

Хмельницький національний університет

Факультет: інженерії транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи бакалавра

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: Технологія виготовлення деталі "Корпус 150.800-012"
з використанням верстатів з ЧПК

Виконав студент групи ПМТзс-19-1 _____ (М.П. Миколайчук)

Керівник магістерської роботи: _____ (М.М. Косіюк)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри _____ (В.П. Ткачук)

29 06 2022_р.

Хмельницький – 2022 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу студента
Миколайчук Микола Петрович

Тема проекту: «Технологія виготовлення деталі "Корпус 150.800-012" з використанням верстатів з ЧПК»

Тема дипломної роботи та її зміст відповідають завданню, вона містить всі розділи згідно завдання.

У дипломній роботі студент проаналізував конструкцію обраної деталі, її технологічність та визначив тип виробництва.

Обрав (економічно обґрунтувавши) метод отримання заготовки, а у подальшому був розроблений новий технологічний процес механічного оброблення деталі «Корпус» з використанням сучасного устаткування із ЧПК.

Розраховані припуски на обробку, визначені режими різання, норми штучного часу. Всі прийняті рішення технологічного розділу підкріплені відповідними розрахунками і виконані на високому інженерному рівні.

У конструкторській частині розроблено конструкцію пристрою для фреерувальної операції, спроектовано калібри для контролю.

Графічна частина виконана у відповідності з вимогами ЕСКД та ДСТУ, розділи розрахунково-пояснювальної записки оформлені з виконанням основних вимог ЕСТД та ДСТУ на досить високому рівні.

Все це свідчить про високий рівень дипломника як сформованого молодого спеціаліста.

До недоліків роботи можна віднести розділення на дві операції 030 і 035 (фрезерну і свердловальну) оброблення поверхонь, які могли б бути оброблені за один установ.

Дипломна робота виконана згідно завдання та у повному обсязі на високому технічному рівні та заслуговує оцінки «добре».

Рецензент: К.т.н., доц кафедри загальної машинобудування і
агротехніки Білик Ю.М.

« 29 » « 06 » 2022 р.

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: «Технологія виготовлення деталі "Корпус 150.800-012" з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: Миколайчук Микола Петрович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

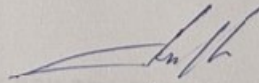
Науковий керівник: Косіюк Микола Миколайович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Є співпадання із титульним листом, завданням, змістом, списком використаних джерел. Також є співпадання із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділі охорони праці, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту.	Рівень унікальності тексту високий

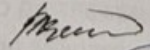
Підтвердження:

завідувач кафедри



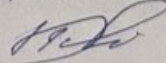
Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми



Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи



Микола КОСІЮК

29.06.22
Дата

Підписи

Завідувачу кафедри

Михайлова Максим Юрійович
доценту Ткачуку В.І.
здобувача вищої освіти (студента)
ПІБ, факультет, «курс», «група»
Миколабурса М.П.
сб зр ПЛВІЗс - 19 - 2
П.М.А

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповіщений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

22.06.22

дата

М.П.А

підпис

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	6
1.1 Завдання	6
1.2 Службове призначення та технічна характеристика деталі	6
1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі	9
1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	14
2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки	14
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	16
2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі	24
2.4 Розрахунок режимів різання	25
2.5 Технічне нормування операцій	28
2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК	34
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	39
3.1 Аналіз застосовуваних засобів технологічного оснащення	39
3.2 Розрахунок конструкції спеціальних верстатних пристроїв	40
3.3 Проектування спеціального контрольно-вимірювального калібру	50
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	53
4.1. Вимоги щодо використання промислового устаткування	53
4.2. Металообробні верстати фрезерної групи	55
ВИСНОВКИ	58
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	59
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Машинобудування являється важливою галузю промисловості. Його продукція – машини різного призначення поставляються всім галузям економіки. Зростання промисловості, а також темпи переозброєння їх новою технікою в значній мірі залежать від рівня розвитку машинобудування. Технічний прогрес в машинобудуванні характеризується не тільки покращенням конструкції машини, але і неперервним вдосконаленням технології їх виробництва. В нинішній час, час переходу до ринкових відносин, машинобудуванню відводиться ведуча роль в справі технічного переозброєння і реконструкції промислових підприємств, переводу їх на новий більш високий технічний рівень і вирішенню на цій основі проблеми підвищення якості продукції.

Машинобудування покликано створювати сучасну техніку і технологію для власних потреб і потім на цій основі забезпечувати виробництво нової техніки для всіх інших галузей народного господарства, що і дозволить в остаточному підсумку здійснити його реконструкцію. В машинобудуванні в останні роки діються істотні зміни в застосовуваній техніці і технології.

В подальшому буде розширюватись сфера застосовування гнучких виробничих систем (ГВС), автоматичних ліній (АЛ), устаткування із встроєними мікропроцесорами, верстатів з ЧПК, роторних комплексів, оброблюючих центрів, робототехніки.

Важливо якісно, дешево і з мінімальними затратами живої і упредметненої праці виготовити машини, застосував високопродуктивне устаткування, технологічну оснастку, засоби механізації і автоматизації виробництва. Від прийнятої технології виробництва в більшості залежить надійність роботи машин, які виготовляються, а також економіка їх експлуатації. Розвиток нових прогресивних технологічних методів сприяє конструюванню більш досконалих машин, зниженню їх собівартості і зменшенню затрат праці на їх виготовлення.

Предметом технології машинобудування являється вчення про виготовлення машин даної якості в установленій програмою випуска кількості

при найменших затратах матеріалів, мінімальній собівартості і високій продуктивності праці.

Однією із головних задач технології машинобудування являється вивчення закономірностей протікання технологічних процесів і виявлення параметрів, діючи на які можна інтенсифікувати виробництво і підвищити його точність. Значення цих закономірностей являється основною умовою раціонального проектування технологічних процесів і застосування ЕОМ, які забезпечують скорочення термінів проектування, полегшення праці технологів, і отримання оптимальних варіантів проектуємих технологічних процесів.

Лише на базі цих закономірностей можуть вирішуватись задачі автоматизації виробництва в кожному конкретному випадку прийнятий варіант автоматизації повинен підтверджуватись точними технологічними і економічними розрахунками. При виконанні дипломного проекту прийняття рішень по вибору варіантів технологічного процесу, устаткування, оснастки, методів отримання заготовок проводиться на основі техніко–економічних розрахунків, що дає можливість запропонувати оптимальний варіант. При проектуванні особлива увага приділяється самостійній творчості студента з ціллю розвитку його ініціативи у вирішенні технічних і організаційних задач, а також детального і творчого аналізу існуючих технологічних процесів.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Завдання

У деталі «Корпус» з усіма технічними вимогами, річна програма випуску деталей, робочий креслення заготовки. Тип виробництва – середньо серійний.

Для розробки технологічного процесу необхідні дані, наявні у довідниках та нормативах машинобудування.

1.2. Службове призначення та технічна характеристика деталі

Деталь «Корпус» входить у вузол гідроапаратури, і є корпусом гідравлічного клапана, в який встановлюються клапан, ущільнення та інші елементи вузла.

Основними конструктивними базами деталі є лівий торець та різьба $M45 \times 1,5-8g$, за допомогою яких деталь кріпиться до панелі вузла гідроапаратури.

Для ущільнення від витoku масла з корпусу в ньому передбачена торцева канавка $\varnothing 41,8H9 \times 3$, яка спрягається з ущільнюючими кільцями патрубку гідропанелі та повинна бути співвісною (для кращого ущільнення) з різьбою $M45 \times 1,5-8g$ (відхилення від співвісності не більше 0,1 мм).

Права частина корпусу має центральний отвір $\varnothing 16H11$, куди вставляється втулка, що служить для спрямування клапана.

Інші елементи та поверхні корпусу є менш відповідальні та призначені формування тіла деталі.

Конфігурації деталі та зазначені вище вимоги дозволяють віднести дану деталь до класу корпусів.

В цілому деталь призначена для координації спряжених деталей (клапана втулки, кришки та ін.) вузла гідроапаратури та виготовляється з низьколегованої сталі 40Х, яка має достатньо високі механічні характеристики та дозволяє уникнути корозії під час експлуатації.

Основні елементи та поверхні деталі «корпус» показані на рис 1.1, а їх характеристики приведені у табл. 1.1.

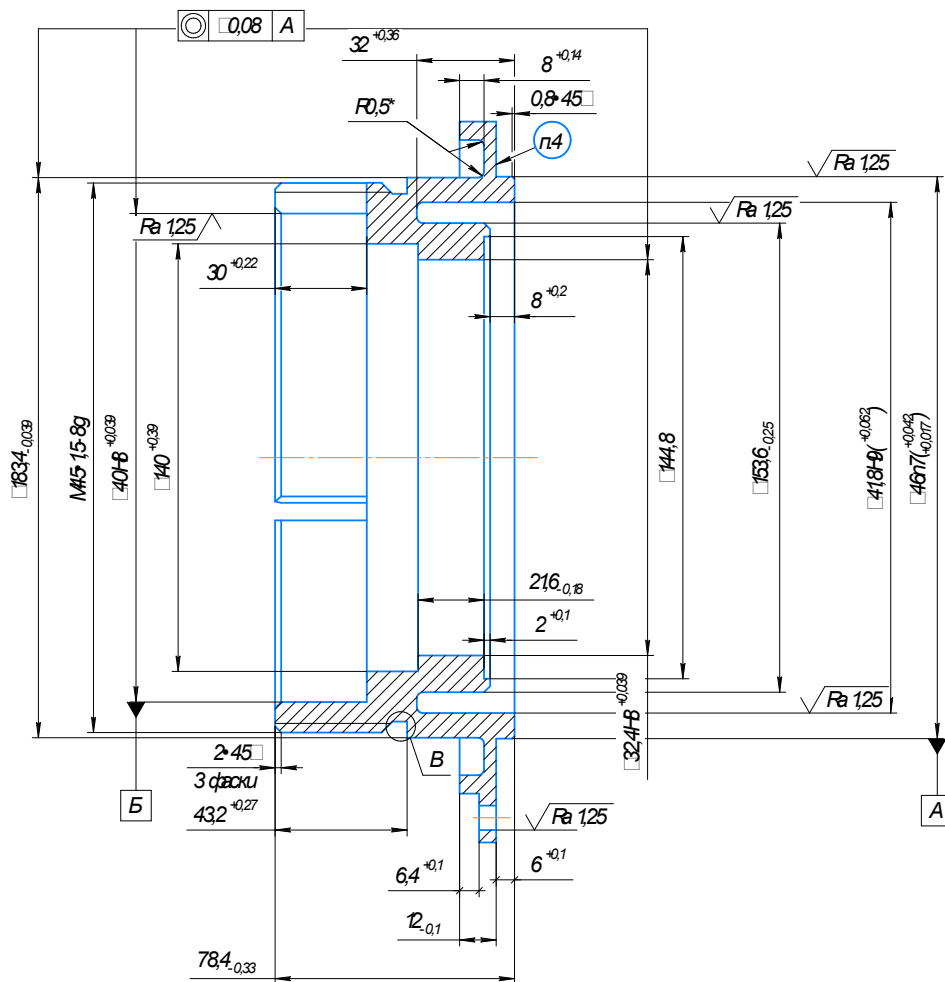


Рисунок 1.1 Деталь корпус

Таблиця 1.1 – Основні елементи вала та їх характеристики

№ п/п.	Назва елемента	Кваліте т точност і	Шорсткість $R_A, \mu\text{м}$	Призначення поверхні
1.	Торець	IT14/2	6,3	Конструктивний елемент
3.	Різьба	6g	3,2	Конструктивний елемент
4.	Гладка циліндрична поверхня	h7	1,6	Посадочна поверхня
5.	Гладка циліндрична поверхня	k6	0,8	Посадочна поверхня

6.	Гладка циліндрична поверхня	p6	1,6	Посадочна поверхня
7.	Гладка циліндрична поверхня	h14	6,3	Конструктивний елемент
8.	Гладка циліндрична поверхня	h14	6,3	Конструктивний елемент
9.	Циліндричний отвір	H7	0,8	Посадочна поверхня
10.	Фаска	IT14/2	6,3	Технологічний елемент

Робоче креслення деталі вал приведене у додатку. Робоче креслення розроблене на основі складального креслення (завдання). Воно містить усі необхідні види і перетини, необхідні для розуміння технології виготовлення

корпуса відповідно до ДСТУ 2.109–94 "Основні вимоги до робочих креслень."

При виготовленні вала необхідно забезпечити наступні розміри, допуски, шорсткості:

1) циліндрична поверхня $\varnothing 46_{p7}$ при шорсткості $Ra=1,6\text{мкм}$, що обумовлено точністю базування і для подальшої посадки певного елемента.

2) циліндрична поверхня $\varnothing 32,4_{H8}$ при шорсткості $Ra=0,8\text{мкм}$, що обумовлено точністю базування шарикопідшипника.; відхилення геометричної форми поверхні – радіальне биття у подовжньому перерізі приймаємо рівним $0,02\text{мм}$

3) циліндрична поверхня $\varnothing 40_{H8}$ при шорсткості $Ra=1,6\text{мкм}$, відхилення геометричної форми поверхні – циліндричність у подовжньому перерізі приймаємо рівним $0,02\text{мм}$; співвісність $0,03\text{мм}$.

4) нарізання різьби наверхні $M45 \times 1.5_{8g}$ (поле допуску для метричної різьби з зазором середнього класу точності).

5) виконати канавки для виходу шліфувального круга

6) на інші розміри встановлюємо допуски згідно h14, H14 чи $\pm IT14/2$.

1.3 Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції деталі проводимо по рекомендаціях, викладеним у [4].

Форма розглянутої деталі досить проста, складається з нормалізованих поверхонь і типових для деталей класу валів.

Конструкція деталі типу “Корпус” є технологічною, так як вона містить лише найпростіші поверхні, які виготовляються лише стандартними інструментами по типових технологічних схемах.

Деталь містить кілька ступеней, які за своїми діаметральними розмірами особливо не відрізняються. Даний момент дає змогу зменшити величину відходу матеріалу в процесі механічної обробки різанням. Елементи деталі такі як шпоночні пази, канавки, різь, торцеві отвори є необхідними, так як виконують технологічні функції.

Матеріалом для виготовлення деталі являється конструкційна Сталь 40Х ДСТУ 1050–98, яка є широкодоступним конструкційним матеріалом, і здатна задовільнити вимоги поставлені до деталі.

Головною базою в деталі є її вісь обертання, яка за допомогою центрових отворів широко використовується при обробці деталі, а також для її контролю. Допоміжними базами є зовнішні циліндричні поверхні та торці деталі. Торці також є конструктивними базами.

При виготовленні деталі широко можна використовувати типові та стандартні технологічні процеси, а також застосовувати при обробці деталі універсальне обладнання, що значно збільшує можливість її виготовлення. Більшість розмірів можуть бути визначені прямо, без перерахування при зміні баз.

В цілому деталь є дуже проста і не вимагає ніяких складних пристроїв чи верстатів для її виготовлення.

Відповідно до стандартів ЕСТПП 14.201–83 технологічність деталі оцінюється такими коефіцієнтами:

Коефіцієнт точності обробки

$$K_{y.тн.} = \frac{K_{б.тн.}}{T_{тн.}}, \quad (1.1)$$

де $K_{б.тн.}, K_{тн.}$ – базовий та досягнутий коефіцієнти.

$$K_{тн.} = 1 - \frac{1}{T_{cp.}}, \quad (1.2)$$

де $T_{cp.}$ – середній квалітет точності обробки деталі.

$$T_{cp.} = 1 - \frac{\sum T_{n1}}{\sum n1} = \frac{n_1 - 2n_2 + 3n_3 + \dots + Tn_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i}, \quad (1.3)$$

де n_1 – число розмірів відповідного квалітету точності;

T – квалітет точності.

$$T_{cp.} = \frac{7 \times 1 + 8 \times 5 + 9 \times 1 + 10 \times 1 + 12 \times 8 + 13 \times 11 + 14 \times 8}{35} = \frac{415}{35} = 11,86;$$

$$K_{тн.} = 1 - \frac{1}{11,86} = 0,91.$$

Оцінка коефіцієнта точності задовільна в межах 0,85...0,92.

$$K_{y.тн.} = \frac{0,91}{0,91} = 1.$$

Коефіцієнт технологічності за точністю шорсткості поверхні

$$K_{y.ш.} = \frac{K_{б.ш.}}{K_{ш.}}, \quad (1.4)$$

де $K_{б.ш.}, K_{ш.}$ – базовий та досягнутий коефіцієнти шорсткості поверхні.

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{cp.}} = \frac{\sum n_{im}}{\sum Ш n_{im}}, \quad (1.5)$$

де $Ш_{cp.}$ – середня шорсткість.

$$Ш_{cp.} = \frac{\sum Ш n_{im}}{\sum n_{im}} = \frac{n_1 + 2n_2 + 3n_3 + \dots + 14n_i}{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i}, \quad (1.6)$$

де $Ш$ – шорсткість поверхні за одним із показників, мкм.;

n_{im} – число поверхонь відповідної шорсткості.

$$Ш_{cp.} = \frac{\sum Ш n_{im}}{\sum n_{im}} = \frac{4 \times 6 + 5 \times 31}{41} = 4,37;$$

$$K_{ш.} = \frac{1}{Ш_{cp.}} = \frac{1}{4,37} = 0,23.$$

Так як $K_{ш}$ досить низький то можна сказати , що деталь по $K_{ш}$ є досить технологічна.

Хімічний склад та механічні властивості деталі (рис.1.1) приведені в табл. 1.2 та 1.3.

Таблиця 1.2 – Хімічний склад матеріалу деталі (сталі 40ХЛ ДСТУ 4543–98)

C	Cr	Si	Mn	Ni
0,36–0,44	0, 8=1,1	0,17–0,37	0,50–0,80	–

Таблиця 1.3 – Механічні властивості матеріалу деталі (сталі 40ХЛ ДСТУ4543–98)

σ_T	σ_B	δ_5 ,	ψ ,	a_n ,	<i>НВ</i>
МПа	МПа	%	%	кДж/см ²	
800	1000	10	45	6	197...247

1.4 Вибір типу виробництва та організаційної форми

Тип виробництва по ДСТУ 3.1108–94 характеризується коефіцієнтом закріплення операції $K_{з.о.}$, котрий показує відношення всіх різноманітних технологічних операцій, виконуваних або належаних виконанню підрозділом на протязі місяця, до числа робочих місць.

Так як $K_{з.о.}$ виражає періодичність обслуговування робочого всією необхідною інформацією , а

а також забезпечення робочого місця всіма необхідними речовими елементами виробництва, то

$K_{з.о.}$ оцінюється тільки до явочного числа робочих підрозділів із розрахунку на дві зміни:

$$K_{з.о.} = \frac{\sum \Pi_0}{O},$$

де $\sum P_0$ – сумарне число різноманітних операцій; O – явочна кількість робочих підрозділів, які виконують різні операції.

Обсяг випуску деталей

$$N = N_1 \times m \times \left(1 + \frac{\alpha}{100}\right) \times \left(1 + \frac{\beta}{100}\right), \quad (1.7)$$

де N_1 – річний обсяг випуску деталей, 7500 шт;

m – кількість деталей даного найменування на виріб, $m=1$ шт;

α – відсоток запасних частин, $\alpha=1-2\%$;

β – відсоток технологічних втрат, $\beta=0,5-1\%$.

$$N = 7500 \times 1 \times \left(1 + \frac{2}{100}\right) \times \left(1 + \frac{1}{100}\right) = 7726 \text{ шт.}$$

Тип виробництва

Тип виробництва визначається за коефіцієнтом серійності

$$k_c = \frac{t_B}{T_{\text{ср.шт.}}}, \quad (1.8)$$

де t_B – такт випуску виробу, хв/шт;

$T_{\text{ср.шт.}}$ – середній штучний час за операціями, що діє на виробництві або аналогічного технологічного процесу, хв.

Такт випуску виробів

$$t_B = \frac{F_g \times 60}{N}, \quad (1.9)$$

де F_g – дійсний річний фонд часу роботи обладнання, $F_g=4015$ год;

N – річна програма випуску деталей, шт.

$$t_B = \frac{4015 \times 60}{7726} = 3,12.$$

Середньо-штучний час

$$T_{\text{шт.ср}} = \frac{\sum T_{\text{шт.}}}{n}, \quad (1.10)$$

де $\sum T_{\text{шт}}$ — сумарний штучний час на виготовлення деталі, $\sum T_{\text{шт}}=10,37$ хв.

$$T_{\text{шт.ср}} = \frac{10,37}{5} = 2,07 \text{ хв.}$$

$$k_c = \frac{3,12}{2,07} = 1,51.$$

Згідно з довідником [1] K від 1 до 10, тип виробництва крупносерійний.

Визначимо, скільки деталей необхідно в партії для одночасного запуску в умовах великосерійного виробництва.

$$n = \frac{N \times a}{F}, \quad (1.11)$$

де a – число днів, на яке необхідно мати запас деталей, $a=5$ днів;

F – число робочих днів на рік, $F = 250$ днів.

$$n = \frac{77265 \times 5}{250} = 1545 \text{ деталей.}$$

Визначимо розрахунковим способом число змін на обробку партії деталей на ділянці

$$C = \frac{T_{шт.сп} \times n}{480 \times 0,8}, \quad (1.12)$$

де $T_{шт.сп}$ – середній штучний час на кожній операції, $T_{шт.сп}=2,07$ хв.

$$C = \frac{2,07 \times 1545}{480 \times 0,8} = 6,63.$$

Приймаємо дві робочі зміни на обробку партії деталей.

Прийнята кількість деталей у партії

$$n_{пр} = \frac{C_{пр} \times 480 \times 0,8}{T_{шт.сп}}, \quad (1.13)$$

де $C_{пр}$ – прийняте число змін.

$$n_{пр} = \frac{2 \times 480 \times 0,8}{2,07} = 371 \text{ деталь.}$$

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір виду і способу отримання заготовки

Як вихідний матеріал для виготовлення деталі використовується Сталь 40ХЛ ДСТУ 977–98.

Вибір цього матеріалу обумовлений вимогами представленої деталі. Матеріал деталі має високі ливарні та пластичні властивості, що дуже важливо при отриманні вилівка. У проєктованому технологічному процесі в якості заготовки застосовуються вилівки, отримані литтям по моделям, що виплавляються.

Дана заготовка має центральний наскрізний отвір, а також частину простих і складних поверхонь, що піддаються механічній обробці. Вилівки, отримані таким способом, відрізняються високою чистотою поверхні та точністю.

У базовому технологічному процесі в якості заготовки застосовується сортовий прокат. Як альтернативний варіант пропонується вибрати метод отримання заготовки методом лиття за моделями, що виплавляються. Даний метод лиття економічно доцільно для серійного та масового виробництва точних вилівок. Розрахуємо вартість заготовок, отриманих обома методами та річний економічний ефект від зміни операції отримання заготовки, а також порівняємо коефіцієнт використання матеріалу КІМ для обох випадків.

Вартість вилівка визначається за формулою:

$$S_{\text{заг.отл.}} = \left(\frac{C_3}{1000} \times Q \times K_T \times K_C \times K_B \times K_M \times K_{\Pi} \right) - (Q - q) \times \frac{S_{\text{отх}}}{1000}, \quad (2.1)$$

де C_3 – вартість 1 тонни матеріалу, згідно з прейскурантом, отриманих з прокату та методу лиття за виплавлюваними моделями грн., $C_6=45000$ грн;

Q – маса заготовки, кг; $Q_6=0,70$ кг, $Q_{\Pi}=0,125$ кг;

q – маса готової деталі, кг; $q=0,081$ кг ;

$K_T, K_C, K_B, K_M, K_{\Pi}$ — коефіцієнти, що залежать від класу точності, групи складності, маси, марки матеріалу та обсягу виробництва заготовок, за довідником [1]:

$K_T = 1,0; K_C = 2,1; K_B = 1,0; K_M = 1,1; K_{II} = 1,0.$

$S_{отх}$ – вартість однієї тонни відходів, грн; $S_{отх} = 33840$ грн.

$$S_{заг.н} = \left(\frac{45000}{1000} \times 0,125 \times 1,0 \times 2,1 \times 1,0 \times 1,1 \times 1,0 \right) - (0,125 - 0,081) \times \frac{33840}{1000} = 115,1 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки з прутка визначається за формулою:

$$S_{заг} = M + C_{оз}, \quad (2.2)$$

де M – витрати на матеріал заготовки, грн;

$C_{оз}$ – технологічна собівартість різання на штучні заготовки.

$$C_{оз} = C_{п.з.} \times T_{шт}, \quad (2.3)$$

де $C_{п.з.}$ – наведені витрати на робочому місці, грн/год;

$T_{шт}$ – штучний чи штучно–калькуляційний час виконання

заготовлювальної операції, год.

$$C_{оз} = 194,2 \times 0,33 = 64,1 \text{ грн/год.}$$

Витрати на матеріал визначаються за масою прокату, потрібного на виготовлення деталі, і масою стружки, що здається.

$$M = Q \times S - (Q - q) \times S_{отх}, \quad (2.4)$$

де Q – маса заготовки, кг;

S – ціна 1 кг матеріалу заготовки, грн;

q – маса готової деталі, кг;

$S_{отд}$ – ціна 1 кг відходів, грн.

$$M = 0,7 \times 45 - (0,7 - 0,081) \times 384 = 105 \text{ грн.}$$

$$S_{заг.БАЗ} = 105 + 64,1 = 169,6 \text{ грн.}$$

Економічний ефект для зіставлення способів одержання заготовок визначається за формулою:

$$\mathcal{E}_{заг} = (S_{заг.б} - S_{заг.н}) \times N, \quad (2.5)$$

де $S_{заг.б}, S_{заг.н}$ – вартості заготовок за базовим та проектованим варіантом,

грн;

N_T – річна програма випуску деталей, шт; $N_T = 7726$ шт.

$$\mathcal{E}_{заг} = (16,96 - 11,51) \times 77265 = 42109 \text{ грн.}$$

Розрахуємо коефіцієнт використання матеріалу базового (заготовка з прокату) та проектованого (виливка) технологічних процесів

$$KBM_B = \frac{0,081}{0,700} = 0,12;$$

$$KBM_{II} = \frac{0,081}{0,125} = 0,65.$$

$$\frac{KBM_{II}}{KBM_B} = \frac{0,65}{0,12} = 5,4.$$

З розрахунку видно, що коефіцієнт використання матеріалу для проектованого технологічного процесу значно вищий за базовий.

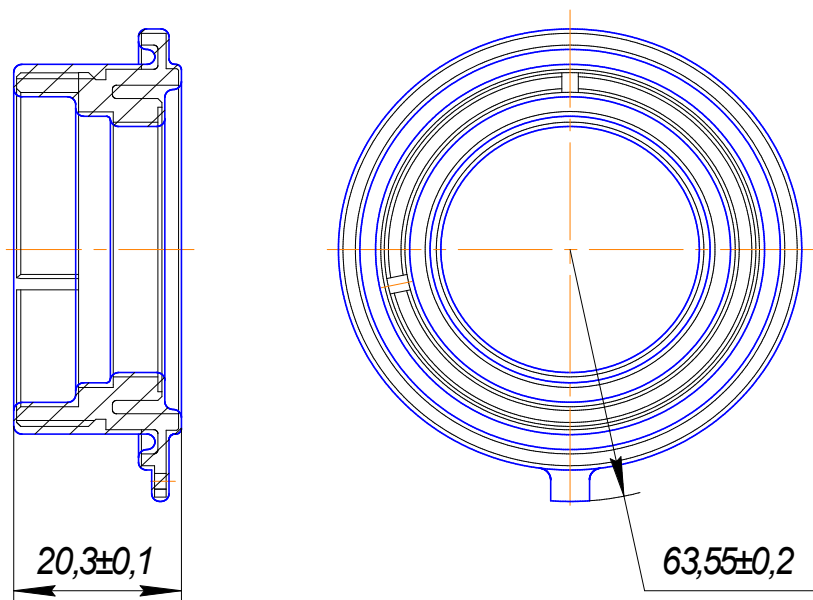


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки (виливки)

2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Операція лиття за моделями, що виплавляються, дозволяє отримати поверхню заготовки досить чисто, чим і обумовлюються дані для подальшого розрахунку.

Визначимо міжопераційні припуски та розміри на токарну операцію 015.

При обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання мінімальний припуск на обробку визначається за формулою:

$$2Z_{\min} = 2 \times (R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \xi_i^2}), \quad (2.6)$$

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

h_{i-1} – глибина дефектного шару на попередньому переході, мкм;

ρ_{i-1} – сумарне просторове відхилення на попередньому переході, мкм;

ξ_i – похибка установки на цьому переході, мкм.

При обробці протилежних або окремо розташованих поверхонь

$$Z_{\min} = R_{z_{i-1}} + h_{i-1} + \rho_{i-1} + \xi_i. \quad (2.7)$$

Елементи припусків призначаємо згідно з довідником [1]:

Визначаємо висоту нерівностей R_z та глибину дефектного шару після отримання заготовки та її подальшого механічного відпрацювання. для заготовки (вилівки):

$$R_z = 30 \text{ мкм};$$

$$h = 100 \text{ мкм}.$$

Проводимо підрізання правого торця у розмір $L=19,95-0,13$ мм.

для одноразового підрізування:

$$R_z = 15 \text{ мкм};$$

$$h = 20 \text{ мкм}.$$

Визначимо просторові відхилення заготовки при обробці торцевих поверхонь:

$$\rho = \rho_{\text{кор}}, \quad (2.8)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – величина короблення вилівка.

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\kappa} \times D, \quad (2.9)$$

де Δ_{κ} – питома кривизна заготовок на 1мм довжини, $\Delta_{\kappa}=0,7$ мкм;

D – діаметр торцевої поверхні.

$$\rho = \rho_{\text{кор}} = 0,7 \times 64,3 \approx 45 \text{ мкм}.$$

Просторові відхилення при одноразовому підрізанні торців приймаємо рівним нулю.

Похибка установки на цьому переході:

$\xi_{заг} = 90$ мкм – установка заготовки в трикулачному самоцентруючому патроні;

$\xi_{дет} = 50$ мкм – установка деталі в пристосуванні.

$$Z_{i\min 1} = 30 + 100 + 45 + 90 = 265 \text{ мкм};$$

$$Z_{i\min 2} = 15 + 20 + 50 = 115 \text{ мкм}.$$

Записуємо в таблицю мінімальний розрахунковий розмір для правого торця $19,95_{-0,13}$ мм.

Графа «розрахунковий розмір» заповнюється, починаючи з кінцевого, у разі креслярського, розміру послідовним додатком розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Таблиця 2.1 – Розрахунок припусків та граничних розмірів на обробку правого торця $19,95_{-0,13}$ мм

Технологічні переходи обробки поверхні $L=19,95_{-0,13}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск Z_{\min} , мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_z	h	ρ	ξ				L_{\min}	L_{\max}	$Z_{\min}^{\text{п}}$	$Z_{\max}^{\text{п}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	30	100	45	90	–	20,085	330	20,085	20,415	–	–
Точіння однократне	15	20	–	50	265	19,82	130	19,82	19,95	265	465
Всього										265	465

Знаходимо розрахунковий розмір заготовки додаванням розрахункового припуску одноразового точіння до мінімального розрахункового розміру для одноразового точіння.

$$L_{\text{рзаг}} = 19,82 + 0,265 = 20,085 \text{ мм}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються відповідно до кваліфікації точності для кожного виду обробки:

для одноразового точіння допуск по 11-му кваліфікату дорівнює 0,13 мм;

для заготовки допуск за 13-м квалітетом дорівнює 0,33 мм.

Визначаємо найбільші граничні розміри для чистового (одноразового) точіння:

$$L_{\max} = 19,82 + 0,13 = 19,95 \text{ мм.}$$

для заготовки:

$$L_{\max.\text{заг}} = 20,085 + 0,33 = 20,415 \text{ мм;}$$

$$L_{\text{заг.ном}} = 20,3 \text{ мм.}$$

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}^{\text{пр}}$ дорівнюють різниці найменших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів, а максимальні значення $Z_{\max}^{\text{пр}}$ — відповідно різниці максимальних граничних розмірів.

для одноразового точіння:

$$Z_{\max}^{\text{пр}} = L_{\max i-1} - L_{\max i}, \text{ мкм,} \quad (2.10)$$

$$Z_{\max}^{\text{пр}} = 20,415 - 19,95 = 0,465 \text{ мм} = 465 \text{ мкм.}$$

$$Z_{\min}^{\text{пр}} = L_{\min i-1} - L_{\min i}, \text{ мкм,} \quad (2.11)$$

$$Z_{\min}^{\text{пр}} = 20,085 - 19,82 = 0,265 \text{ мм} = 265 \text{ мкм.}$$

Знаходимо загальні припуски

$$Z_{0\max, \min, \text{ном}} = \sum Z_{\max}^{\text{пр}}, \sum Z_{\min}^{\text{пр}}, \sum Z_{\text{ном}}^{\text{пр}}, \quad (2.12)$$

$$Z_{0\max} = 465 \text{ мкм;}$$

$$Z_{0\min} = 265 \text{ мкм;}$$

$$Z_{0\text{ном}} = 200 \text{ мкм.}$$

Проводимо перевірку розрахунків

$$Z_{\max}^{\text{пр}} - Z_{\min}^{\text{пр}} = T_{i-1} - T, \quad (2.13)$$

$$465 - 265 = 330 - 130;$$

$$200 = 200.$$

На підставі даних розрахунку будуємо схему графічного розташування припусків та допусків торцевої поверхні 19,95_{-0,13} мм (див. Додаток А).

Визначимо припуски та міжопераційні розміри на розточування внутрішньої циліндричної поверхні діаметром $32,4H8^{(+0,039)}$ мм.

При обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь обертання мінімальний припуск на обробку визначається за такою формулою [20]. Елементи припусків призначаємо згідно з довідником [1]:

для заготовки:

$$R_z = 30 \text{ мкм};$$

$$h = 100 \text{ мкм};$$

для чистового розточування:

$$R_z = 15 \text{ мкм};$$

$$h = 20 \text{ мкм};$$

для тонкого розточування:

$$R_z = 2,5 \text{ мкм};$$

$$h = 5 \text{ мкм}.$$

Визначаємо просторові відхилення заготовки

$$\rho = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}, \quad (2.14)$$

де $\rho_{кор}$ – величина короблення виливка, $\rho_{кор} = 45$ мкм;

$\rho_{см}$ – похибка зі зміщення, $\rho_{ексц} = 250$ мкм, за довідником [1].

$$\rho = \sqrt{45^2 + 250^2} = 254 \text{ мкм}.$$

Визначимо просторові відхилення при чорновому розточуванні:

$$\rho_{ост} = K_y \times \Delta_3, \quad (2.15)$$

де Δ_3 – кривизна заготовки;

K_y – коефіцієнт уточнення, $K_y = 0,04$ – для чистового розточування.

$$\rho_{ост.чист} = 254 \times 0,04 = 10 \text{ мкм}$$

Визначаємо похибку установки на цьому переході:

$\xi_{чист} = 35$ мкм – установка заготовки в трикулачному патроні;

$\xi_{тонк} = 0$ мкм – установка деталі в пристосування.

$$2Z_{i\min 1} = 2 \times (30 + 100 + \sqrt{254^2 + 90^2}) = 799 \text{ мкм};$$

$$2Z_{i\min 2} = 2 \times (15 + 20 + \sqrt{10^2 + 35^2}) = 143 \text{ мкм}.$$

Записуємо в таблицю розрахунковий мінімальний розмір для отвору діаметром $32,4\text{H}8^{(+0,039)}\text{мм}$.

Таблиця 2.2 – Розрахунок припусків та граничних розмірів на обробку отвору діаметром $32,4\text{H}8^{(+0,039)}\text{мм}$

Технологічні переходи $32,4\text{H}8_{\text{мм}}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2Z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм	Допуск, мкм	Граничний розмір, мм		Граничний припуск, мкм	
	R_Z	h	ρ	ξ				D_{\min}	D_{\max}	$2Z_{\min}$	$2Z_{\max}$ пр
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Заготовка	30	100	254	90	–	31,497	390	31,107	31,497	–	–
Точіння чистове	15	20	10	35	799	32,296	100	32,196	32,296	799	1089
Точіння тонке	2,5	5	–	–	143	32,439	39	32,4	32,439	143	204
Всього										942	1293

Графа «розрахунковий розмір» заповнюється, починаючи з кінцевого, у даному випадку креслярського, розміру послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

У графі «граничний розмір» найбільше значення (d_{\max}) виходить за розрахунковими розмірами, що округляються до точності допуску відповідного переходу.

Розрахунковий розмір: $d_p = 32,4\text{H}8$ мм.

Для чистового розточування:

$$d_{p1\max} = 32,439 - 0,143 = 32,296 \text{ мм};$$

для заготовки:

$$d_{p,\text{заг.}\max} = 32,296 - 0,799 = 31,497 \text{ мм}.$$

Значення допусків кожного переходу приймаються відповідно до кваліфікації точності для кожного виду обробки:

для тонкого розточування допуск по 8–му квалітету дорівнює 0,039 мм;
 для чистового розточування допуск по 11–му квалітету дорівнює 0,100 мм;
 для заготовки допуск за 13–м квалітетом дорівнює 0,390 мм. Найменші граничні розміри (d_{\min}) визначаються з найбільших граничних розмірів відніманням допусків відповідних переходів.

Таким чином, для тонкого розточування:

$$d_{\min}^P = 32,439 - 0,039 = 32,4 \text{ мм};$$

для чистового розточування

$$d_{\min}^P = 32,296 - 0,100 = 32,196 \text{ мм};$$

для заготовки

$$d_{\min}^P = 31,497 - 0,390 = 31,107 \text{ мм};$$

$$d_{\text{заг.ном}} = 31,19 \text{ мм}.$$

Мінімальні граничні значення припусків $Z_{\min}^{\text{пр}}$ дорівнюють різниці найменших граничних розмірів виконуваного та попереднього переходів, а максимальні значення $Z_{\max}^{\text{пр}}$ — відповідно різниці максимальних граничних розмірів.

$$2Z_{\max}^{\text{пр}} = d_{\text{mini}-1} - d_{\text{mini}}, \text{ мкм}, \quad (2.16)$$

$$2Z_{\text{прmax}1} = 32,4 - 32,196 = 0,204 \text{ мм} = 204 \text{ мкм};$$

$$2Z_{\text{прmax}2} = 32,196 - 31,107 = 1,089 \text{ мм} = 1089 \text{ мкм}.$$

Визначаємо загальні припуски $Z_{\text{оmax}}$, $Z_{\text{оmin}}$, $Z_{\text{оном}}$ за формулою (2.16)

$$2Z_{\text{оmax}} = 1293 \text{ мкм}.$$

$$2Z_{\text{оmin}} = 942 \text{ мкм}.$$

$$2Z_{\text{оном}} = 400 \text{ мкм}.$$

Проведемо перевірку розрахунків за формулою

$$1293 - 942 = 390 - 39 \text{ мкм};$$

$$351 = 351 \text{ мкм}.$$

На підставі даних розрахунку будемо схему графічного розташування припусків та допусків поверхні діаметрів $32,4\text{H}8(^{+0.039})\text{мм}$ (див. Додаток А).

Таблиця 2.3 – Призначені припуски та допуски на оброблювані поверхні деталі “Корпус”

№ поверхні	Розмір поверхні	Табличний припуск, мм	Розрахунковий припуск, мм	Допуск, мм
1	2	3	4	5
1	19,95h11 (розр)	–	0,35	0,13
2	46n7	1,6	–	0,025
3	0,2×45 ⁰	0,2	–	0,25
4	1,5h12	1,5	–	0,1
5	32,4H8 (розр)	–	1,1	0,039
6	41,8H9	1,1	–	0,062
7	38,4H12	1,1	–	0,25
8	8H14	0,35	–	0,36
9	2 H13	2,0	–	0,2
10	0,5×45 ⁰	0,5	–	0,25
11	36,2h13	3,8	–	0,39
12	0,5h12	0,5	–	0,1
13	19,6h13	0,35	–	0,33
14	45,85h8	5,1	–	0,039
15	3h12	0,35	–	0,1
16	55h13	1,1	–	0,46
17	1,6h12	0,35	–	0,1
18	43,2h14	2,8	–	0,62
19	1,2H13	1,4	–	0,14
20	52H13	6,0	–	0,46
21	2H13	2,0	–	0,14
22	M45×1,5–8g	0,15	–	0,039
23	10,8h8	10,8	–	0,27
24	0,5×45 ⁰	0,5	–	0,25
25	40H8	1,1	–	0,039
26	0,5×45 ⁰	0,5	–	0,25
27	7,5H13	0,35	–	0,22
28	35H13	1,1	–	0,39
29	4,2H11	0,35	–	0,1
30,31	4h12	0,55	–	0,12
32,33	R1,5	0,55	–	0,12
34	63h10	0,55	–	0,14
35	2h14	2,0	–	0,25
36	2H8	2,0	–	0,014

2.3 Проектування технологічного маршруту оброблення деталі

У сучасному виробництві одним з основних напрямків розвитку технології механічної обробки є використання заготовок з економічними конструктивними формами, що забезпечують можливість застосування найбільш раціональних та економічних способів їх обробки на металорізальних верстатах, тобто обробки з найбільшою продуктивністю та найменшими відходами металу в стружку.

Від правильності вибору заготовки залежить трудомісткість і собівартість обробки; при виготовленні заготовки, що максимально наближається за формою та розмірами до готової деталі, значна частина трудомісткості процесу припадає на частку заготовельних цехів, а менша — на механообробні цехи і, навпаки, при виготовленні заготовок з великими припусками основна частка трудомісткості припадає на механообробні цехи.

У технологічному процесі, що проектується, враховані всі недоліки, присутні в базовому технологічному процесі і внесені відповідні зміни.

Здійснено заміну операції отримання заготовки з прокату на лиття та заміна універсального обладнання (верстатів моделі 16K20Ф3, 6P11) на обладнання з ЧПК (верстати моделі HAAS ST-10, HAAS VF-1) на токарних та фрезерних операціях, а також поділ токарної та фрезерної операції на дві токарні та дві фрезерні.

Таблиця 2.4 - Варіанти технологічного маршруту

Базовий технологічний процес					Проектований технологічний процес				
№ _{опер}	Найменування операції	Модель вертата	Оснастка	T _{шт., в хв}	№ _{опер}	Найменування операції	Модель вертата	Оснастка	T _{шт., в хв}
005	Заготівельна	-	-	-	005	Заготівельна	-	-	-
010	Токарна	16K20	Оправка	16,5	010	Контрольна	-	-	-
015	Фрезерная	6P11	Поворотний стіл	5,05	015	Токарна	HAAS ST10	Оправка	1,85
020	Свердлильна	2H118	Приспособа	1,8	020	Токарна	HAAS ST10	Оправка	3,28
025	Слюсарна	Верстак слюсарний	-	3	025	Фрезерна	HAAS VF1	Поворотний стіл	2,7
030	Миєчна	Миєчна ванна	-	-	030	Фрезерна	HAAS VF1	Поворотний стіл	1,9
035	Контрольна	-	-	-	035	Свердлильна	HAAS VF1	Приспособа	0,64
					040	Слюсарна	УЗВ1	-	-
					045	Контрольна	-	-	-
Разом		26,8			Итого		10,37		

На токарній операції проведена заміна пристосування з ручним затиском на пристосування з пневмозатиском. Це дозволяє скоротити допоміжний та підготовчо–заключний час, а отже, і штучний час на обробку.

2.4 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання на токарну операцію 015.

Дана операція виконується на токарному верстаті з ЧПК і включає 11 переходів.

Перехід 1:

Підрізання торця поверхні 1 розмір $L=19,95$ мм.

Глибина різання дорівнює припуску на підрізування торця: $t = 0,35$ мм.

Подачу вибираємо за довідником [1]: $S = 0,15$ мм/об.

Визначимо швидкість різання

$$V = \frac{C_V}{T^m \times t^x \times S^y} \times K_v,$$

де C_v , m , x , y – значення коефіцієнта та показників ступеня, що залежать від оброблюваного матеріалу та виду обробки;

T – період стійкості інструменту, $T = 40$ хв;

S – подача, $S = 0,15$ мм/об;

K_v — загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичну умову різання та розраховується за формулою:

$$K_v = K_{Mv} \times K_{nv} \times K_{Uv}, \quad (2.17)$$

де K_{nv} – коефіцієнт, що відображає стан поверхні заготовки, $K_{nv}=0,8$ (для сталевих виливків з нормальною кіркою);

K_{iv} – коефіцієнт, що враховує якість матеріалу інструменту, $K_{iv}=1$;

K_{Mv} – поправочний коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу.

Період стійкості при багатоінструментальній обробці

$$T_{ми} = T \times K_{Ти}, \quad (2.18)$$

де T – стійкість лімітуючого інструменту, $T_{ми}=40$ хв.

K_{Ti} – коефіцієнт зміни періоду стійкості при багатоінструментальній обробці, $K_{Ti} = 1,05$.

$$K_{mv} = K_T \times \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^n, \quad (2.19)$$

де K_T – коефіцієнт матеріалу інструменту, $K_T = 1$;

n — показник степені при точінні, $n = 1,0$;

σ_B – межа витривалості при розтягуванні, $\sigma_B = 420$ МПа.

$$K_{mv} = 1 \times \left(\frac{750}{420} \right)^1 = 1,786.$$

$$K_v = 1,786 \times 0,8 \times 1 = 1,43.$$

$$V = \frac{420}{40^{0,20} \times 0,35^{0,15} \times 0,15^{0,20}} \times 1,43 = 180,8 \text{ м/хв.}$$

Визначимо число оборотів

$$n = \frac{1000 \times V}{\pi \times D}, \quad (2.20)$$

де V – швидкість різання, $V = 180,8$ м/хв;

D – діаметр оброблюваної поверхні, $D = 46$ мм.

$$n = \frac{1000 \times 180,8}{3,14 \times 46} = 1255 \text{ об / хв}$$

За паспортом верстата HAAS ST-10, вибираємо $n_{\phi} = 1250$ об/хв.

Уточнимо дійсну швидкість різання

$$V = \frac{n_{\phi} \pi D}{1000}, \quad (2.21)$$

$$V = \frac{1250 \times 3,14 \times 46}{1000} = 180,6 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання

$$P_z = 10 C_p \times t^x \times S^y \times V^n \times K_p, \quad (2.22)$$

де C_p , x , y , z , n — коефіцієнти та показники ступеня, що залежать від видів обробки за довідником [1]: $C_p = 300$; $x = 1$; $y = 0,75$; $n = 0$.

K_p – поправочний коефіцієнт, що враховують фактичні умови різання.

$$K_p = K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}, \quad (2.23)$$

де $K_{mp} \times K_{\phi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}$ – коефіцієнти, що характеризують геометрію інструменту, $K_{mp} = 0,70$; $K_{\gamma p} = 1,0$; $K_{\lambda p} = 1,0$; $K_{rp} = 1,0$; $\hat{E}_{\phi D} = 1,08$.

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_B}{750} \right)^n, \quad (2.24)$$

$$K_{mp} = \left(\frac{420}{750} \right)^{0,75} = 0,65.$$

$$K_p = 0,65 \times 1,08 = 0,70.$$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,35^1 \times 0,15^{0,75} \times 180,6^0 \times 0,70 = 177 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання

$$N_{PIB} = \frac{P_z \times V}{1020 \times 60}, \quad (2.25)$$

$$N_{PIB} = \frac{177 \times 180,6}{1020 \times 60} = 0,52 \text{ кВт.}$$

Перехід 2: чистове точіння циліндричної поверхні $\varnothing 46n7 \left(\begin{smallmatrix} +0.042 \\ +0.017 \end{smallmatrix} \right)$ мм.

Розрахуємо режими різання на чистову обробку поверхні.

Глибина різання дорівнює припуску чистового точіння набік: $t=0,5$ мм.

Подачу вибираємо за довідником [1]: $s=0,1$ мм/об.

Визначимо швидкість різання за формулою

$$V = \frac{420}{40^{0,20} \times 0,5^{0,15} \times 0,1^{0,20}} \times 1,43 = 184 \text{ м/хв.} \quad (2.27)$$

Визначимо частоту обертання шпинделя за формулою

$$D=46,1 \text{ мм.}; V=184 \text{ м/хв.}$$

$$n = \frac{1000 \times 184}{3,14 \times 46,1} = 1271 \text{ об / хв.}$$

За паспортом верстата HAAS ST-10, вибираємо $n_{\phi}=1250$ об/хв.

Уточнимо дійсну швидкість різання за формулою

$$V = \frac{1250 \times 3,14 \times 46,1}{1000} = 180,9 \text{ м/хв.}$$

Визначимо силу різання за формулою

$t = 0,5 \text{ мм}; s = 0,1 \text{ мм/об}; V = 180,9 \text{ м/хв}; n = 0; K_p = 0,70.$

$$P_z = 10 \times 300 \times 0,5^1 \times 0,1^{0,75} \times 180,9^0 \times 0,70 = 186 \text{ Н.}$$

Визначимо потужність різання за формулою

$$P_z = 186 \text{ Н}; V = 180,9 \text{ м/хв.}$$

$$N_{PIB} = \frac{186 \times 180,9}{1020 \times 60} = 0,55 \text{ кВт.}$$

2.5 Технічне нормування операцій

Зробимо розрахунок норм часу на всі присутні операції.

Визначимо норми штучного часу згідно [3] за формулою, хв.:

$$T_{шт} = (T_o + T_B \times K_{TB}) \times \left(1 + \frac{Q_{обс} + Q_{отл}}{100}\right), \quad (2.28)$$

де T_o — основний час на операцію, хв.;

T_B — допоміжний час на операцію, хв.

K_{TB} — поправочний коефіцієнт на допоміжний час, залежить від серійності робіт, $K = 0,75$;

$Q_{обс}$ та $Q_{отл}$ — час обслуговування робочого місця, відпочинок і особисті потреби, становить 10% від оперативного.

Визначимо оперативний час за формулою:

$$T_{оп} = T_o + T_B, \quad (2.29)$$

де T_o — основний час на обробку всіх переходів, визначається за формулою [3], хв.

$$T_o = \frac{l + l_1 + l_2}{n \times S} \times i, \quad (2.30)$$

де l — довжина шляху, що проходить інструмент у напрямку подачі при обробці i -го технологічного переходу;

l_1 — величина врізання та перебігу різця, мм; $l_1 = 1-3$ хв;

l_2 — додаткова довжина на взяття пробної стружки, мм; $l_2 = 1-3$ хв;

n — число оборотів шпинделя за хвилину, об/хв.;

S — подачі на один оборот шпинделя за хвилину, хв/об;

i — число проходів.

Визначимо допоміжний час на переходи даних операцій за формулою:

$$T_B = t_{уст} + t_{пер} + t_{изм}, \quad (2.31)$$

де T_B – норматив часу допоміжної роботи верстата за програмою;

$t_{уст}$ – час на встановлення та зняття деталі, хв;

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

$t_{изм}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні після закінчення обробки.

$t_{пер}$ – час технологічних пауз – зупинок подачі та обертання шпинделя для перевірки розмірів, огляду або зміни інструменту, $T_{пер}=0,2$ хв. У цьому випадку інструмент змінюється тричі.

Зробимо розрахунок норм часу для токарної операції 020 за довідковими нормативами [3]

$$t_{пер} = 0,2 \times 6 = 1,2 \text{ хв.}$$

$T_{уст}$ – час на встановлення та зняття деталі масою до 3 кг у самоцентруючому патроні, хв.

$$t_{уст} = a \times Q^x, \quad (2.32)$$

де a, x – коефіцієнти та показники ступеня, $a=0,248, x=0,236$;

Q – маса деталі, $Q=0,081$ кг.

$$t_{уст} = 0,248 \times 0,081^{0,236} = 0,137 \text{ хв.}$$

$t_{изм}$ – допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні після закінчення обробки.

$$t_{изм} = \sum k \times D^z_{изм} \times L^u, \quad (2.33)$$

де k, z, u – коефіцієнт та показники ступеня для вимірювального інструменту – штангенциркуль з точністю вимірювання до 0,02мм, $k=0,0187, z=0,21, u=0,330$;

$D=63$ мм; $L=19,6$ мм.

$$T_{изм} = 0,0187 \times 63^{0,21} \times 19,6^{0,330} = 0,12 \text{ хв.}$$

$$T_B = 0,137 + 1,2 + 0,12 = 1,46 \text{ хв.}$$

Розрахуємо основний час переходів

Перехід 1:

$$T_{ol.1} = \frac{3+3,2+3}{1250 \times 0,15} = 0,05 \text{ хв};$$

Перехід 2:

$$T_{ol.2} = \frac{3+1,5+3}{1250 \times 0,1} \times 2 = 0,12 \text{ хв};$$

Перехід 3:

$$T_{ol.3} = \frac{2+12,5+2}{1000 \times 0,1} = 0,17 \text{ хв};$$

Перехід 4:

$$T_{ol.4} = \frac{1+1,5+1}{1600 \times 0,1} = 0,02 \text{ хв};$$

Перехід 5:

$$T_{ol.5} = \frac{2+5,7+2}{1600 \times 0,15} = 0,04 \text{ хв};$$

Перехід 6:

$$T_{ol.6} = \frac{1+5,7+1}{1600 \times 0,1} = 0,05 \text{ хв};$$

Перехід 7:

$$T_{ol.7} = \frac{2+8+2}{1000 \times 0,1} = 0,12 \text{ хв};$$

Перехід 8:

$$T_{ol.8} = \frac{2+1,7+2}{1120 \times 0,15} = 0,04 \text{ хв};$$

Перехід 9:

$$T_{ol.9} = \frac{2+1,9+2}{1120 \times 0,15} \times 2 = 0,06 \text{ хв};$$

Перехід 10:

$$T_{ol.10} = \frac{2+0,5+2}{1180 \times 0,15} = 0,03 \text{ хв};$$

Перехід 11:

$$T_{ol.11} = \frac{2+1,9+2}{1250 \times 0,15} = 0,03 \text{ хв}.$$

$$T_{o.общ1}=0,05+0,09+0,17+0,02+0,04+0,05+0,12+0,04+0,06+0,03+0,03=0,73 \text{ хв.}$$

$$T_{шт} = (0,73 + 1,46 \times 0,73) \times \left(1 + \frac{0,18}{100}\right) = 1,85 \text{ хв.}$$

Зробимо розрахунок норм часу для токарної операції 020 за довідковими нормативами [3].

Розрахуємо основний час переходів

Перехід 1:

$$T_{o2.1} = \frac{3+4,1+3}{1180 \times 0,15} = 0,06 \text{ хв};$$

Перехід 2:

$$T_{o2.2} = \frac{3+15,1+3}{1120 \times 0,15} = 0,13 \text{ хв};$$

Перехід 3:

$$T_{o2.3} = \frac{2+5,05+2}{1000 \times 0,15} = 0,06 \text{ хв};$$

Перехід 4:

$$T_{o2.4} = \frac{1+1,6+1}{1000 \times 0,15} = 0,04 \text{ хв};$$

Перехід 5:

$$T_{o2.5} = \frac{1+8,55+2}{900 \times 0,15} = 0,09 \text{ хв};$$

Перехід 6:

$$T_{o2.6} = \frac{3+1,5+2}{1060 \times 0,15} = 0,04 \text{ хв};$$

Перехід 7:

$$T_{o2.7} = \frac{2+4,3+2}{1600 \times 0,1} = 0,05 \text{ хв};$$

Перехід 8:

$$T_{o2.8} = \frac{2+2+2}{800 \times 0,15} = 0,05 \text{ хв};$$

Перехід 9:

$$T_{o2.9} = \frac{2+10,8+2}{1250 \times 0,15} = 0,08 \text{ хв};$$

Перехід 10:

$$T_{o2.10} = \frac{3+9,6+3}{500 \times 1,5} \times 5 = 0,11 \text{ хв.}$$

При нарізанні різьблення на верстаті використовуємо 5 проходів. Значить $T_{o2.10} \times 5 = 0,11 \text{ хв.}$

Перехід 11:

$$T_{o2.11} = \frac{3+7,5+2}{1320 \times 0,15} = 0,06 \text{ хв.};$$

Перехід 12:

$$T_{o2.12} = \frac{3+2,5+2}{1400 \times 0,15} = 0,04 \text{ хв.};$$

Перехід 13:

$$T_{o2.13} = \frac{3+4,2+3}{1500 \times 0,15} = 0,05 \text{ хв.};$$

Перехід 14:

$$T_{o2.14} = \frac{3+2+3}{1600 \times 0,15} = 0,03 \text{ хв.};$$

Перехід 15:

$$T_{o2.15} = \frac{2+7,5+2}{1600 \times 0,10} = 0,07 \text{ хв.}$$

$T_{o.общ.2} = 0,06 + 0,13 + 0,06 + 0,04 + 0,09 + 0,04 + 0,05 + 0,05 + 0,08 + 0,11 + 0,06 + 0,04 + 0,05 + 0,03 + 0,07 = 0,96 \text{ хв.}$

Визначимо допоміжний час на контрольні вимірювання обробленої поверхні після закінчення обробки.

$$k=0,033, z=0,16, u=0,27; D=63\text{мм}; L=19,6\text{мм.}$$

$$T_{изм} = 0,033 \times 63^{0,16} \times 19,6^{0,27} = 0,143 \text{ хв.}$$

$$t_{пер} = 0,2 \times 14 = 2,8 \text{ хв.}$$

$$t_{уст} = 0,133 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час

$$T_B = 0,133 + 2,8 + 0,143 = 3,08 \text{ хв.}$$

Визначимо штучний час

$$T_{шт} = (0,96 + 3,08 \times 0,75) \times \left(1 + \frac{0,33}{100}\right) = 3,28 \text{ хв.}$$

Зробимо розрахунок норм часу для фрезерної операції 025 за довідковими нормативами [3] Визначимо основний час переходів

Перехід 1:

$$T_{o3.1} = \frac{3 + 65,5 + 3}{1270 \times 0,05} = 1,15 \text{ хв};$$

Перехід 2:

$$T_{o3.2} = \frac{1 + 65,5 + 1}{1600 \times 0,2} = 0,21 \text{ хв};$$

Перехід 3:

$$T_{o3.3} = \frac{1 + 5 + 1}{1270 \times 0,2} = 0,3 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{общ.3}} = 1,15 + 0,21 + 0,3 = 1,66 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{изм}} = 0,119 \times 2 = 0,238 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{пер}} = 0,2 \times 5 = 1 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{уст}} = 0,133 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час

$$T_B = 0,133 + 1 + 0,238 = 1,37 \text{ хв.}$$

Визначимо штучний час

$$T_{шт} = (1,66 + 1,37 \times 0,75) \times \left(1 + \frac{0,27}{100}\right) = 2,7 \text{ хв.}$$

Зробимо розрахунок норм часу для фрезерної операції 030 за довідковими нормативами [3] Визначимо основний час для двох однакових пазів

$$T_o = \frac{L + l_1}{s_M} \times i, \quad (2.34)$$

$$T_{o4.1} = \frac{10 + 7,5 + 4}{158 \times 0,006 \times 64} \times 2 = 0,66 \text{ хв};$$

$$T_{o4.2} = \frac{10 + 7,5 + 4}{158 \times 0,006 \times 64} \times 2 = 0,66 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{общ.3}} = 0,66 + 0,66 = 1,32 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{изм}} = 0,119 \times 2 = 0,238 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{пер}} = 0,2 \times 2 = 0,4 \text{ хв.}$$

$$t_{уст}=0,133 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час

$$T_B=0,133+0,4+0,238=0,77 \text{ хв.}$$

Визначимо штучий час

$$T_{шт} = (1,32 + 0,77 \times 0,75) \times (1 + \frac{0,19}{100}) = 1,9 \text{ хв.}$$

Проведемо розрахунок норм часу для свердлильної операції 035 за довідковими нормативами [3]

Визначимо основний час по переходах

Перехід 1:

$$T_{o5.1} = \frac{3+1,4+3}{2900 \times 0,1} = 0,04 \text{ хв.};$$

Перехід 2:

$$T_{o5.2} = \frac{3+1,4+3}{1000 \times 0,64} = 0,02 \text{ хв.}$$

$$T_o=0,04+0,02=0,06 \text{ мм.}$$

$$T_{изм}=0,119 \times 2=0,24 \text{ хв.}$$

$$T_{пер} = 0,2 \times 2=0,4 \text{ хв.}$$

$$t_{уст}=0,133 \text{ хв.}$$

Визначимо допоміжний час

$$T_B=0,133+0,4+0,24=0,77 \text{ хв.}$$

Визначимо штучний час

$$T_{шт} = (0,06 + 0,77 \times 0,75) \times (1 + \frac{0,6}{100}) = 0,64 \text{ хв.}$$

Загальний штучний час

$$\sum T_{шт}=1,85+3,28+2,7+1,9+0,64=10,37 \text{ хв.}$$

2.6 Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК

На рисунку 2.2 зображений токарний центр з ЧПК моделі HAAS ST-10, що був обраний у новому технологічному процесі.



Рисунок 2.2 – Токарний центр із ЧПК моделі HAAS ST-10

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit (рис 2.3).

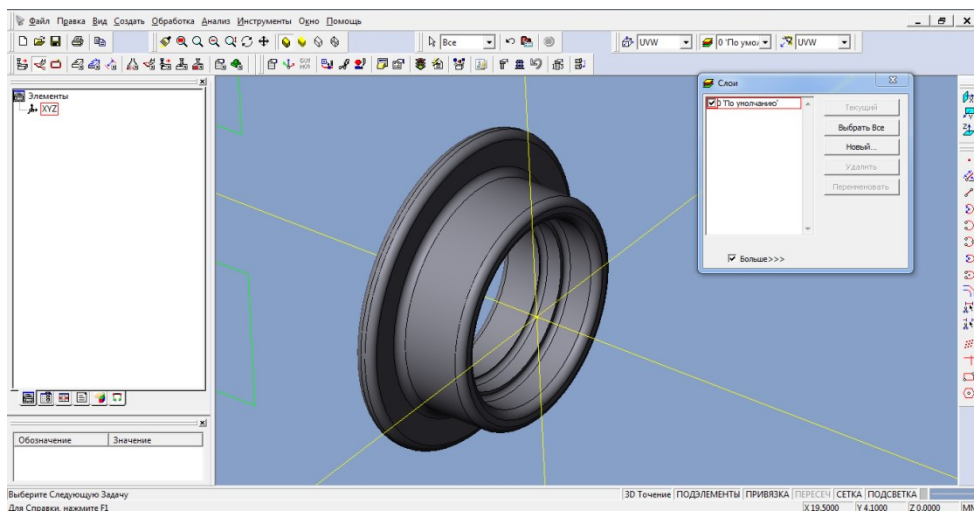


Рисунок 2.3 – 3D модель заготовки корпусу у середовищі Esprit

2. Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.4.

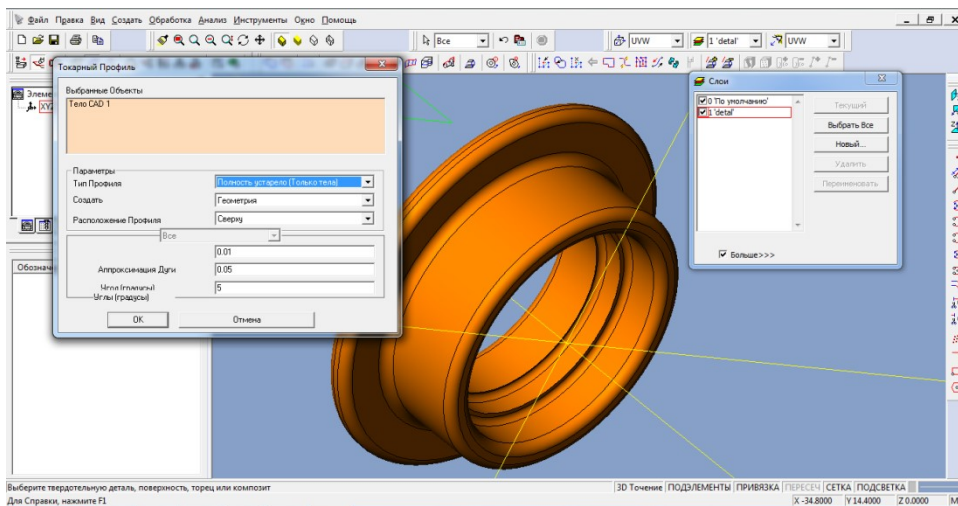


Рисунок 2.4 – Розпізнання в САМ Esprit елементів профілю

3. Вибрано вид оброблення – «Чорнова обробка» (рис. 2.5).

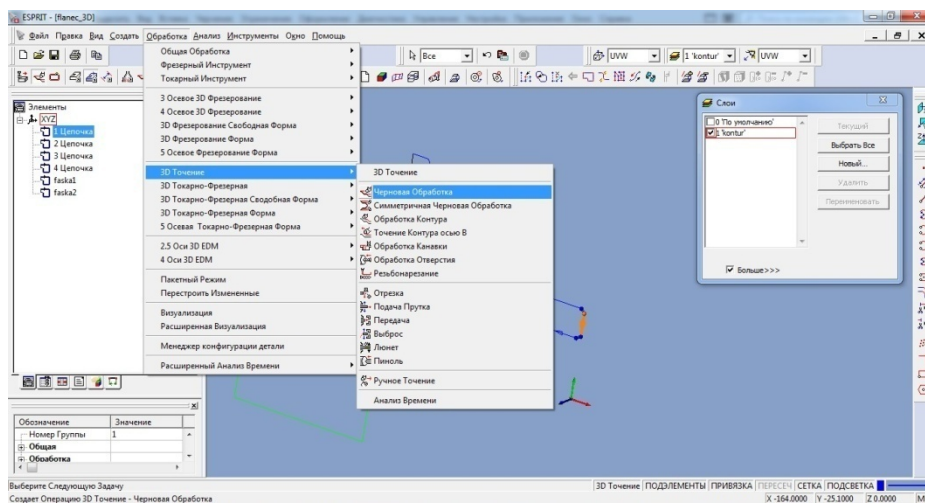


Рисунок 2.5 – Вибір виду оброблення

4. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 2.6).

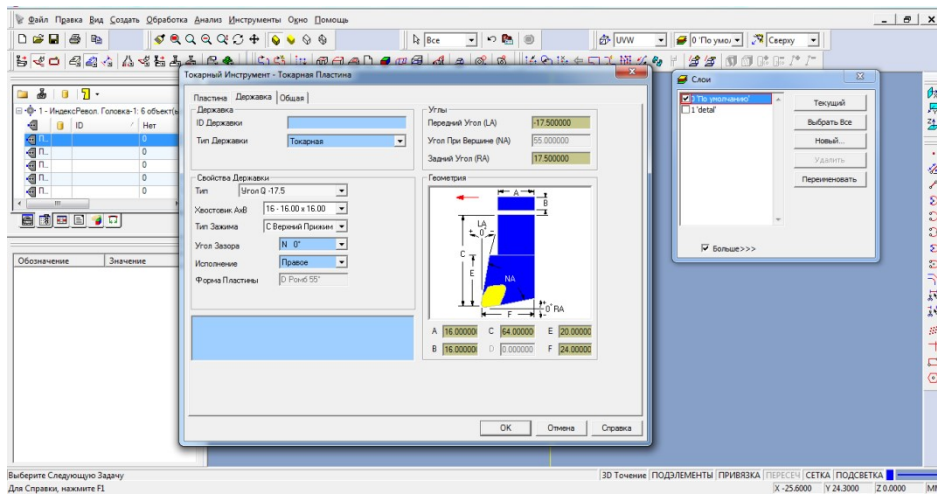


Рисунок 2.6 – Выбор инструмента та його параметрів

5. Вибрано режимі різання (рис 2.7).

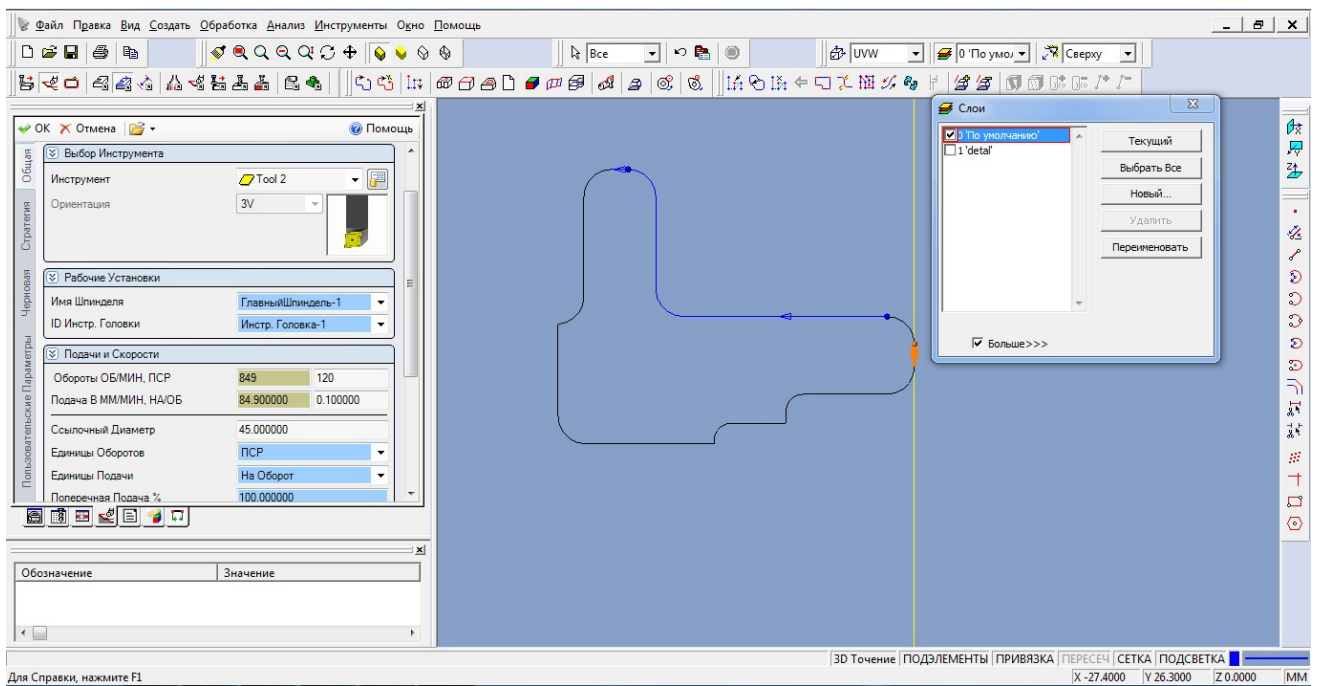


Рисунок 2.7 – Выбор режимів оброблення

6. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.8).

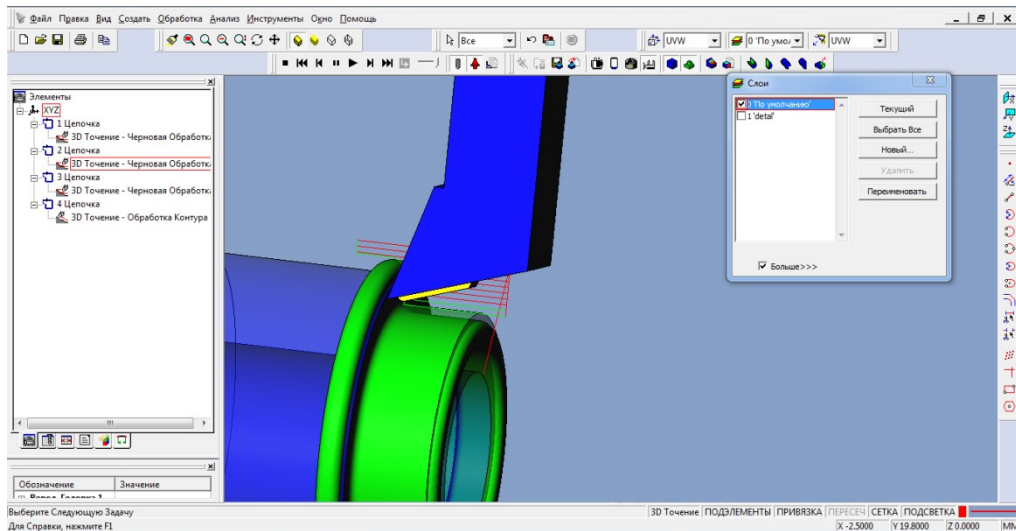


Рисунок 2.8 – Траектория руху металорізального інструменту при обробленні контуру корпусу

7. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G–M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.9).

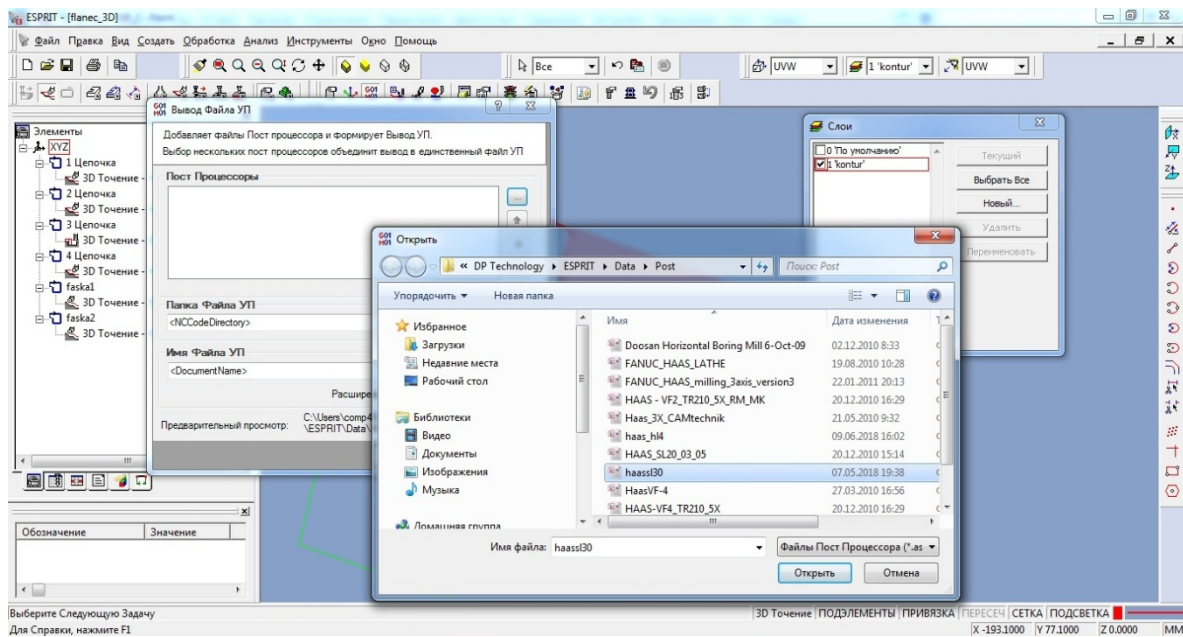


Рисунок 2.9 – Автоматичне генерування програми оброблення в G–M кодї

Керуюча програма наведена у додатку В.

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз застосовуваних засобів технологічного оснащення

Верстатними пристроями називаються додаткові пристрої до металорізальних верстатів, що дозволяють найбільш економно в заданих виробничих умовах забезпечити закладені в конструкції деталі вимоги до точності розмірів, форми та взаємного розташування поверхонь, що обробляються.

До верстатних пристроїв відносяться: пристрої для встановлення та закріплення деталей на верстатах (пристосування), пристрої для встановлення та кріплення ріжучого інструменту на верстатах (допоміжний елемент).

Залежно від типу верстата верстатні пристрої поділяють на токарні, свердлильні, фрезерні, розточувальні, шліфувальні та ін. З їх допомогою спільно пристроями для встановлення та закріплення ріжучих інструментів здійснюється налагодження технологічної системи верстат–пристосування–інструмент–заготовка для забезпечення оптимальних умов роботи та виконання верстатних операцій.

Конструкції верстатних пристроїв удосконалюються нерозривно з розвитком технології та методів організації виробництва, з розвитком верстатобудування та появою принципово нових верстатів, наприклад верстатів з ЧПУ, багатоцільових верстатів, з впровадженням автоматичних та переналагоджуваних ліній.

Кожен засіб технологічного оснащення є самостійним засобом виробництва, що відповідає цілому ряду технічних та економічних вимог, як у ході технологічної підготовки виробництва, так і в процесі експлуатації.

При використанні засобів спеціального контролю та застосування спеціальних різальних інструментів вирішуються такі питання, як забезпечення точності обробки та швидкого контролю поверхонь, покращуючи умови роботи.

Знаючи пристрій, принцип дії та його особливості, верстатник швидше та повніше освоїть роботу на ньому, зможе виконувати резерви часу та підвищення

продуктивності верстатних операцій та внести свої новаторські пропозиції щодо використання цих резервів.

У дипломному проекті розроблено пристрій – оправка цангова з пневмоприводом на токарну операцію 020, пневмопатрон на операцію 010.

3.2 Розрахунок конструкції спеціальних верстатних пристроїв

Вибір схеми базування заготовки

Вибираємо схему базування деталі типу “диск”. Базування відбувається за двома базами:

1 установча база — база, що позбавляє деталь трьох ступенів свободи – переміщення вздовж осі OX та обертання навколо осей OZ та OY (опорні точки 1, 2, 3);

2 напрямна база — база, що позбавляє деталь двох ступенів свободи – переміщення вздовж осей OZ та OY (опорні точки 4, 5).

Деталь на токарній операції 020 механічної обробки базується на внутрішній циліндричній поверхні в цанговій оправці.

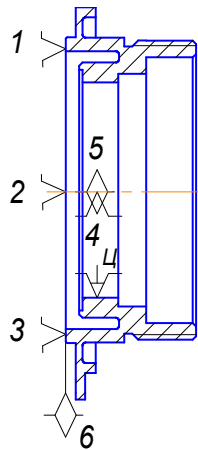


Рисунок 3.1 – Схема базування типу диск

Принцип дії цангової оправки

Розтискна цангова оправка застосовується для обробки поверхонь на токарному верстаті деталі "корпус" у середньосерійному виробництві та

призначено для базування заготовки по внутрішній циліндричній поверхні та закріпленням її зусиллям W .

Тяга 1, пропущена через порожнину шпинделя, своїм лівим різьбовим кінцем пов'язана зі штоком приводу, а правим — в натяг вмонтована в шарнірну муфту 2, пов'язану з різьбовою втулкою 4 шарнірним гвинтом 3. Останній двома шпонковими виступами входить в пази 3...5мм; зазор забезпечує ударну дію штока приводу, що полегшує виштовхування штока (клин) 7 з конусного отвору цангової (пружинної) оправки при розкріпленні деталі, що обробляється.

При подачі стисненого повітря з пневмомережі в праву порожнину пневмоприводу (зі штоком) двосторонньої дії поршень здійснює рух вліво, тим самим забезпечує затискання заготовки. Для повернення у вихідне положення стиснене повітря подається в ліву порожнину циліндра (без штока) пневмоприводу.

Складання конструктивної та розрахункової схеми пристосування

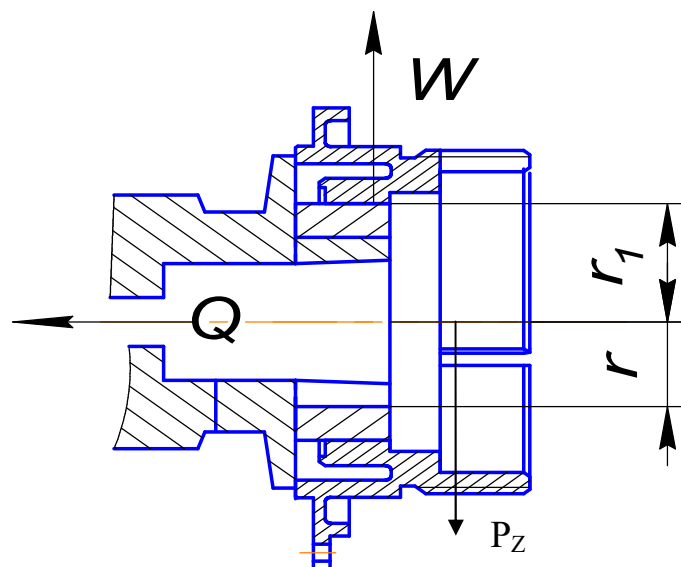


Рисунок 3.2 – Конструктивна схема

На оброблювану заготовку встановлену і затиснуту на цанговій оправці діє сила різання P_z . Сила P_z при обробці втулки створює момент різання $M_{рез}$, якому протидіє момент від сили тертя $M_{тр}$ між настановною поверхнею цанги та оброблюваної заготовки.

Розрахунок зусилля затиску

Прикладені до заготовки сили повинні запобігти можливому відриву заготовки від установчих елементів, і зсуву або повороту її під дією сил різання та забезпечити надійне закріплення протягом усього часу обробки. Розрахунок сил закріплення зазвичай спрямований на забезпечення рівноваги заготовки під дією прикладених до неї зовнішніх сил.

Зовнішніми силами є сили різання, сили закріплення, реакції опор та сили тертя. Тому для розрахунку необхідно знати умови обробки в проектованому пристосуванні: величину, напрям і місце застосування сил різання, схему базування та закріплення для знаходження місця застосування сил закріплення та сил тертя, що перешкоджають зсуву заготовки.

Визначимо зусилля затиску

$$W_{\text{сум}} = \frac{K \times P_z \times r_1}{(fr)}, \quad (3.1)$$

де K – коефіцієнт запасу, який залежить від умов обробки заготовок на верстаті;

P_z – осьова сила, 1012 Н.

$$K = K_0 \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5; \quad (3.2)$$

$$= 1,5 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 = 1,8.$$

$$W_{\text{сум}} = \frac{1,8 \times 1012 \times 31,5}{16,2} = 3542 \text{ Н.}$$

Визначимо діаметр обертового пневмоциліндра двосторонньої дії, що використовується для закріплення заготовки.

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{W}{P_3}}, \quad (3.3)$$

де W — сила закріплення заготовки;

P_3 — надлишковий тиск стисненого повітря в пневмомережі, МПа; $P_3 = 0,63$ МПа.

$$D_{\text{ц}} = 1,13 \times \sqrt{\frac{3542}{0,63}} = 84,7 \text{ мм.}$$

Отримуємо діаметр циліндра рівний 84,7 мм.

Приймаємо найближче стандартне значення діаметра пневмоциліндра $D_{ц} = 100$ мм, $d_{шт} = 25$ мм.

Визначимо дійсну силу W на штоку

$$W = \frac{\pi \times (D_{ц}^2 - d_{шт}^2) \times p \times \eta}{4}, \quad (3.4)$$

де W — сила закріплення заготовки; $W = 3542$ Н;

P_3 — надлишковий тиск стисненого повітря в пневмережі, МПа;

$P_3 = 0,63$ МПа;

η — к.п.д. пневмоциліндра; $\eta = 0,85 \div 0,9$.

$$D_o^2 - d_o^2 = \frac{4W}{\pi \times p \times \eta},$$

$$D_o^2 - d_o^2 = 7960.$$

Тоді зусилля затиску буде рівне:

$$W = 0,785 \times D_{ц}^2 \times p_3 \times \eta; \quad (3.5)$$

$$W = 0,785 \times 0,100^2 \times 0,4 \times 10^6 \times 0,9 = 2826 \text{ Н.}$$

Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення необхідної точності оброблюваної заготовки має дотримуватися така умова: максимальна результуюча похибка δ_{Σ} повинна бути меншою за допуск на отриманий параметр T приблизно на 10–15%, тобто

$$\delta_{\Sigma} \leq T \quad (3.6)$$

де T — допуск на координуючий діаметральний розмір отвору деталі

$$T \leq \varphi \times T_d - \varpi, \quad (3.7)$$

де T_d — допуск на розмір деталі, що виконується, $T_d = 0,039$ мм;

φ — коефіцієнт посилення допуску деталі, за довідником [1] $\varphi = 0,9$ мм;

ϖ — допустиме зміщення заготовки щодо опор пристосування, за довідником [1] $\varpi = 0$.

$$T \leq 0,9 \times 0,039 = 0,035 \text{ мм.}$$

Результатова похибка визначається за формулою

$$\delta_{\Sigma} = K \times \sqrt{\delta_C^2 + \delta_{PI}^2 + \delta_{PO}^2 + \delta_o^2 + \delta_3^2 + \delta_{PII}^2 + \delta_H^2 + \delta_{PI}^2 + \delta_{3Y}^2 + \delta_H^2 + \delta_D^2}, \quad (3.8)$$

де δ_c – похибка верстата в ненавантаженому стані, що викликається похибками виготовлення та збирання його деталей та вузлів та їх зношування, $\delta_c = 0,007$ мм;

δ_{pII} – похибка розташування пристосування на верстаті — розташування посадкових поверхонь пристосування щодо посадкового місця верстата, $\delta_{pII} = 0,01$ мм;

$\delta_{пo}$ – похибка розташування опорних поверхонь щодо посадкових поверхонь пристосування, $\delta_{пo} = 0,01$ мм;

δ_6 – похибка базування вихідної бази заготовки у пристосуванні, $\delta_6 = 0,01$ мм;

δ_3 – похибка, що викликається закріпленням заготовки у пристосуванні, $\delta_3 = 0,01$ мм;

$\delta_{пH}$ – похибка розташування напрямних елементів для інструменту щодо настановних поверхонь пристосування, $\delta_{пH} = 0$ мм;

δ_l – похибка інструменту, що виникає через похибку його виготовлення, $\delta_l = 0$ мм;

δ_{pI} – похибка розташування інструменту на верстаті, вона може мати місце тільки в тому випадку, коли виключена можливість точної вивірки ріжучого інструменту або це не передбачено конструкцією верстата та допоміжного інструменту, $\delta_{pI} = 0$ мм;

δ_3 – похибка, спричинена зношуванням інструменту, $\delta_3 = 0$ мм;

δ_H – похибка налаштування, що виражається в неточності вимірювального пристосування, $\delta_H = 0,01$ мм;

δ_d – похибка деформації інструменту, $\delta_d = 0,02$ мм;

K – коефіцієнт, що враховує кількість доданків. При підсумовуванні складових похибок коефіцієнт можна прийняти рівним 1,1, т.я. кількість доданків дорівнює семи.

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \times \sqrt{0,007^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,01^2 + 0,02^2} = 0,033 \text{ мм.}$$

Оскільки сумарна похибка менша за допуск на координуючий розмір, то точність даного пристрою буде забезпечуватися.

Розрахунок на міцність елемента пристосування

Щоб переконатися в тому, що пристрій досить міцний і здатний витримувати навантаження, зробимо розрахунок на міцність для штока має мінімальний діаметр 25 мм.

Умови розтягування такі:

$$[\sigma_p] \geq \frac{4W}{\pi \times d^2}, \quad (3.9)$$

де W – зусилля затиску, Н; $W = 2826\text{Н}$;

d – діаметр штока, мм; $d = 25 \text{ мм}$;

$[\sigma_p]$ – межа міцності матеріалу штока на розтягування та стиснення, МПа;

$[\sigma_p] = 50 \text{ МПа}$ для сталі 45.

$$[\sigma_p] \geq \frac{4 \times 2826}{3,14 \times 25^2} = 5,76 \text{ МПа} \leq 50 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується, а значить шток може витримати це навантаження.

Обґрунтування вибору матеріалу деталей пристосування

Вибір матеріалу деталей пристосування проводиться виходячи з умов в яких вони працюють. Втулка розтискна виконується із сталі 40ХЛ ДСТУ 4543–91 з подальшою термообробкою хвостовика 42–47 HRC. Настановні деталі та шток виконуються зі сталі 45 ДСТУ 1050–98 з подальшою термообробкою 42–47 HRC.

Розрахунок розмірних ланцюгів

Для нормальної роботи машини або іншого виробу необхідно, щоб деталі, що їх складають, займали одна щодо іншої певне положення. Встановлення оптимального співвідношення номінальних розмірів деталей та допустимих відхилень при розмірному аналізі точності — один з ефективних методів підвищення якості виробів, забезпечення надійності та довговічності їхньої

роботи при одночасному зниженні виробничих витрат. Сутність розрахунку розмірного ланцюга полягає у встановленні допусків, зазорів та граничних відхилень всіх її ланок, виходячи з вимог конструкції та технології.

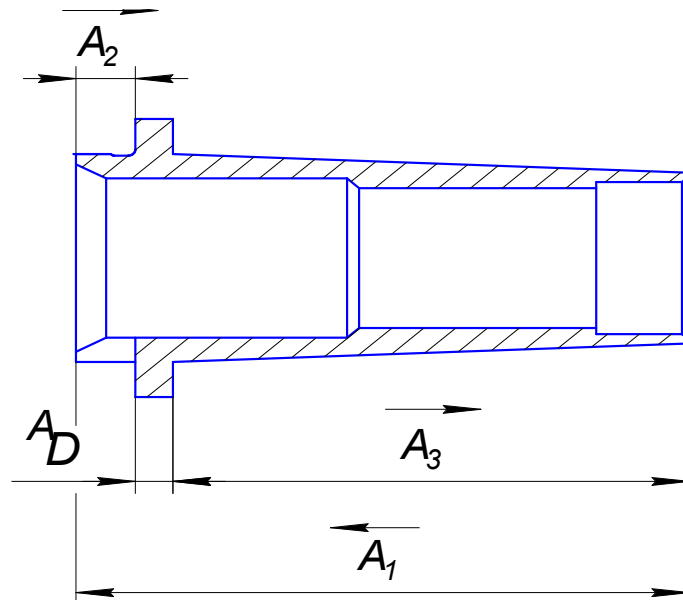


Рисунок 3.3 – Схема розмірного ланцюга

$$A_1=80_{-0,3}; A_2=7,8^{+0,1}; A_3=69^{+0,12}.$$

Номінальний розмір замикаючої ланки

$$A_{\Delta} = \sum A_i - \sum A_j, \quad (3.10)$$

де $\sum A_i$ – сума номінальних розмірів ланок, що збільшують, мм;

$\sum A_j$ – сума номінальних розмірів ланок, що зменшують, мм.

$$A_{\Delta} = 80 - 7,8 - 69 = 3,2 \text{ мм.}$$

Максимальне граничне відхилення розміру ланки, що замикає, визначається за формулою:

$$Es(A_{\Delta}) = \sum Es(A_i) - \sum Ei(A_j), \quad (3.11)$$

$$Es(A_{\Delta}) = 0 - 0 - 0 = 0 \text{ мм.}$$

Мінімальне граничне відхилення розміру замикаючої ланки визначається за формулою:

$$Ei(A_{\Delta}) = \sum Ei(A_i) - \sum Es(A_j), \quad (3.12)$$

$$Ei(A_{\Delta}) = -0,3 - 0,1 - 0,12 = -0,52 \text{ мм.}$$

Допуск замикаючої ланки

$$T(A_{\Delta}) = \sum Es(A_{\Delta}) - \sum Ei(A_{\Delta}), \quad (3.13)$$

$$T(A_{\Delta}) = 0,52 \text{ мм.}$$

Таким чином

$$A_{\Delta} = 3,2_{-0,52}^0 \text{ мм.}$$

Розробка пневмопатрона.

Опис технологічної операції

Технологічна операція 010 полягає в обробці торця та зовнішньої поверхні деталі.

Вибір схеми базування заготовки

Базування відбувається за двома базами. Комплект баз є неповним: установка, що використовується для накладання на заготовку або виріб зв'язків, що позбавляють їх трьох ступенів свободи – переміщення вздовж однієї координатної осі та поворотів навколо двох інших осей (опорні точки 1,2,3; технологічна, явна); подвійна опорна, що використовується для накладання на заготовку або виріб зв'язків, що позбавляють їх двох ступенів свободи – переміщення вздовж двох координатних осей. Провертання заготовки навколо осі запобігає силі затиску.

Складання конструктивної та розрахункової схеми пристосування

Конструктивна схема пристосування представлена на рисунку 5.

Розрахункова схема пристосування наведена на рисунку 6.

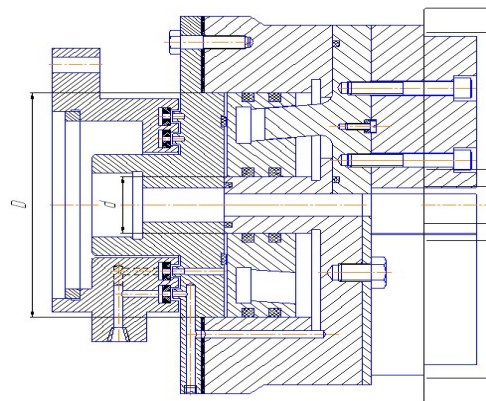


Рисунок 3.4 — Конструктивна схема пристосування

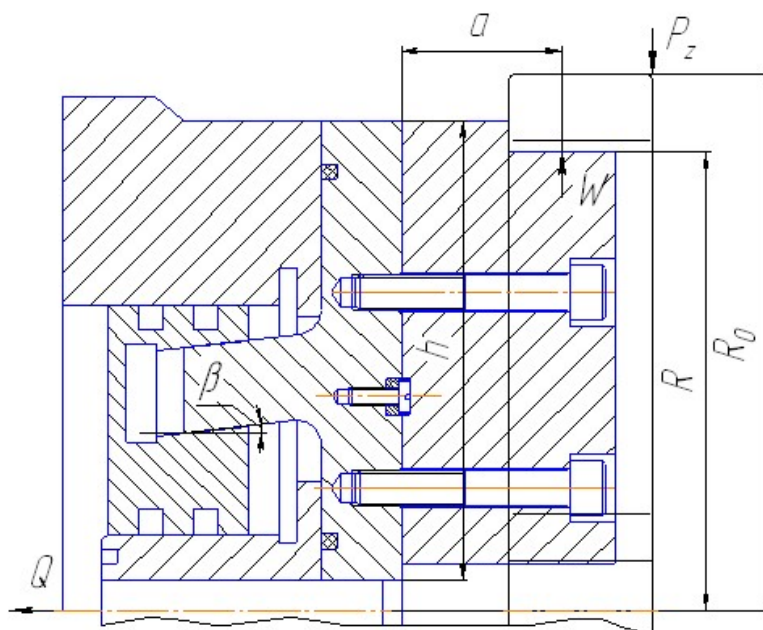


Рисунок 3.5 — Розрахункова схема пристосування

Розрахунок зусилля затиску

Сила затиску визначається за формулою

P_z – сила різання, $P_z = 6445$ Н;

R_0 – радіус оброблюваної поверхні, $R_0 = 151$ мм;

f – коефіцієнт тертя між робочими поверхнями кулачків та оброблюваною заготовкою, $f = 0,2$;

R – радіус частини заготовки, затиснутої кулачками, $R = 150$ мм.

Коефіцієнт запасу визначається за формулою

$K_0 = 1,5$; $K_1 = 1$; $K_2 = 1,2$; $K_4 = 1$; $K_6 = 1,2$.

$K = 1,5 \times 1 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1,2 = 2,16$.

Оскільки значення коефіцієнта K менше 2,5, то приймається значення $K = 2,5$.

Сила затиску за формулою:

$$W_{\text{сум}} = \frac{2,5 \cdot 6445 \cdot 151}{0,2 \cdot 150} = 81100 \text{ Н.}$$

Для пневматичного патрона клинового типу необхідна сила на штоку пневмоциліндра знаходиться за формулою [5]:

$$Q = K_1 (1 + 3a \mu_1 / h) \times \operatorname{tg}(\beta + \varphi) W_{\text{сум}}, \quad (3.14)$$

де K_1 – коефіцієнт, що враховує додаткові сили тертя у патроні, $K_1 = 1,05$;

a – виліт кулачка від середини його опори в пазу патрона до центру застосування сили затиску W на одному кулачку, мм;

μ_1 – коефіцієнт тертя між напрямною поверхнею кулачка та пазом корпусу патрона, $\mu_1 = 0,15$;

h – довжина напрямної частини кулачка, що стикається з пазом корпусу патрона, мм;

β – кут нахилу пазів ковзної втулки для клинної пари патрона, $\beta = 10^\circ$;

φ – кут тертя похилої поверхні клинної пари патрона, $\varphi = 5^\circ 43'$

Конструктивно приймаємо відношення $a/h = 1/9$. Зусилля на штоку за формулою (61):

$$Q = 1,05 \times (1 + 3 \times 0,15 \times 1/9) \times \operatorname{tg}(10^\circ + 5^\circ 43') \times 81100 = 23490 \text{ Н.}$$

Зусилля на штоку визначається за формулою [5]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q}{0,96\pi p \eta}}, \quad (3.15)$$

де D – діаметр пневмоциліндра, мм;

d – діаметр штока, $d = 0,2D$ мм;

p – тиск стисненого повітря, $p = 1$ МПа;

η – КПД, $\eta = 0,85$.

$$D = \sqrt{\frac{23490}{0,96 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 0,85}} = 0,1915 \text{ м} = 191,5 \text{ мм.}$$

Приймаємо за ДСТУ 15608–91 $D = 200$ мм, конструктивно приймаємо $d = 50$ мм.

Дійсне зусилля на штоку за формулою (86):

$$Q = \frac{3,14}{4} \cdot (200^2 - 50^2) \cdot 10^6 \cdot 1 \cdot 10^6 \cdot 0,85 = 25022 \text{ Н.}$$

Дійсна сила затиску заготовки визначається за формулою:

$$W_{\text{д}} = \frac{Q_0}{K_1(1 + 3a\mu_1/h)\text{tg}(\beta + j)}. \quad (3.16)$$

$$W_{\text{д}} = \frac{25022}{1,05\text{г} (1 + 3\text{г} 0,15\text{г} 1/9)\text{г} \text{tg}(10^0 + 5^0 43')} = 86388 \text{ Н}.$$

Розрахунок пристосування на точність

Для забезпечення необхідної точності оброблюваної заготовки має дотримуватися така умова: максимальна результуюча похибка δ_{Σ} має бути меншою за допуск на отримуваний параметр $T_{45_{-0,62}}$ мм приблизно на 10–15%.

Сумарна похибка обробки є наслідком різних факторів та визначається за формулою (79)

$K = 1,1$; $\delta_c = 0,008$ мм; $\delta_{p,п} = 0,01$ мм; $\delta_{п,y} = 0,03$ мм; $\delta_6 = 0$; $\delta_3 = 0,06$ мм; $\delta_{п,н} = 0$; $\delta_{и} = 0$; $\delta_{p,и} = \delta$; $\delta_{из} = 0$; $\delta_{н} = 0$; $\delta_{д} = 0$.

$$\delta_{\Sigma} = 1,1 \times \sqrt{0,008^2 + 0,01^2 + 0,03^2 + 0,06^2} = 0,075 \text{ мм}.$$

Результуюча похибка менша за допуск на розмір, що витримується. $45_{-0,62}$ мм, тобто

$$\delta_{\Sigma} = 0,075 \text{ мм} < T_{H} = 0,62 \text{ мм}.$$

Отже, пристрій забезпечуватиме задану точність.

3.3 Проектування спеціального контрольно-вимірювального калібру

Як спеціальний засіб контролю спроекуємо калібр для контролю співвісності двох внутрішніх та однієї зовнішньої поверхонь щодо бази А.

Схему розташування поверхонь див. у додатку В. Визначимо граничні відхилення та допуски вимірювальних елементів калібру при $T_p = 0,04$ мм:

$$F_1 = F_2 = F_3 = F_0 = 0,012 \text{ мм};$$

$$H_1 = H_2 = H_3 = H_0 = 0,005 \text{ мм};$$

$$W = W = W = 0,005 \text{ мм};$$

$$T_{pk1} = T_{pk2} = T_{pk3} = T_{pk0} = 0,008 \text{ мм}.$$

де F — основне відхилення розміру вимірювального елемента;

H — допуск на виготовлення вимірювального елемента калібру;

W – величина зношування вимірювального елемента калібру;

T_{pk} – позиційний допуск вимірювального елемента калібру.

Визначимо граничні розміри вимірювальних елементів калібру:
для зовнішньої поверхні деталі:

$$d_{kmin} = d_{max} + T_p - F; \quad (3.17)$$

$$d_{kmax} = d_{kmin} + H; \quad (3.18)$$

$$d_{kW} = d_{kmin} + H + W. \quad (3.19)$$

де d_{k1max} , d_{k1min} — найбільший та найменші граничні розміри вимірювального елемента нового калібру;

d_{k1-W} — розмір гранично зношеного вимірювального елемента калібру .

$$d_{k1min} = 45,85 + 0,04 - 0,012 = 45,878 \text{ мм};$$

$$d_{k1max} = 45,878 + 0,005 = 45,883 \text{ мм};$$

$$d_{k1-W} = 45,878 + 0,005 + 0,005 = 45,888 \text{ мм}.$$

для елемента, що контролює внутрішній діаметр 40 мм:

$$d_{k2max} = D_{min} - T_p + F; \quad (3.20)$$

$$d_{k2min} = d_{k2max} - H; \quad (3.21)$$

$$d_{k2-W} = d_{k2max} - H - W. \quad (3.22)$$

$$d_{k2max} = 40 - 0,04 + 0,005 = 39,965 \text{ мм};$$

$$d_{k2min} = 39,965 - 0,005 = 39,960 \text{ мм};$$

$$d_{k2-W} = 39,965 - 0,005 - 0,005 = 39,955 \text{ мм}.$$

для елемента, що контролює внутрішній діаметр 32,4 мм:

$$d_{k3max} = 32,4 - 0,04 + 0,005 = 32,365 \text{ мм};$$

$$d_{k3min} = 32,365 - 0,005 = 32,360 \text{ мм};$$

$$d_{k3-W} = 32,365 - 0,005 - 0,005 = 32,355 \text{ мм}.$$

для базового вимірювального елемента:

$$d_{k0max} = d_{G0-W} + H_0, \quad (3.23)$$

де d_{k0max} — максимальний граничний розмір базового вимірювального елемента нового калібру;

d_{G0-W} — розмір гранично зношеного поелементного прохідного калібру, призначеного для контролю розміру поверхні виробу.

$$d_{k0\max}=46+0,005=46,005\text{ мм.}$$

$$d_{k0\min}=d_{G0-W}, \quad (3.24)$$

де $d_{k0\min}$ – найменший граничний розмір базового вимірювального елемента нового калібру.

$$d_{k0\min}=46 \text{ мм.}$$

$$d_{k0-W}=d_{G0-W}+H_0+W_0; \quad (3.25)$$

$$d_{k0-W}=46+0,005+0,005=46,010 \text{ мм.}$$

для вимірювання інших елементів:

$$d_{k\max}=D_{\min}-T_p+F+H_0; \quad (3.26)$$

$$d_{k\max}=32,360-0,008+0,012+0,005=32,369 \text{ мм.}$$

$$d_{k\min}=d_{k\max}-H; \quad (3.26)$$

$$d_{k\min}=32,369-0,005=32,364 \text{ мм.}$$

$$d_{k-W}=d_{k\max}-H-W; \quad (3.27)$$

$$d_{k-W}=32,369-0,005-0,005=32,359 \text{ мм.}$$

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Вимоги щодо використання промислового устаткування

До роботи на металорізальних верстатах допускається персонал, який пройшов інструктажі (вступний та первинний), навчання, перевірку знань інструкція з охорони праці та має відповідний запис кваліфікаційного посвідчення про результати перевірки знань та кваліфікації. Періодичність перевірки знань один раз на рік, повторного інструктажу – не менше ніж один раз на квартал. Конструкція верстатів та обладнання під час виготовлення деталі "Корпус" має відповідати вимогам ДСТУ 12.2.003–98 "ССБТ. Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки. Крім того, металообробні верстати з ЧПУ повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.009–2000 "ССБТ. Верстати металообробні. Загальні вимоги щодо безпеки".

1) На кожному верстаті має бути зазначений його інвентарний номер. У верстата (або у групи верстатів) має бути вивішений список осіб, які мають право працювати на ньому (них), а також табличка із зазначенням посадової особи (з числа фахівців), відповідальної за утримання у справному стані та безпечну експлуатацію верстатного обладнання в цеху (ділянці). На робочому місці має бути вивішена коротка виписка з інструкції з охорони праці або пам'ятка з техніки безпеки, в якій вказуються для робітника на верстаті основні вимоги щодо безпечних прийомів роботи, а також вимоги до захисних, запобіжних та блокувальних пристроїв. За наявності верстатів однієї групи у приміщенні достатньо однієї виписки з інструкції з охорони праці або пам'ятка техніки безпеки, вивішеної на видному місці, доступному для працюючих. Виробниче обладнання (верстати) мають бути встановлені на міцних фундаментах або основах, ретельно вивірені, надійно закріплені та забарвлені відповідно до вимог ДСТУ 12.4.026–01 "ССБТ. Кольори сигнальні та знаки безпеки". Знову встановлене устаткування або устаткування (верстати), що вийшло з капітального ремонту, може бути введено в роботу після приймання його комісією складання відповідного акта, що затверджує головним інженером

підприємства. Працювати на устаткуванні після встановлення та ремонту дозволяється після перевірки його майстром або начальником підрозділу.

2) Призначення органів управління має бути вказано в написах, що знаходяться поряд з ними, або позначено символами відповідно до ДСТУ 12.4.040–98 “ССБТ. Символи органів управління виробничим обладнанням”. Лімби. Шкали, написи та символи повинні бути чітко виконаними нестираними, що добре читаються на відстані не менше 500 мм.

3) Органи ручного управління обладнання та верстатів повинні бути виконані та розташовані так, щоб користування ними було зручно, не призводило до затискання та наштовхування руки на інші органи управління та частини верстата і щоб у якомога більшою мірою виключався випадковий вплив на ці органи.

4) Усі види верстатних пристроїв (кондуктори, патрони, планшайби, магнітні плити, оправки та ін.) повинні відповідати вимогам ДСТУ 12.2.029–98 “ССБТ. Пристрої верстатні. Вимоги безпеки”. Захисні огороження мають відповідати вимогам ДСТУ 12.2.062–01 “ССБТ. Устаткування виробниче. Огороження захисні”. Працювати на несправних верстатах та устаткуванні, а також на верстатах з несправними чи незакріпленими огорожами забороняється.

5) Струмopовідні частини обладнання повинні бути ізольовані або захищені, або перебувати в недоступних для людей місцях. Металеві частини обладнання, які можуть унаслідок пошкодження ізоляції опинитися під напругою, повинні бути заземлені (занулені) відповідно до “Правил пристрою електроустановок”.

6) Передачі (ремені, ланцюгові, зубчасті та ін.), розташовані поза корпусами верстатів і являють собою небезпеку травмування людей, повинні мати огороження (суцільні, з жалюзі, з отворами) з пристроями (рукоятками, скобами тощо) для зручного та безпечного їх відкриття, зняття, переміщення та встановлення.

7) Внутрішні поверхні дверцят, що закривають рухомі елементи верстатів (наприклад, шестірні, шків), здатні травмувати працюючого, до яких

періодично необхідний доступ для налагодження, зміни ременів і т.п., повинні бути пофарбовані в сигнальний жовтий колір. Якщо вказані елементи, що рухаються, закриваються знімними захисними огороженнями (кришками, кожухами), то забарвленню в жовтий колір підлягають повністю або частково звернені до них поверхні рухомих елементів або суміжних з ними нерухомих деталей, що закриваються огороженнями. З зовнішнього боку огороження має бути нанесений попереджувальний знак безпеки за ДСТУ 12.4.026–96 (рівносторонній трикутник жовтого кольору вершиною доверху з чорним облямуванням і чорним знаком оклику в середині). Під знаком встановлюється табличка за вказаним ГОСТ з написом “При включеному верстаті не відкривати!”. При підвищеній небезпеці травмування захисні огороження (відкриваються та знімні) повинні мати блокування, що автоматично вимикається при їх відкриванні. При цьому вимоги про фарбування зазначених поверхонь у жовтий сигнальний колір та нанесення із зовнішнього боку попереджувального знаку безпеки зберігаються.

8) Верстати та обладнання повинні бути забезпечені пристроями (екранами), що захищають працюючого на верстаті і людей, що знаходяться поблизу верстата, від стружки, що відлітає, і мастильно-охолоджуючої рідини, а також не допускають забруднення нею підлоги. У разі неможливості за технічними умовами застосування захисних пристроїв під час роботи необхідно користуватися захисними окулярами або щитками.

9) Захисні пристрої, що знімаються частіше одного разу на зміну при установці та знятті оброблюваної деталі або інструменту, вимірюванні деталі, налагодженні верстата та в інших випадках, повинні мати масу не більше 6 кг та кріплення без застосування ключів та викруток. Захисні пристрої типу, що відкривається, при встановленому русі повинні переміщатися з зусиллям не більше 40Н (4 кгс).

10) Захисні пристрої не повинні обмежувати технологічні можливості верстата і викликати незручності при роботі, прибиранні, налагодженні, приводити при відкритті до забруднення мастильно-охолоджувальною рідиною.

При необхідності вони повинні бути забезпечені рукоятками, скобами для зручності відкривання, закривання, знімання, переміщення та встановлення. Кріплення захисних пристроїв має бути надійним, що виключає випадки само відкриття. Пристрої, що підтримують огороження у відкритому стані; повинні надійно утримувати їх у цьому положенні.

11) При виконанні роботи на верстаті робітник повинен знаходитися на дерев'яному гратчастому настилі з відстанню між планками не більше 30мм. Якщо роботу можна виконувати сидячи; робоче місце має відповідати вимогам ГОСТ 12.2.032–78 “ССБТ. Робоче місце під час виконання робіт сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

12) Верстати при технічній необхідності повинні оснащуватися індивідуальним підйомним пристроєм для встановлення заготовок понад 8 кг, а також інструментів та пристроїв масою понад 20 кг. Підйомний пристрій повинен утримувати вантаж у будь-якому положенні, навіть у разі несподіваного припинення подачі електроенергії, олії, повітря. Для встановлення заготовок масою більше 25 кг слід використовувати внутрішньоцехові підйомні засоби.

13) Основне та допоміжне обладнання має піддаватися періодичним технічним оглядам та ремонтам у строки, передбачені графіками, затвердженими в установленому порядку.

14) Обладнання, що зупиняється для огляду, чищення або ремонту, повинно бути відключено від технологічних трубопроводів та електроносіїв.

15) При огляді, чищенні, ремонті та демонтажі обладнання їх електроприводи повинні бути знеструмлені, приводні ремені зняті, на пускових пристроях повинні бути вивішені плакати: "Не включати – працюють люди". При необхідності, відповідно до Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів, кабель електродвигуна, що живить, повинен бути заземлений, а зона ремонту огорожена з установкою попереджувальних або забороняючих знаків або плакатів.

16) Монтаж обладнання повинен проводитись у повній відповідності до проекту та інструкцій заводу–виробника.

17) Встановлюване обладнання має бути прийняте в експлуатацію спеціальною комісією з обов'язковою участю працівника служби охорони праці та встановленням акта на відповідність вимогам цих Правил та чинних стандартів ССБТ.

18) Заготовки або деталі, що обробляються на верстатах, повинні міцно і надійно закріплюватися. Устаткування має передаватися в експлуатацію цеху (дільниці) лише після усунення всіх недоліків, виявлених у процесі його випробування. До акту передачі обладнання в експлуатацію має бути додана затверджена інструкція з охорони праці для працюючих на цьому устаткуванні.

19) Верстати, на яких контроль за розмірами оброблюваної деталі здійснюється у процесі обробки, повинні оснащуватися автоматичними контрольно–вимірювальними приладами, індикаторами тощо.

20) Конструкція всіх пристроїв виробничого обладнання для закріплення оброблюваних деталей та інструменту (патронів, планшайб, оправок шпіндельних головок, кондукторів тощо) повинна забезпечувати надійне закріплення та унеможливити самовідгвинчування пристрою під час роботи, у тому числі і при реверсуванні обертання.

21) Робоче місце необхідно завжди утримувати в чистоті і не захащувати. На робочих місцях має бути передбачена площа, на якій розташовуються стелажі, тара, столи та інші пристрої для розміщення оснастки, матеріалів, заготовок, напівфабрикатів, готових деталей та відходів виробництва.

22) Верстати мають бути забезпечені пристроєними або вбудованими пристроями місцевого освітлення зони обробки. У пристроях прибудованого типу повинна бути передбачена можливість зручної надійної установки та фіксації світильників у потрібному положенні. При виконанні дипломного проекту виконувались усі правила та норми щодо ОП і ТБ і жодних шкідливих впливів на робочий персонал понад норму не перевищило. Отже дипломний проект із проектування ділянки виготовлення деталі "Корпус" можна вважати технологічно чистим.

ВИСНОВКИ

В основі даної бакалаврської роботи розглянуто удосконалення технології оброблення деталі “корпус”.

У роботі розроблено технологічний процес на основі типового, приведено техніко–економічне обґрунтування вибору маршруту, який доводить економічну доцільність прийнятої технології.

В технологічному процесі механічної обробки, що розроблявся, в якості технологічного обладнання були впроваджені високопродуктивні верстати з ЧПК фірми HAAS (США).

Так як виробництво серійне то впровадження високопродуктивного устаткування є єдиним можливим варіантом забезпечення високої продуктивності, підвищення якості деталі, що оброблюється, зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на прийоми зв'язані зі зміною режимів різання, переходом з обробки однієї поверхні на іншу, зміною інструменту, що звичайно має місце при обробці декількох поверхонь на універсальних верстатах.

Виконано техніко–економічне обґрунтування вибору заготовки і технологічного процесу обробки, що підтвердило доцільність та економічність прийнятого варіанту. Виконані розрахунки припусків на механічну обробку, що забезпечує раціональне використання металу на виготовлення деталі, розраховані режими обробки які забезпечують високу точність і якість обробки.

Спроековано контрольний пристрій для контролю торцевого биття.

За допомогою САМ програми Esprit створено керуючу програму на верстат HAAS ST–10.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія машинобудування (дипломне проектування) : навч. посіб. І.О. Григурко, М.Ф. Брендюля, С.М. Доценко, 2–ге видання доп. і перероб. – Львів : «Новий Світ – 2000», 2020. – 744 с. 302с.
2. Технологія машинобудування: посібник–довідник для викон. кваліфікац. робіт студ. базового напрямку "Інженерна механіка" та спец. "Технологія машинобудування" / І. І. Юрчишин [та ін.] ; ред. І. І. Юрчишин ; Національний ун–т "Львівська політехніка". – Л. : Видавництво Національного ун–ту "Львівська політехніка", 2009. – 528 с.
3. Технологія машинобудування. Курсове проектування [Текст] : навч. посіб. / О. В. Дерібо, Ж. П. Дусанюк, В. П. Пурдик ; Вінниц. нац. техн. ун–т. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 122 с.
4. Технологія машинобудування. Дипломне проектування [Текст] : навч. посіб. / А. М. Зинченко [та ін.] ; Донбас. держ. техн. ун–т. – Алчевськ : ДонДТУ, 2013. – 311 с.
5. Дячун А. Є. «Технологія обробки типових деталей та складання машин» : методичний посібник з виконання курсового проекту / А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. — 75 с.
6. Гевко, Б. М. Технологічна оснастка. Контрольні пристрої [Текст] : Навчальний посібник. / Б. М. Гевко, М. Г. Дичковський, А. В. Матвійчук. — К. : ТОВ «Кондор» , 2009. – 220 с.
7. Григурко, І. О. Технологія машинобудування: дипломне проектування: Навчальний посібник для ВНЗ / І. О. Григурко, М. Ф. Брендюля, С. М. Доценко. – Львів : Новий світ , 2011 – 573 с.
8. Методичний посібник з виконання дипломної роботи за освітньо–кваліфікаційним рівнем «бакалавр» напрямку підготовки 6.050502 «Інженерна механіка» / Б. М. Гевко, М. І. Пилипець, Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013 – 86 с.
9. Справочник технолога–машиностроителя. В 2–х т. [Текст] / Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение , 1985.

10. Якимов О. В. Технологія автоматизованого машинобудування: Підручник./ О. В. Якимов та ін. // – Одеса: ОНПУ, 2005. – 410 с.
11. Гордєєв А.І. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник / А.І. Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносів, В.Г. Мігаль. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294 с.
12. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / За ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1993. – 300 с.
13. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.
14. Технологія машинобудування: методичні вказівки з курсового проектування для студентів напрямків підготовки “Інженерна механіка” та “Машинобудування” / В.Д. Каразей, Л.В.Присяжний, Ю.В. Савицький .– Хмельницький : ХНУ 2009.– 104с.
15. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>
16. Охорона праці. Методичні вказівки до виконання розділу “Охорона праці” в дипломних проектах студентів спеціальності “Інженерна механіка” та “Машинобудування”/ А.А.Нестер, К.А. Паршенко – Хмельницький: ХНУ – 2009.