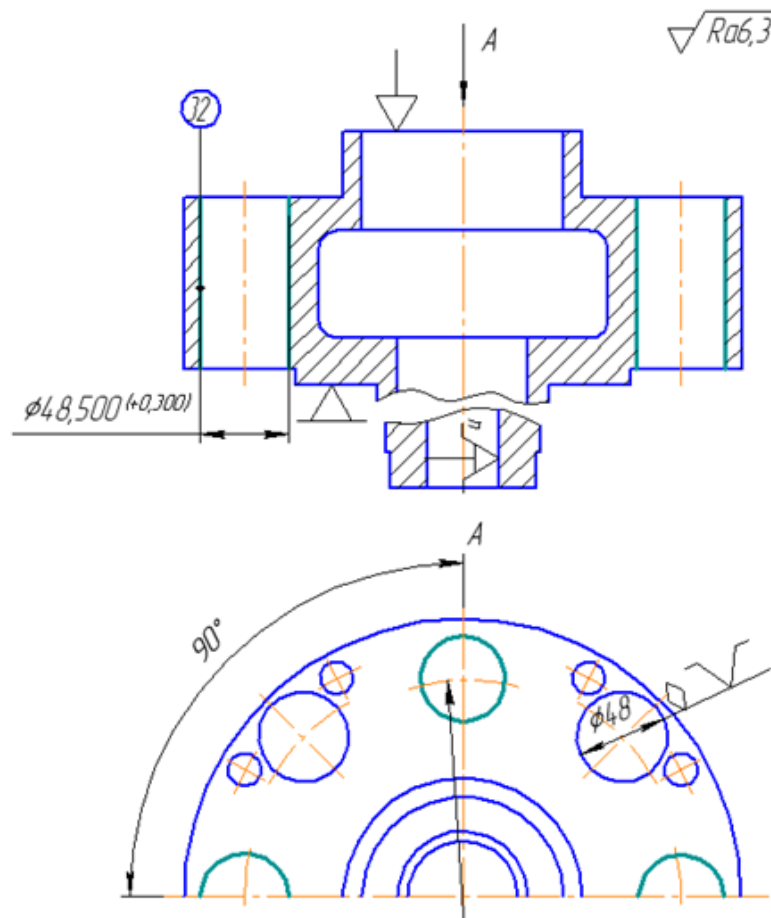


Рисунок 3.4 – Схема операційного ескізу (операція: № 050 Радіально-свердлильна)

Вибір обладнання. Дану операцію будемо виконувати на радіально-свердлильному верстаті з ЧПК мод МА-655А2

Технічні характеристики:

Найбільший умовний діаметр свердління у сталі, мм	63
Робоча поверхня стола, мм х мм	585х190
Найбільша відстань від торця шпинделя до робочої поверхні столу, мм	850
Найбільше вертикальне переміщення свердлильної головки, мм	710
Число швидкостей шпинделя	12
Частота обертів шпинделя, об/хв	22...1000
Число подач шпинделя	33
Подача шпинделя (револьверної головки), мм/об	0,018...4,5
Потужність електродвигуна, кВт	2.2
Габарити верстата (довжина × ширина × висота)	730 х 670 х 1020
Маса верстата, кг	2250

Вибір різального інструмента.

Для операції свердління (перехід 1 - Ø47,5мм) приймаємо свердло із швидкорізальної сталі Р6М5К5.

Для операції зенкерування (перехід 2 - 49,000 мм) та розгортання (перехід 3 - 49,300 мм) приймаємо комбінований інструмент – зенкер-розгортку з конічним хвостовиком для підвищення точності обробки відповідальних отворів під встановлення сателітів. Матеріал інструмента трердий сплав Т5К10.

Геометричні параметри різальних інструментів наведені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4– Геометричні параметри різальних інструментів

Різальний інструмент	d, мм	l, мм	L, мм
Свердло	47,5	50	270
Зенкер	49,000	50	270
Розгортка	49,300	70	270

3.6.2.1 Розрахунок переходу 1: Свердлити послідовно 4 отвори

1. Глибина різання: [6, с.276]

$$t = \frac{D}{2} = \frac{47.500}{2} = 23,75 \text{ мм}$$

2. Величина подачі у залежності від оброблюємого матеріалу, діаметру обробки, матеріалу інструменту та других технологічних факторів: [6, с.277, т.25]

Для свердла Ø 47,5 мм подача 0,42...0,48 мм/об.

Узгодження подачі з технічними характеристиками верстата.

Будуємо ряд подач:

$$\varphi = \sqrt[m-1]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}} = \sqrt[32]{\frac{4,5}{0,018}} = 1,1883$$

$$S_1 = S_{\min}; S_2 = \varphi \cdot S_1; S_3 = \varphi \cdot S_2; \dots; S_{\max} = \varphi \cdot S_{32}$$

S, мм/об: 0,018; 0,021; 0,025; 0,030; 0,036; 0,043; 0,051; 0,060; 0,072; 0,085; 0,101; 0,120; 0,143; 0,170; 0,202; 0,240; 0,285; 0,338; 0,402; 0,478; 0,568; 0,674; 0,801; 0,952; 1,132; 1,135; 1,598; 1,899; 2,257; 2,682; 3,187; 3,787; 4,5.

З ряду подач приймаємо подачу, яка знаходиться у межах 0,42...0,48 мм/об: $S_{\text{прин}} = 0,43 \text{ мм/об.}$

3. Період стійкості свердла: $T = 45 \text{ хв}$ [6, с.279, т.30].

4. Швидкість різання: [6, с.276]

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} \cdot \hat{E}_v, \quad (3.39)$$

де $K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,556 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,361$ [6, с.276]

Обираємо коефіцієнти та показники ступеня для формули визначення швидкості при свердлінні [6, с.279, т.29]:

$$C_v = 9,8; q = 0,4; y = 0,5; m = 0,2.$$

$$V_p = \frac{9,8 \cdot 47,5^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,43^{0,5}} \cdot 0,361 = 32,8 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертів шпинделя: [6, с.280]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_d}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 32,8}{\pi \cdot 47,5} = 219,91 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо частоту обертання з технічними характеристиками верстата.

Будуємо ряд частот обертання.

$$\varphi = \sqrt[m-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[11]{\frac{800}{18}} = 1,4119$$

$$n_1 = n_{\min}; n_2 = \varphi \cdot n_1; n_3 = \varphi \cdot n_2; \dots; n_{\max} = \varphi \cdot n_1$$

n , об/хв: 18; 25,41; 35,88; 50,66; 71,53; 100,99; 142,59; 201,32; 284,24; 401,32; 566,62; 800.

Приймаємо найближче менше значення частоти обертання.

$$n_{\text{прин}} = 201,32 \text{ мм/об.}$$

$$S_{\min} = S \cdot n = 0,43 \cdot 201,32 = 86,57 \text{ мм/хв}$$

6. Фактичне значення швидкості різання: [6, с.124]

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{прин}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 47,5 \cdot 201,732}{1000} = 30 \text{ м/хв}$$

7. Осьова сила різання [6, с.277]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.40)$$

де K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки:

$$K_p = K_{mp} = 1,314 \text{ [6, с.264, т.9],}$$

$C_p = 68$; $y = 0,7$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі осьової сили при свердлінні [6, с.281, т.32].

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 0,43^{0,7} \cdot 1,314 = 494,9 \text{ Н.}$$

8. Крутний момент: [6, с.277]:

$$M_{kp} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.41)$$

де $C_M = 0,0345$; $q = 2$; $y = 0,8$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі крутного моменту при свердлінні [6, с.281, т.32].

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 47,5^2 \cdot 0,43^{0,8} \cdot 1,314 = 520,69 \text{ Н·м.}$$

9. Потужність різання: [6, с.280]

$$N_{рез} = \frac{M_{kp} \cdot n}{9750} = \frac{520,69 \cdot 12,9}{9750} = 0,689 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата для здійснення

різання: [10, с.124]

$$N_{рез} \leq N_{шт}$$

$$N_{шт} = N_{дв} \cdot \eta,$$

де $\eta = 0,75$ - механічний ККД верстата,

$N_{дв} = 2,2 \text{ кВт}$ – потужність двигуна.

$N_{un} = 2,2 \cdot 0,75 = 1,65 \text{ кВт} \geq 0,689 \text{ кВт}$ – умова виконується обробка можлива.

10. Основний час свердління

$$T_o = z \cdot \frac{l_{подв} + l_{вр} + l_{обр} + l_{перѳ}}{n \cdot S}, \quad (3.42)$$

де $l_{подв} = 2 \text{ мм}$ – довжина підвода;

$l_{вр} = 1,5 \text{ мм}$ – довжина врізання;

$l_{обр} = 10 \text{ мм}$ – довжина обробки;

$l_{перѳ} = 1,5 \text{ мм}$ – довжина перебігу;

$z = 4$ – кількість отворів.

$$T_o = 4 \cdot \frac{2+1,5+10+1,5}{201,32 \cdot 0,43} = 0,7 \text{ хв.}$$

3.6.2.2 Розрахунок переходу 2. Зенкерувати послідовно 4 отвори

1. Глибина різання: [6, с.276]

2.

$$t = \frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{49 - 48.500}{2} = 0.25 \text{ мм}$$

2. Величина подачі у залежності від оброблюємого матеріалу, діаметру обробки, матеріалу інструменту та других технологічних факторів: [6, с.277, т.26]

Для зенкера Ø 49,000 мм подача 0,5...0,7 мм/об.

Узгодження подачі з технічними характеристиками верстата.

Будуємо ряд подач:

$$\varphi = \sqrt[m-1]{\frac{S_{\max}}{S_{\min}}} = \sqrt[32]{\frac{4,5}{0,018}} = 1,1883$$

$$S_1 = S_{\min}; S_2 = \varphi \cdot S_1; S_3 = \varphi \cdot S_2; \dots; S_{\max} = \varphi \cdot S_{32}$$

S, мм/об: 0,018; 0,021; 0,025; 0,030; 0,036; 0,043; 0,051; 0,060; 0,072; 0,085; 0,101; 0,120; 0,143; 0,170; 0,202; 0,240; 0,285; 0,338; 0,402; 0,478; 0,568; 0,674; 0,801; 0,952; 1,132; 1,135; 1,598; 1,899; 2,257; 2,682; 3,187; 3,787; 4,5.

З ряду подач приймаємо подачу, яка знаходиться у діапазоні 0,5...0,7 мм/об: $S_{\text{прин}} = 0,568$ мм/об.

3. Період стійкості зенкера: $T = 60$ хв [6, с.279, т.30].

4. Швидкість різання: [6, с.276]

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.43)$$

де $K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,556 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,361$ [6, с.276]

Обираємо коефіцієнти та показники ступеня для формули визначення швидкості при зенкеруванні: [6, с.279, т.29]:

$$C_v = 18; q = 0,6; x = 0,2; y = 0,3; m = 0,25$$

$$V_p = \frac{18 \cdot 49^{0,6}}{60^{0,25} \cdot 0,25^{0,2} \cdot 0,568^{0,3}} \cdot 0,361 = 37,71 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертання шпинделя: [6, с.280]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 37,71}{\pi \cdot 49} = 245,09 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо частоту обертання з технічними характеристиками верстата.

Будуємо ряд частот обертання:

$$\varphi = \sqrt[m-1]{\frac{n_{\max}}{n_{\min}}} = \sqrt[11]{\frac{800}{18}} = 1,4119$$

$$n_1 = n_{\min}; n_2 = \varphi \cdot n_1; n_3 = \varphi \cdot n_2; \dots; n_{\max} = \varphi \cdot n_1$$

n , об/хв: 18; 25,41; 35,88; 50,66; 71,53; 100,99; 142,59; 201,32; 284,24; 401,32; 566,62; 800.

Приймаємо найближче менше значення частоти обертання шпинделя.

$$n_{\text{прин}} = 201,32 \text{ мм/об.}$$

$$S_{\text{мин}} = S \cdot n = 0,568 \cdot 201,32 = 114,35 \text{ мм/хв}$$

6. Фактичне значення швидкості різання: [6, с.124]

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{прин}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 49 \cdot 201,32}{1000} = 31 \text{ м/хм}$$

7. Осьова сила різання: [6, с.277]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

де K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки:

$$K_p = K_{\text{мр}} = 1,314 \text{ [6, с.264, т.9],}$$

$C_p = 67$; $x = 1,2$; $y = 0,65$ коефіцієнт та показники ступеня у формулі осьової сили при зенкеруванні [6, с.281, т.32].

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,25^{1,2} \cdot 0,568^{0,65} \cdot 1,314 = 115,5 \text{ Н.}$$

8. Крутний момент: [6, с.277]:

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p,$$

де $C_M = 0,09$; $q = 1$; $x = 0,9$; $y = 0,8$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі крутного моменту при зенкеруванні [6, с.281, т.32].

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,09 \cdot 49^1 \cdot 0,25^{0,9} \cdot 0,568^{0,8} \cdot 1,314 = 10,58 \text{ Н·м.}$$

9. Потужність різання: [6, с.280]

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750} = \frac{10,58 \cdot 31}{9750} = 0,034 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата для здійснення різання: [10, с.124]

$$N_{рез} \leq N_{ин}$$

$$N_{ин} = N_{дв} \cdot \eta,$$

де $\eta = 0,75$ - механічний ККД верстата,

$N_{дв} = 2,2$ кВт – потужність двигуна.

$N_{ин} = 2,2 \cdot 0,75 = 1,65$ кВт $\geq 0,034$ кВт – умова виконується обробка можлива.

10. Основний час зенкерування:

$$T_o = z \cdot \frac{l_{подв} + l_{вр} + l_{обр} + l_{перб}}{n \cdot S}, \quad (3.44)$$

де $l_{подв} = 2$ мм – довжина підвода;

$l_{вр} = 1,5$ мм – довжина врізання;

$l_{обр} = 10$ мм – довжина обробки;

$l_{перб} = 1,5$ мм – довжина перебігу;

$z = 4$ – кількість отворів.

$$T_o = 4 \cdot \frac{2 + 1,5 + 10 + 1,5}{31 \cdot 0,568} = 3,4 \text{ хв.}$$

3.6.2.3 Розрахунок переходу 3: Розгорнути послідовно 4 отвори 32

1. Глубина різання: [6, с.276]

$$t = \frac{D_1 - D_2}{2} = \frac{49,3 - 49}{2} = 0,15 \text{ мм}$$

2. Величина подачі у залежності від оброблююмого матеріалу, діаметру обробки, матеріалу інструменту та других технологічних факторів: [6, с.277, т.26]

Для розгортки Ø 49,300 мм подача 0,4 мм/об.

Узгодження подачі з технічними характеристиками верстата.

S, мм/об: 0,018; 0,021; 0,025; 0,030; 0,036; 0,043; 0,051; 0,060; 0,072; 0,085; 0,101; 0,120; 0,143; 0,170; 0,202; 0,240; 0,285; 0,338; 0,402; 0,478; 0,568; 0,674; 0,801; 0,952; 1,132; 1,135; 1,598; 1,899; 2,257; 2,682; 3,187; 3,787; 4,5.

З рядУ подач приймаємо подачу $S_{\text{прин}} = 0,338$ мм/об.

3. Період стійкості розгортки: $T = 60$ хв [6, с.279, т.30].

4. Швидкість різання: [6, с.276]

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.45)$$

де $K_v = K_{mv} \cdot K_{uv} \cdot K_{lv} = 0,556 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,361$ [6, с.276]

Обираємо коефіцієнти та показники ступеня для формули визначення швидкості при розгортані: [6, с.279, т.29]:

$$C_v = 10,5; \quad q = 0,6; \quad x = 0,2; \quad y = 0,5; \quad m = 0,4$$

$$V_p = \frac{10,5 \cdot 49,3^{0,6}}{60^{0,4} \cdot 0,15^{0,2} \cdot 0,338^{0,5}} \cdot 0,361 = 19,2 \text{ м/хв}$$

5. Частота обертання шпинделя: [6, с.280]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 19,2}{\pi \cdot 49,3} = 124,1 \text{ об/хв}$$

Узгоджуємо частоту обертання з технічними характеристиками верстата.

n, об/хв: 18; 25,41; 35,88; 50,66; 71,53; 100,99; 142,59; 201,32; 284,24; 401,32; 566,62; 800.

Приймаємо найближче менше значення частоти обертання.

$$n_{\text{прин}} = 100,99 \text{ мм/об.}$$

$$S_{мин} = S \cdot n = 0,338 \cdot 100,99 = 34,13 \text{ мм/хв}$$

6. Фактичне значення швидкості різання: [6, с.124]

$$V_{\phi} = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{прин}}{1000} = \frac{\pi \cdot 49,3 \cdot 100,99}{1000} = 15,6 \text{ м/хв}$$

7. Осьова сила різання: [6, с.277]:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.46)$$

де K_p - коефіцієнт, що враховує фактичні умови обробки:

$$K_p = K_{mp} = 1,314 \text{ [6, с.264, т.9],}$$

$C_p = 67$; $x = 1,2$; $y = 0,65$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі осьової сили при розгортанні [6, с.281, т.32].

$$P_0 = 10 \cdot 67 \cdot 0,15^{1,2} \cdot 0,338^{0,65} \cdot 1,314 = 44,65 \text{ Н.}$$

8. Крутний момент: [6, с.277]:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot t^x \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.47)$$

де $C_M = 0,09$; $q = 1$; $x = 0,9$; $y = 0,8$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі крутного моменту при розгортанні [6, с.281, т.32].

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,09 \cdot 49,3^1 \cdot 0,15^{0,9} \cdot 0,338^{0,8} \cdot 1,314 = 4,44 \text{ Н·м.}$$

9. Потужність різання: [6, с.280]

$$N_{рез} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{4,44 \cdot 15,6}{9750} = 0,007 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи достатня потужність привода верстата для здійснення різання: [10, с.124]

$$N_{рез} \leq N_{ин}$$

$$N_{ин} = N_{дв} \cdot \eta,$$

де $\eta = 0,75$ - механічний ККД верстата,

$N_{дв} = 2,2$ кВт – потужність двигуна.

$N_{ун} = 2,2 \cdot 0,75 = 1,65$ кВт $\geq 0,007$ кВт – умова виконується, обробка можлива.

10. Основний час розгортання:

$$T_o = z \cdot \frac{l_{подв} + l_{вр} + l_{обр} + l_{пероб}}{n \cdot S}, \quad (3.48)$$

де $l_{подв} = 2$ мм – довжина підвода;

$l_{вр} = 1,5$ мм – довжина врізання;

$l_{обр} = 10$ мм – довжина обробки;

$l_{пероб} = 1,5$ мм – довжина перебігу;

$z = 4$ – кількість отворів.

$$T = 4 \cdot \frac{2 + 1,5 + 10 + 1,5}{15,6 \cdot 0,338} = 11,38 \text{ хв.}$$

3.6.3 Проектування та розрахунок фрезерної операції з ЧПК

Розрахунок режимів різання проводимо для операції № 105 Фрезерна з ЧПК.

Метою даного розрахунку є визначення подачі, швидкості різання, підбір обертів верстата та визначення потужності.

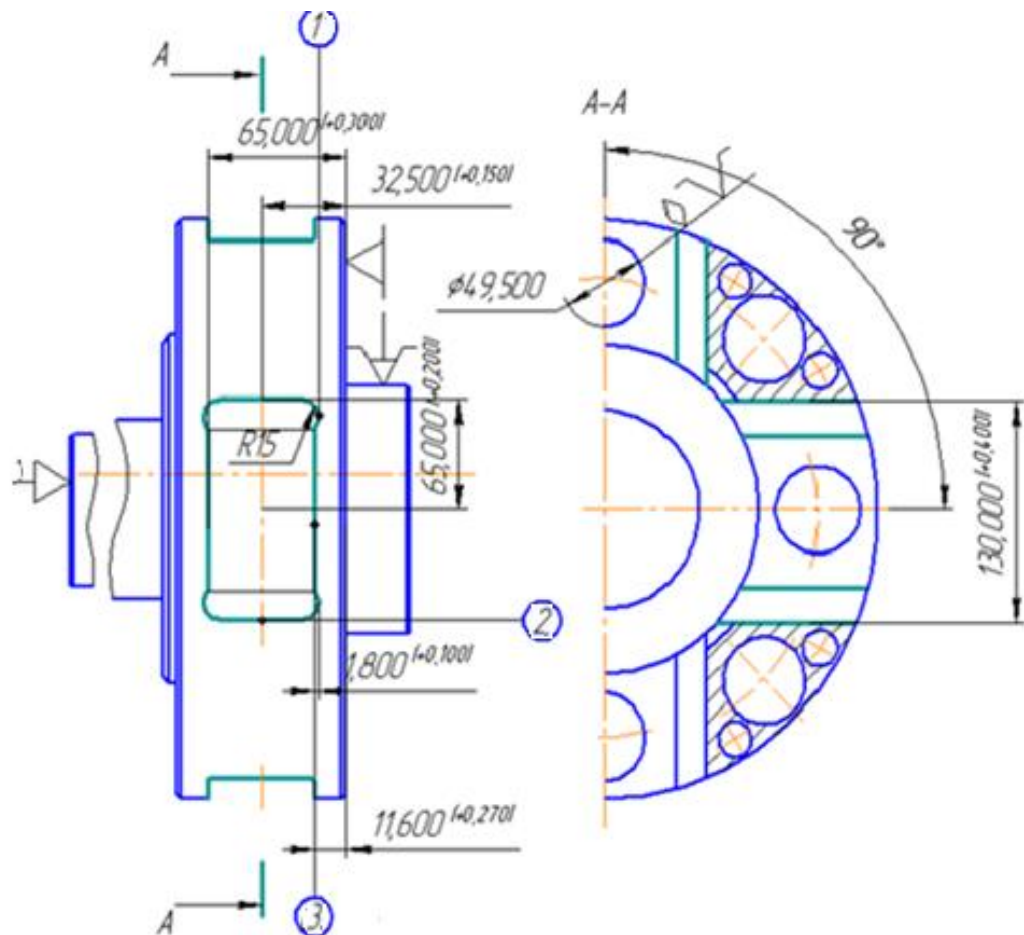


Рисунок 3.5 – Схема операційного ескіза (операція № 105 Фрезерна з ЧПК).

1. Вибір обладнання. Для даної операції обираємо фрезерний верстат з ЧПК мод. 654Ф3.

При виборі верстата приймалася до уваги потужність необхідна при різанні та габарити робочої зони верстата, а також величина робочих ходів стола [6, с.52...53, т.38].

Технічні характеристики верстата:

Розміри робочої поверхні стола, мм 400 × 700

Найбільше переміщення стола, мм:

повздовжнє 450

поперечне 350

Найбільше вертикальне переміщення бабки, мм: 380

Частота обертання шпинделя, об/хв	25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125;160;200;250; 315;400; 500;630;800;1000;1250
Подача стола, салазок, бабки, мм/хв:	0,1...4800
Швидкість прискореного переміщення стола, салазок, бабки, мм/хв:	4800
Потужність електродвигуна привода гловного руху, кВт	5.5
Габаритні розміри (довжина × ширина × висота), мм	2450x1590x2200
Маса, кг	2000

2. Вибір різального інструмента.

Для обробки вікна обираємо кінцеву фрезу з конічним хвостовиком ГОСТ 17026-71 [6, с.174. т.66]. Матеріал – Р6М5 [6, с.115, т.2].

Параметри інструмента: $d = 32$ мм, $L = 173$ мм, $l = 53$ мм, $z = 6$ – кількість зубців [6, с.174. т.66].

3. Глибина та ширина фрезерування:

$t = 1$ мм – глибина фрезерування, визначає тривалість контакту зуба фрези з заготовкою; її вимірюють у напрямку, перпендикулярному до осі фрези [6, с.282]. У даному випадку, коли обробка ведеться за один прохід фрези, глибина різання дорівнює глибині паза;

$B = 53$ мм – ширина фрезерування, визначає довжину леза зуба фрези, що приймає участь у різанні, її вимірюють у напрямку, паралельному до осі фрези [6, с.282].

4. Величина подачі: [6, с.282]

Подача на один зуб фрези $S_z = (0,10...0,15)$ мм/зуб [6, с.285, т.36].

Приймаємо $S_z = 0,1$ мм/зуб.

Подача на один оберт фрези:

$$S_o = S_z \cdot z = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мм/об} \quad (3.49)$$

Хвилинна подача:

$$S_m = S \cdot n = S_z \cdot z \cdot n \quad (3.50)$$

5. Період стійкості фрези: $T = 90$ хв [6, с.290, т.40].

6. Окружна швидкість фрези: [6, с.282]:

$$V_p = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v, \quad (3.51)$$

де $C_v = 46,7$; $q = 0,45$; $x = 0,5$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $p = 0,1$; $m = 0,33$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі швидкості різання при фрезеруванні [6, с.286...287, т.39];

K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання: [6, с.282]

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{UV} \cdot K_{ПV}, \quad (3.52)$$

$K_{UV} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання [6, с.263, т.6];

$K_{ПV} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив поверхневого стану заготовки на швидкість різання [6, с.263, т.5];

K_{MV} - коефіцієнт, що враховує вплив фізико - механічних властивостей матеріалу що оброблюється на швидкість різання [6, с.261, т.1].

$$K_{MV} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 0,8 \cdot \left(\frac{750}{1080} \right)^1 = 0,556$$

$K_r = 0,8$ и $n_v = 1$ - коефіцієнт, що характеризує групу сталі за оброблюємістю та показник ступеню [6, с.262, т.2].

$$K_v = 0,556 \cdot 1 \cdot 1 = 0,556$$

$$V_p = \frac{46,7 \cdot 32^{0,45}}{90^{0,33} \cdot 1^{0,5} \cdot 0,1^{0,5} \cdot 53^{0,1} \cdot 6^{0,1}} \cdot 0,556 = 48 \text{ м/хв.}$$

7. Частота обертів фрези: [6, с.124]

$$n_p = \frac{1000 \cdot V_p}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 48}{\pi \cdot 32} = 478 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче значення частоти обертання:

$$n_{\text{прин.}} = 500 \text{ об/хв}$$

Вихначаємо хвилину подачу за формулою:

$$S_m = 0,1 \cdot 6 \cdot 500 = 300 \text{ мм/хв}$$

8. Дійсна швидкість різання: [6, с.124]

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{прин.}}}{1000} = \frac{\pi \cdot 32 \cdot 500}{1000} = 50 \text{ м/хв.}$$

9. Сила різання: [6, с.282]

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}, \quad (3.53)$$

де K_{MP} - коефіцієнт, що враховує вплив оброблюємого матеріалу на силові залежності: [6, с.264, т.9]

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n = \left(\frac{1080}{750} \right)^{0,75} = 1,314;$$

$C_p = 82$; $x = 0,75$; $y = 0,6$; $u = 1$; $q = 0,86$; $w = 0$ – коефіцієнт та показники ступеня у формулі окружної сили при фрезеруванні [6, с.291, т.41].

$$P_z = \frac{10 \cdot 82 \cdot 1^{0,75} \cdot 0,1^{0,6} \cdot 53 \cdot 6}{32^{0,86} \cdot 500^0} \cdot 1,314 = 4368,88 \text{ Н.}$$

10. Крутний момент: [6, с.290]

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 1000} = \frac{4368,88 \cdot 32}{2000} = 70 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

11. Потужність різання (ефективна): [6, с.290]

$$N_e = \frac{P_z \cdot V_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{4368,88 \cdot 50}{1020 \cdot 60} = 3,57 \text{ кВт}$$

Перевіряємо, чи є достатньою потужність привода верстата для різання виходячі із умов: [6, с.124]

$$N_e \leq N_{ум}$$

$$N_{ум} = N_{дв} \cdot \eta,$$

де $\eta = 0,8$ - механічний ККД верстата,

$N_{дв} = 5,5$ кВт – потужність двигуна.

$N_{ум} = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4$ кВт $\geq 3,57$ кВт – умова виконується, обробка можлива

12. Основний часна фрезерування:

$$T_o = \kappa \cdot \frac{L_{px}}{S_m}, \quad (3.54)$$

де $\kappa = 4$ – кількість вікон;

L_p – довжина робочого ходу фрези:

$$L_{px} = l_{оброб} + l_{подв} + l_{врез} + l_{пероб}, \quad (3.55)$$

де $l_{оброб}$ – довжина обробки мм;

$l_{подв}$ – відстань підвода інструмента, мм;

$l_{врез}$ – довжина врізання, мм;

$l_{пероб}$ – довжина перебегу, мм.

$$L_{px} = 278 + 0 + 1 + 1 = 280 \text{ мм}$$

Визначаємо основний час на фрезерування одного вікна:

$$T_o = 4 \cdot \frac{280}{300} = 3,73 \text{ (хв)}$$

3.6.4 Проектування та розрахунок зубофрезерної операції

Розрахунок режимів різання проводимо для операції № 130 Зубофрезерна.

Метою даного розрахунку є визначення режимів різання при нарізанні шлицьового вінця, а також визначення необхідної кількості зубців шестерен кінематичних ланцюгів зубофрезерного верстата.

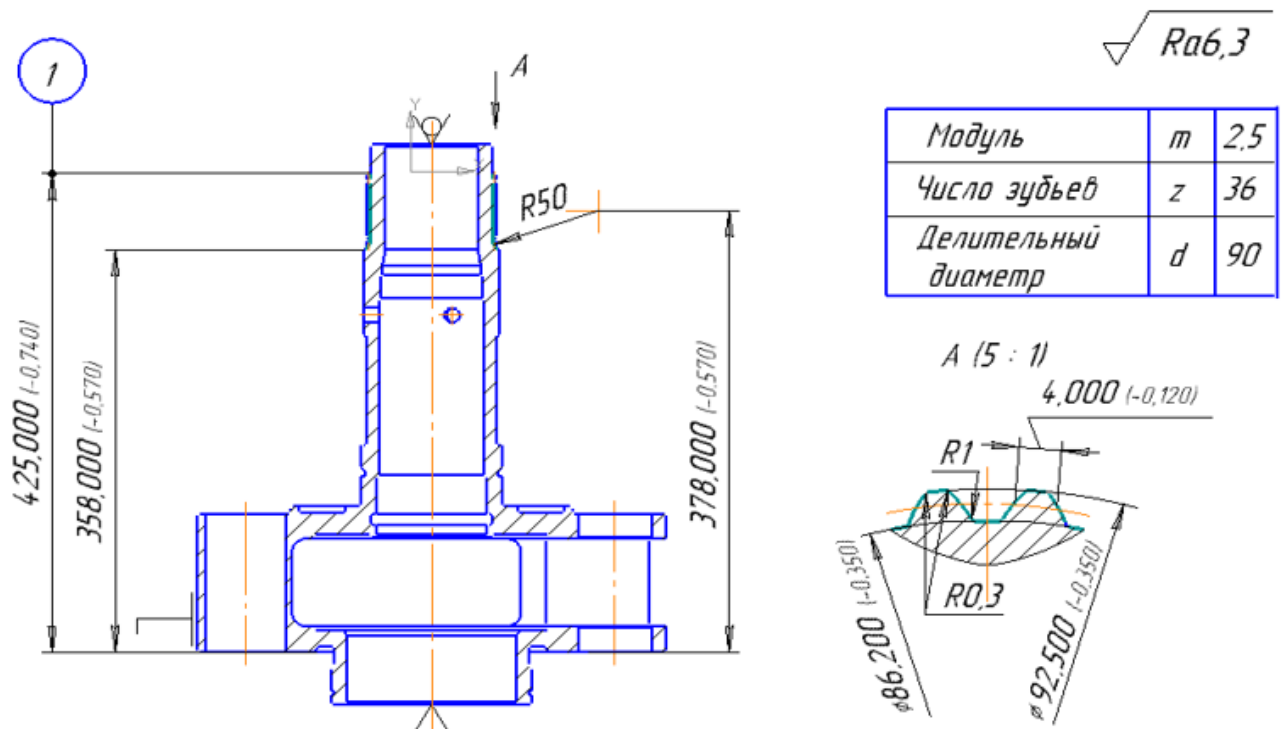


Рисунок 3.6 - Схема операційного ескиза (операція № 130 Зубофрезерна)

1. Вибір обладнання.

Для даної операції обираємо зубофрезерний верстат моделі 5Д32.

При виборі верстата приймаємо до уваги потужність необхідну при різанні та габарити робочої зони верстата, а також величини робочих ходів стола [6, с. 41, т.27].

Технічні характеристики верстата:

Найбільший діаметр оброблюємої заготовки, мм	125
Найбільший розмір коліс, що нарізаються:	
модуль	2,5
довжина зуба прямозубих коліс	100
Найбільший діаметр черв'ячних фрез, мм	160
Відстань від торцю столу до осі фрези	30...250
Частота обертів шпинделя інструмента, об/хв	100...500
Вертикальна подача заготовки, мм/хв	0,35...45
Потужність електро двигуна, кВт	8,42
Габаритні розміри (довжина×ширина×висота), мм	2300x1300x1950
Маса, кг	5100

2. Вибір різального інструмента. У якості різального інструмента приймаємо черв'ячну фрезу з евольвентним профілем зубів ГОСТ 8027-60 для нарізання зубців (шлиць) з centruванням по бічним поверхням зубців [6, с.196, т.108]. Матеріал Р6М5 [6, с.115, т.2].

Параметри інструмента: $D_e = 100$ мм; $L = 90$ мм; $d = 40$ мм; $D_1 = 60$ мм; $z = 12$; $m = 2,5$ [6, с.196, т.108].

3. Вибір стійкості фрези: так як модуль рівен 2,5 мм приймаємо стійкість фрези $T = 240$ хв [6, с.83, т.4.9].

Зважаючи на порівняно невелику величину модуля і достатню потужність верстата приймаємо обробку зуба за один прохід.

4. Вибір подачі. При виборі подачі велику роль грає жорсткість верстата. Всі зубофрезерні верстати умовно поділені на п'ять груп жорсткості.

Відповідно до [6, с.83, т.4.10] обраний верстат відноситься до першої групи жорсткості.

Приймаємо подачу $S_0 = 1,8$ мм/об [6, с.84, т.4.11].

При визначенні подачі необхідно враховувати поправочні коефіцієнти [6, с.87, т.4.44]:

$$S = S_0 \cdot K_s \cdot K_{s1} \cdot K_{s2}, \quad (3.56)$$

Поправочний коефіцієнт на оброблюваний матеріал $K_s = 0,7$;

Поправочний коефіцієнт на кут зуба, що нарізається $K_{s1} = 1$;

Поправочний коефіцієнт на кут зуба, що нарізається $K_{s2} = 1$.

$$S = 1,8 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 = 1,26 \text{ мм/об}$$

Приймаємо $S = 1,3$ мм/об – фактична подача, яку может забезпечити верстат.

5. Швидкість та потужність різання: визначається за таблицями 6, с.85, т.4.13] $v = 25$ м/хв та $N = 0,7$ кВт.

Перевіряємо, чи достатня потужність приводу верстата для різання виходячи з умови: [6, с.124]

$$N_{рез} \leq N_{ун}$$

$$N_{ун} = N_{дв} \cdot \eta,$$

де $\eta = 0,4$ - механічний ККД верстата,

$N_{дв} = 8,42$ кВт – потужність двигуна.

$N_{ун} = 8,42 \cdot 0,4 = 3,34 \text{ кВт} \geq 0,70 \text{ кВт}$ – умова виконується, обробка можлива.

6. Частота обертів фрези:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1000 \cdot 25}{\pi \cdot 100} = 143 \text{ об/хв}$$

Приймаємо найближче значення частоти обертання:

$$n_{\text{прин.}} = 160 \text{ об/хв}$$

7. Налаштовуємо гітару поділу верстата: [6, с.48, т.22]

$$z = 36; a = 30, d = 45.$$

8. За номограмою швидкостей: [6, с.90]

$$n = 160 \text{ об/хв}; A/B = 51/36.$$

9. Налаштовуємо вертикальну подачу фрезерного супорта: [6, с.90]

$$s = 2,5 \text{ мм}, i_n = a_2/b_2 = 53/43 - \text{передаточне відношення гітари подачі.}$$

10. Встановлюємо глибину фрезерування. Колесо нарізається за прохід.

Глибина фрезерування:

$$h = 2,2 \cdot m = 2,2 \cdot 2,5 = 5,5 \text{ мм}$$

11. Основний час обробки: [6, с.86]

$$T_0 = \frac{(B + l + l_1) \cdot z}{n \cdot S_0 \cdot k} \quad (3.57)$$

B – ширина зубчастого колеса, що нарізається, $B = 67 \text{ мм}$;

z – кількість шліць колеса, що нарізається, $z = 36$;

l_1 – величина перебігу фрези, для даної операції $l_1 = 0$, l – величина врізання фрези: [6, с.86]

$$l = \sqrt{t(D_\phi - t)} = \sqrt{5,5(100 - 5,5)} = 23 \text{ мм};$$

Де $k = 1$ – кількість заходів фрези.

$$T_0 = \frac{(67 + 0 + 22) \cdot 36}{160 \cdot 1,3 \cdot 1} = 15,4 \text{ хв}$$

4 ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙ З ЧИСЛОВИМ ПРОГРАМНИМ КЕРУВАННЯМ (ЧПК)

4.1 Створення операційного ескізу з зазначенням оброблюємих поверхонь, нуля деталі та нуля різцетримача

Створення операційного ескізу включає в себе вибір найбільш раціональної схеми базування деталі, визначення розрахункових настроювальних розмірів, вибір системи координат.

Конструкція деталі дозволяє здійснити її просте та надійне кріплення в ході операції спеціальним пристроєм. За базові поверхні приймаються: зовнішня циліндрична, яка ставиться у стакан і по якій центрується деталь, торець для упору, протилежний йому торець для затиску, від провороту деталь ставиться на палець.

Така схема базування забезпечує найбільшу точність і жорсткість при обробці і дозволяє обробити всі необхідні поверхні без перевстановлення деталі.

Розглянемо схему базування цієї операції:

Операція 50. Свердлильна з ЧПУ. Свердлильний верстат з ЧПУ МА655-А2.

Обрана схема базування дозволяє поєднати вісь Z верстата з віссю обертання деталі, а вісь X – з торцем, за яким відбувається базування – упор. Це полегшує розрахунок координат опорних точок, тому що вісь X за такої схеми співпадає з однією з основних вимірювальних баз. Також дана схема значно знижує похибку встановлення для поверхонь, які прив'язуються до цієї бази.

Таким чином, початок координат верстата знаходиться на перетині осі обертання деталі та лінії, по якій здійснюється її упор.

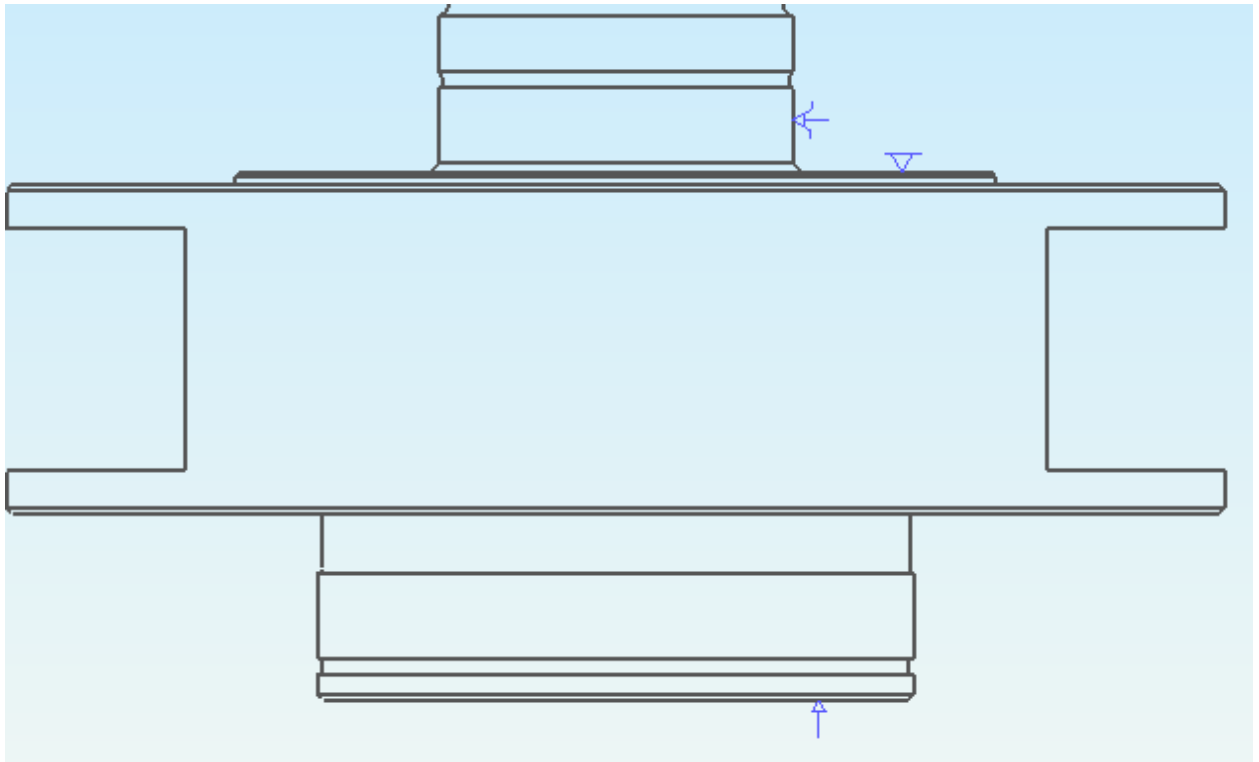


Рисунок 4.1 – Операційний ескіз для операції № 50, свердлильної з ЧПК.

4.2 Визначення настроювальних розмірів

Визначимо розрахункові настроювальні розміри для обробки деталі. Для цього додамо до виконавчих розмірів половину їхнього допуску з відповідним знаком. Результати розрахунків зводимо до таблиці 8.

Таблиця 8 – Розрахункові настроювальні розміри

Операційний розмір	Допуск	Настроювальний розмір
Операція 50		
Діаметральні:		
50 _{-0,62}	0,62	49.38

4.3 Завдання технологічних переходів із описом технологічних команд

Для створення проекту технологічного переходу в системі ADEM, необхідно до контурів деталі, що утворюються в результаті обробки додати припуски, які знімаються в процесі даного переходу (рис. 4.2).

Процес проектування технологічного переходу складається з наступних етапів:

- Створення конструктивного елемента;
- Завдання технологічного переходу;
- Завдання технологічних команд;
- Розташування створених технологічних об'єктів у правильному порядку;
- Розрахунок траєкторії руху інструмента;
- Виконання моделювання процесу обробки;
- Створення керуючої програми.

Конструктивний елемент (КЕ) – це геометричний елемент деталі, що обробляється за один технологічний перехід.

Область – це конструктивний елемент, що задає припуск, який знімається при обробці. Область може бути обмежена одним замкнутим контуром або двома незамкненими контурами (контуром деталі та контуром заготовки).

Для завдання кожного конструктивного елемента необхідно по черзі призначити для них технологічні переходи.

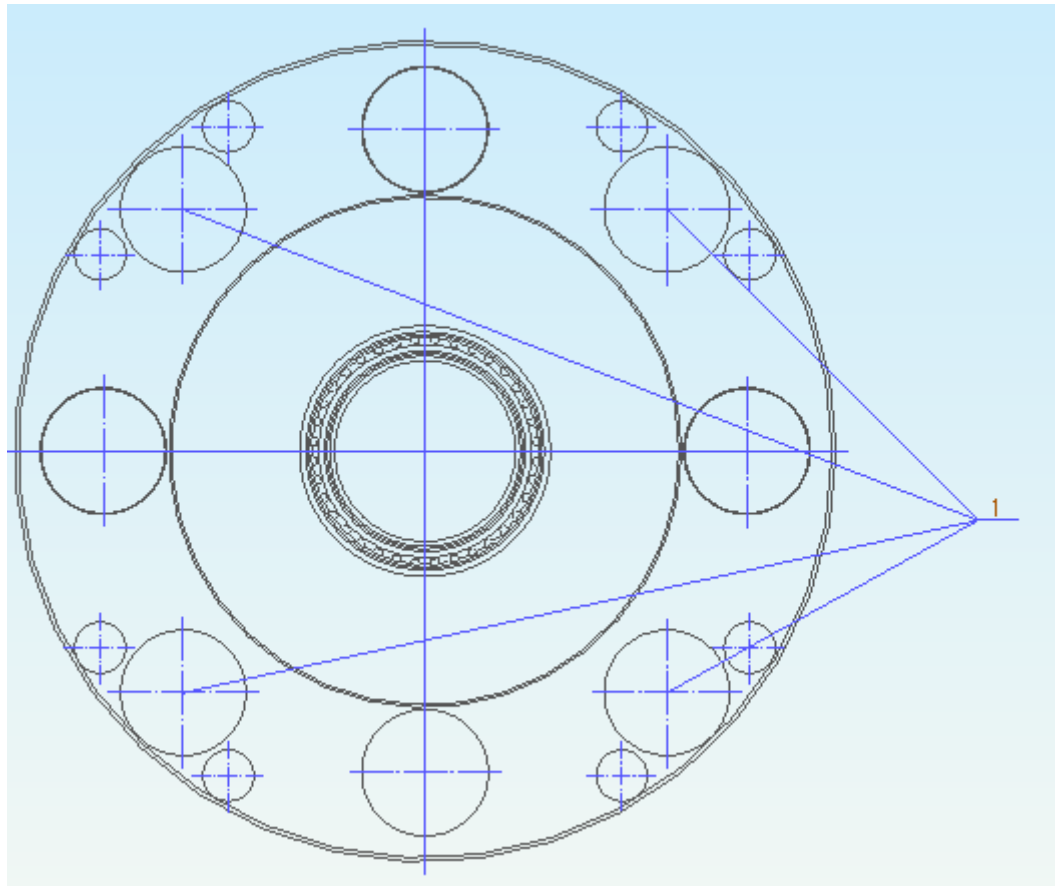


Рисунок 4.2 – Схема утворення областей з припусками.

Область 1 – перехід Свердлити.

Конструктивний елемент – отвір.

Параметри:

- $N = 200$ об/хв;
- подача – 0,8 мм/об;
- недобіг - 2 мм (відстань від інструменту до точки початку обробки, на якому здійснюється перемикання з холостого ходу на подачу врізання);
- перебіг - 1 мм;
- ЗОР - 1 (номер трубопроводу для подачі ЗОР);
- інструмент – свердло 2300-0112 6 ГОСТ 10902-77 Пластина Т15К12В.

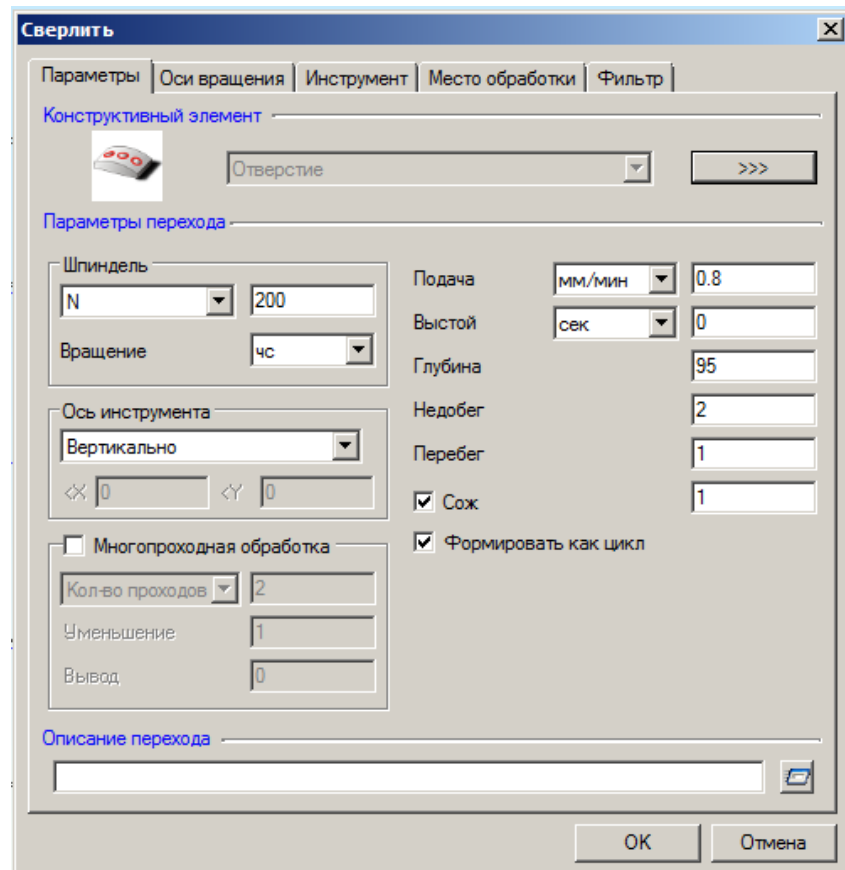


Рисунок 4.3 – Параметры переходу - сверлится

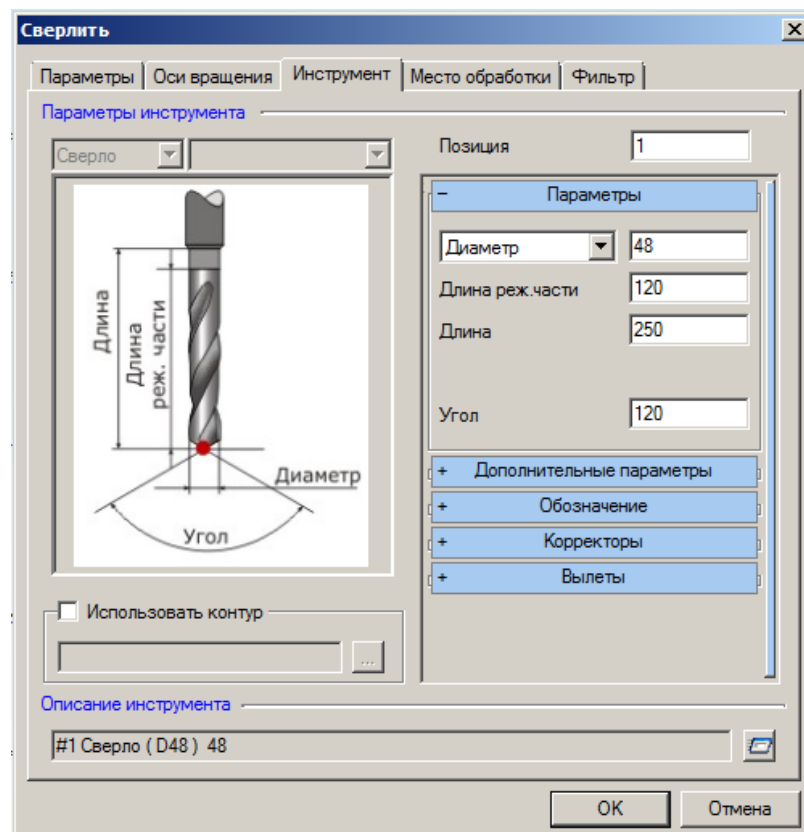


Рисунок 4.4 – Параметры инструменту

Параметри інструментів, прийняті при розрахунку режиму різання, задаються в закладці «Інструмент» (Рис. 4.4)

Для завдання початку циклу обробки необхідно використати команду **Початок циклу**  на панелі **Команд**. Потім у вікні, що відкриється, необхідно ввести координати початку циклу.

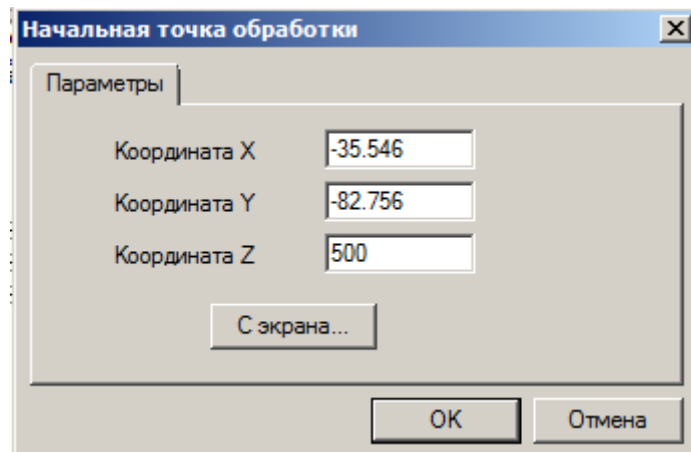


Рисунок 4.5 – Координати вводу початку циклу.

Для зменшення часу на обробку, при заміні інструменту, раціонально застосовувати підвищені подачі переміщення супортів. Однак слід враховувати, що якщо вчасно не зупинити супорт на безпечній відстані від деталі, то виникає небезпека зіпсувати деталь і пошкодити обладнання. Щоб цього не сталося, необхідно задати безпечну позицію інструменту. Для цього необхідно використати команду **Безпечна позиція**  на панелі **Команд**. Потім у вікні, що відкриється, необхідно ввести координати безпечної позиції інструменту (рис.4.6).

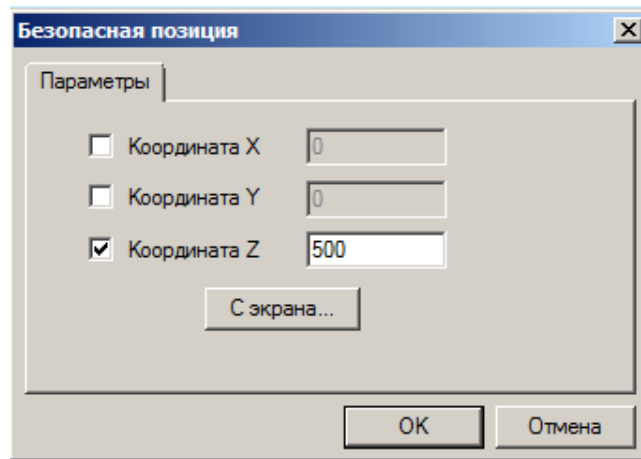


Рисунок 4.6 – Координати вводу безпечної позиції.

Щоб уникнути пошкодження деталі та інструменту при обробці радіальних отворів, необхідно задати площину холостих ходів. Площина холостих ходів – це площина, в якій відбувається безпечне переміщення інструменту під час обробки конструктивних елементів.

Для цього необхідно скористатися командою **Площина холостих ходів**  на панелі **Команд**. Потім у вікні, що відкриється, необхідно вказати площину у якій буде відбуватися переміщення інструменту та координату Z, яка відповідає за величину підйому інструменту над деталлю (рис.21).

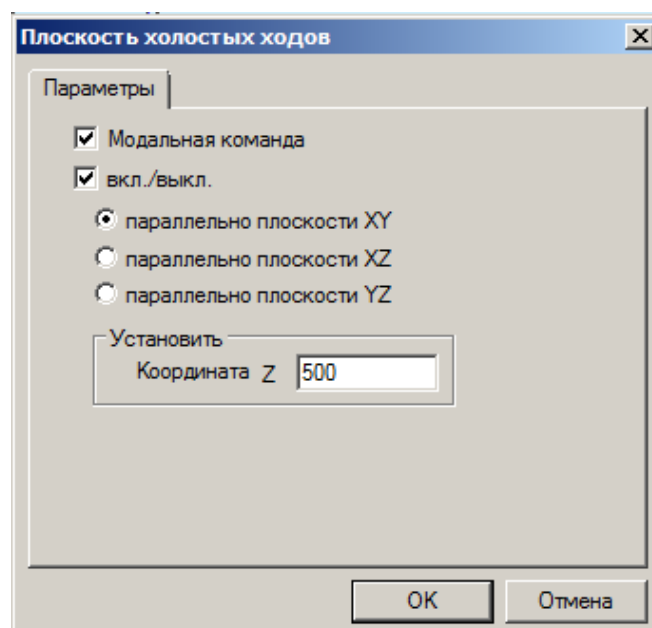


Рисунок 4.7 – Координати вводу площини холостих ходів.

За такою ж послідовністю проектуємо переходи зенкерування і розгортання.

В результаті проектування технологічних переходів було отримано маршрут обробки заданих поверхонь в рамках операції, що розраховується – порядок виконання команд та моделювання технологічних об'єктів (рис.4.8).

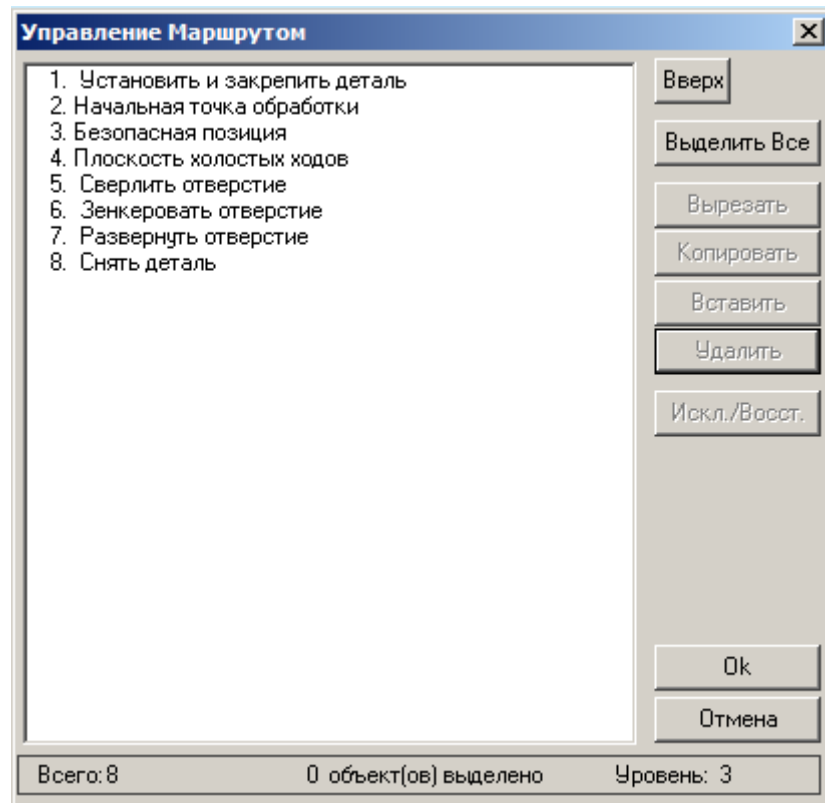


Рисунок 4.8 – Керування маршрутом.

4.4 Вибір схеми обробки та отримання керуючої програми в CLDATA.
Оформлення ескізів траєкторії руху ріжучого інструменту.

Одними з основних факторів, що впливають на технологічність операції та технологічного процесу обробки в цілому, є вибір оптимальних режимів різання та оптимальної траєкторії руху інструменту при багатоінструментальній обробці.

В операції виконуються переходи, що дозволяють свердлити області, застосовуючи свердло. Траєкторія переміщення інструментів від області до області при холостому переході здійснюється прямою, оскільки це найбільш раціональна траєкторія з точки зору економії часу.

Режими різання на обробку було розраховано раніше. Якщо виконувати обробку за розрахованими режимами, час на обробку становить 41,7 хвилин.

Оскільки розраховані раніше режими різання задовольняють умов отримання поверхні, їх ми приймаємо за базові і вважаємо оптимальними.

Повна траєкторія руху ріжучого інструменту для обраної схеми обробки (рис.4.9 та рис.4.10) має такий вигляд:

- вихід з нульового положення;
- підхід до безпечної зони;
- траєкторія робочих та холостих ходів обробки;
- відхід у безпечну зону;
- повернення до нуля.

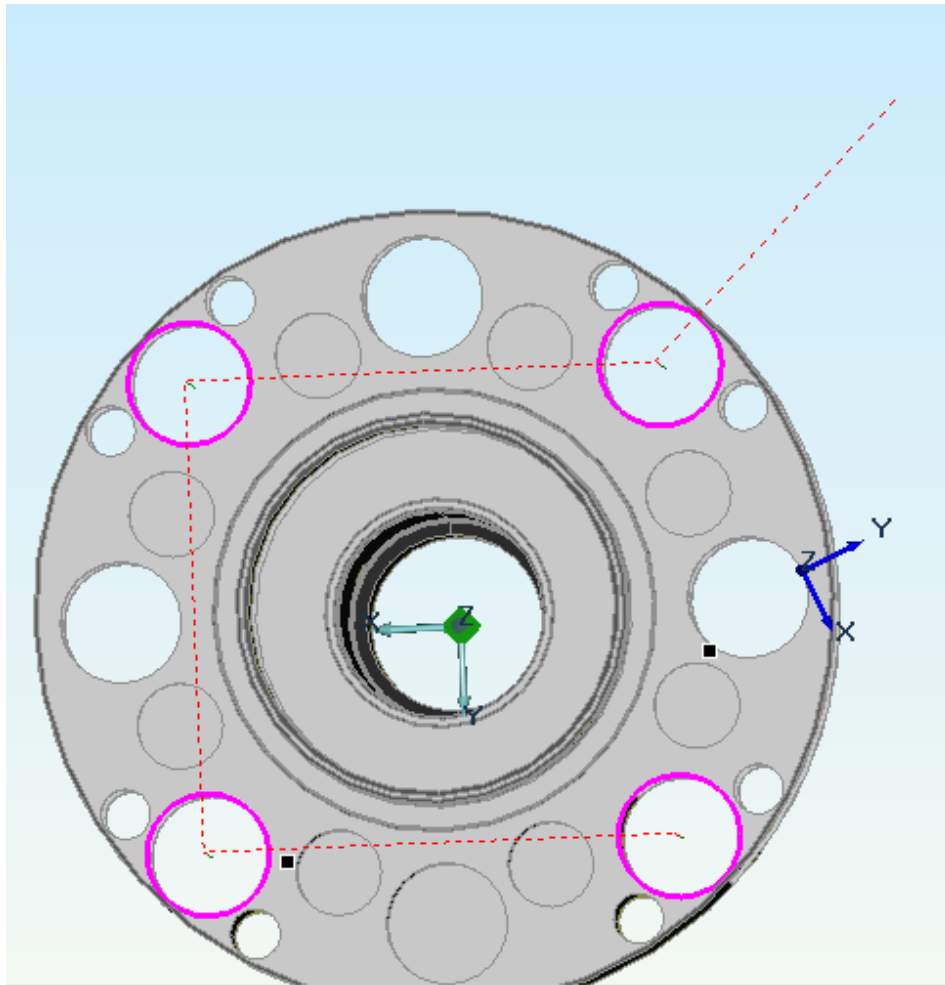
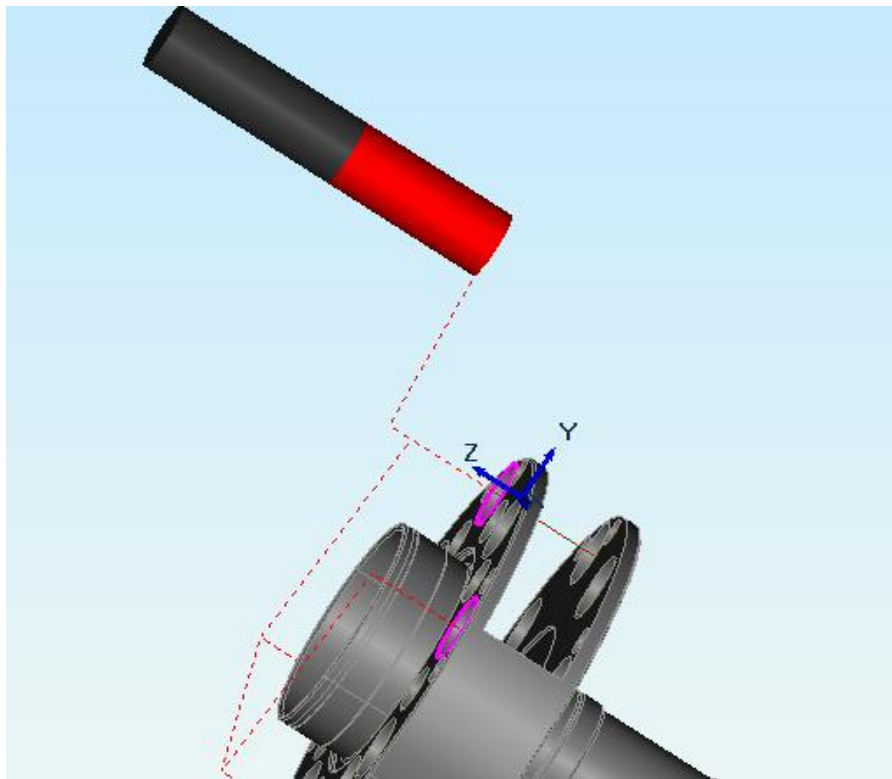
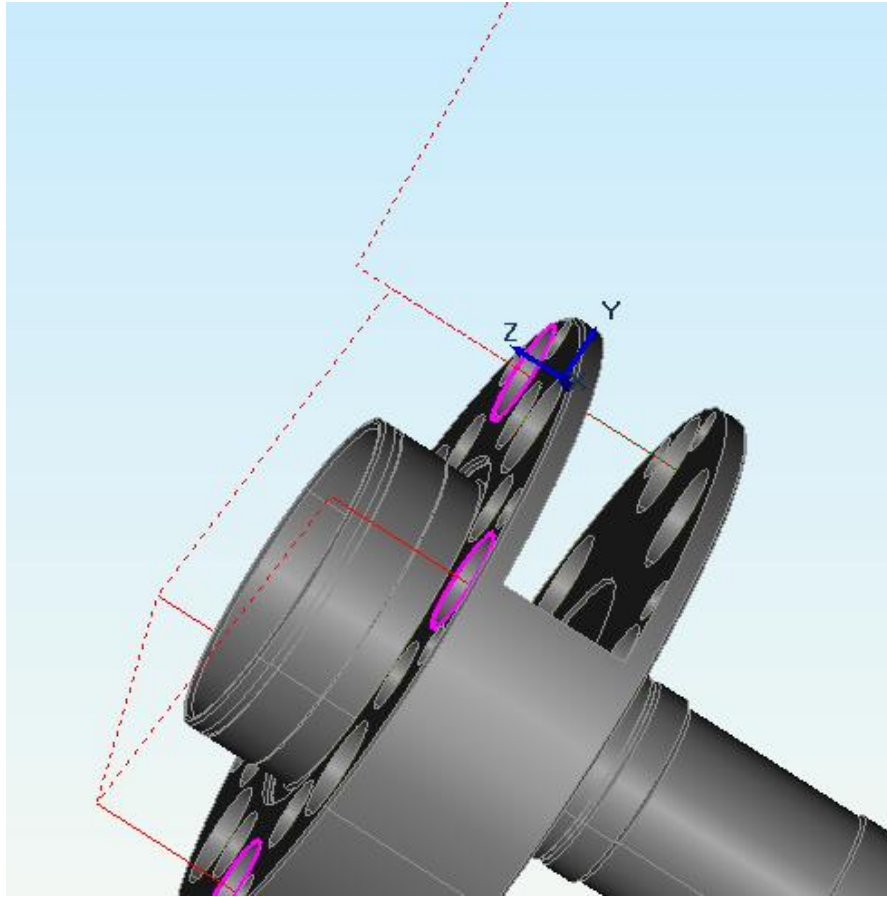


Рисунок 4.9 – Повна траєкторія руху інструменту 2D



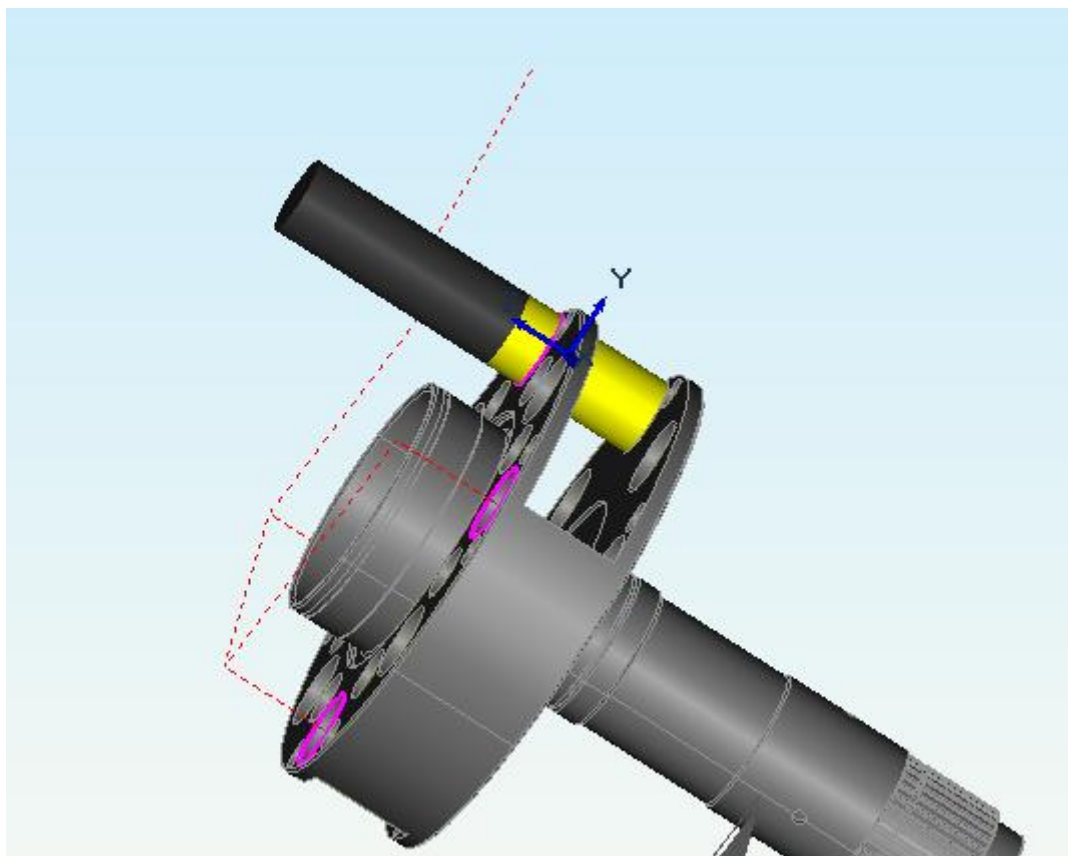


Рисунок 4.10 – Повна траєкторія руху інструменту 3D

Для розрахунку траєкторії руху інструменту виконаємо команду **Розрахувати всі об'єкти**  на панелі **Процессор**. Перегляд відпрацьованої траєкторії обробки здійснюється за допомогою виконання команди **Повне моделювання** на панелі **Моделювання** . Після виконання команди **Розрахувати всі об'єкти** відкривається можливість перегляду файлу **CLDATA**.

CLDATA - це текстовий файл у форматі **ASCII**, що містить команди переміщення інструменту, команди не пов'язані з переміщенням інструменту (наприклад, увімкнення/вимкнення шпинделя, охолодження), довідкову інформацію (назва керуючої програми, модель верстата тощо). Ви можете переглянути файл **CLDATA**, а також транслювати його до керуючої програми для певного виду обладнання за допомогою команди **"Адаптер"**  панелі **Процессор**.

Для перегляду файлу **CLDATA** необхідно натиснути кнопку "**Просмотр CLDATA**"  на панелі "**Вид**". Редагування файлу **CLDATA** здійснюється натиском на кнопку **Редагування CLDATA**  панелі **Процессор**. Для виводу керуючої програми в коді ISO 7-bit необхідно натиснути кнопку **Перегляд керуючої програми**  панелі **Постпроцессор**. Для відображення часу обробки та довжини керуючої програми на перфострічці, необхідно натиснути кнопку **Час та довжина**  на панелі **Постпроцессор**.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи магістра були розглянуті та вирішені наступні питання:

- ознайомилися з конструкцією та службовим призначенням деталі – Корпус сателітів;
- підібрали оптимальний матеріал та вид термічної обробки;
- проведено аналіз методів обробки вільними абразивами та за оптимальний, для оздоблювальної обробки деталі – Корпус сателітів, обраний турбо-абразивний метод обробки.
- шляхом порівняння двох методів отримання зготовки був підібраний оптимальний метод, а саме той при якому коефіцієнт використання матеріалу забезпечується вищий;
- проведено аналіз деталі на технологічність;
- розроблено обґрунтування технологічних баз та розрахунок припусків на механічну обробку, для декількох поверхонь деталі;
- розроблено маршрут обробки деталі – Корпус сателітів;
- розраховані режими різання та оформлені технологічні карти, для декількох операцій з маршруту обробки;
- спроектована операція з числовим програмним керуванням.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Богуслаєв В.О. Технологія виробництва авіаційних двигунів: Ч. 3. Методи обробки деталей авіаційних двигунів / В.О. Богуслаєв, О.Я. Качан, Яценко В.К. та ін. — Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2008. — 639 с.
2. Конструкційні матеріали: Довідник/ під. ред. Б. Н. Арзамасова - М.: Машинобудування, 1990. - 688с.
3. Короткий довідник з машинобудівних матеріалів:/ під. ред. інж. В. М. Раскатова - М.: Машинобудування, 1963. - 440с.
4. Геллер, Ю.А. Інструментальні сталі / Ю.А. Геллер. - Вид. 4-те, перероб. та дод. - М.: Металургія, 1975. - 584с.
5. Справочник технолога — машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 1 т.: ил.
6. Справочник технолога — машиностроителя / под ред. А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова. — Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1986. — 2 т.: ил.
7. Справочник нормировщика-машиностроителя / в 4-х т./под. ред. Е.И. Стружестрах. — М., Т.2. 1961. — 890 с.
8. Горбацевич, А.Ф., Курсовое проектирование по технологии машиностроения / Учебное пособие для спец. вузов / А.Ф. Горбацевич, В.А. Шкред. — 4-е изд., перераб. и доп. — Минск: Высшая школа, 1983.—256.
9. 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.
10. Общемашиностроительные нормативы времени. — М.: Машиностроение, 1974.

11. Павлюкова Н.Л. Підвищення ефективності обробки художніх виробів з мідних сплавів вільними абразивами / Н.Л. Павлюкова, В.А. Полетаєв, М.Ю. Волкова; ГОУВПО «Іванівський державний енергетичний університет імені В.І. Леніна». - Іваново, 2010. - 100 с.
12. Тамаркін В.О. Технологічні засади оптимізації процесів обробки деталей вільними абразивами. Дис. докт. техн. наук. - Ростов-на-Дону, 1995. - 285с.
13. Карташов І. Н. Обробка деталей вільними абразивами у вібруючих контейнерах / І.М. Карташов, М.Є. Шаїнський, В.А. Власів. - К.: Вища школа, 1975. - 188 с.
14. Кулаков Ю. М. Оздоблювально-зачистна обробка деталей/Ю.М. Кулаков, В.А. Хрульков - М.: Машинобудування, 1979. - 216 с.
15. Калмиков М. А. Підвищення ефективності процесу вібраційної обробки великогабаритних виробів: дис. ... канд. тех. наук: 05.03.01 / Калмиков Михайло Олександрович. - Луганськ, 2005. - 223 с.
16. Мосталигін Г. П. Технологія машинобудування / Мосталигін Г.П., Толмачевський Н.М. - М.: Машинобудування, 1990. - 288 с.
17. Горобець В.В. Технологія виробництва рідинних ракетних двигунів/ В.В. Горобець, В.Б. Логінов - М.: Вид-во МАІ, 2001. - 496 с.
18. Бранспіз Є.В. Підвищення ефективності віброабразивної обробки шляхом раціонального вибору основних параметрів: дис. канд. тех. наук: 05.03.01 / Бранспіз Олена Володимирівна. - Луганськ, 2001. - 265 с.
19. Машинобудування. Енциклопедія: 40 т. / [Ред. порада: К.В. Фролов (перед.) та ін.]. - М.: Машинобудування, 2000. - Т. 3: Технологія виготовлення деталей машин / А.М. Дальський, А.Г. Суслов, Ю.Ф. Назаров та ін; За заг. ред. А.Г. Суслова. 2002. - 840 с.
20. Триліський В.О. Об'ємна відцентрово-ротаційна обробка деталей/В.О. Триліський, І.Є. Бурштейн, В.І. Алфьоров// Огляд. - М.: НДІМАШ, 1983. - 52 с.

21. Триліський В.О. Технологія та обладнання для об'ємної відцентрово-ротаційної обробки деталей / В.О. Триліський, В.П. Вейнов, В.В. Панчурін - М., 1989. - 40 с.
22. Алексєєв А.Г. Технологія конструкційних матеріалів/А.Г. Алексєєв - Санкт-Петербург: Політехніка, 2005. - 597 с.
23. Чирков О.І. Вдосконалення технології шпиндельної відцентрово-ротаційної обробки деталей: Дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Чирков Олег Ігорович. - Пенза, 2005. - 197 с.
24. Звіряльників А.В. Вдосконалення технології шпиндельної обробки деталей при ущільненні шліфувального матеріалу зовнішнім тиском: Дис... канд. техн. наук: 05.02.08 / Звіряльників Анатолій Володимирович. - Пенза, 2004. - 270 с.
25. Massarsky M. Turbo-abrasive machining and finishing / M. Massarsky, D. Davidson // Metal Finishing — 1997. — №95. — P. 29.