

Хмельницький національний університет

Факультет: інженерної механіки
Кафедра: Технології машинобудування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: Розроблення технології виготовлення деталі "фланець приводу барабану (Claas Lexion)" із застосуванням верстатів з ЧПК фірми Haas (США) та САМ-паketу ESPRIT

Виконав студент групи ПМТм-20-1 _____ (О.Я. Лопачов)

Керівник магістерської роботи: _____ (В.В. Милько)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри _____ (В.П. Ткачук)

_____ 2021_ р.

Хмельницький – 2021 р.

Хмельницький національний університет
Факультет _інженерної механіки
Кафедра Технології машинобудування
Спеціальність «Прикладна механіка»

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ
ДИПЛОМНУ РОБОТУ

магістру Лопачову Олександрю Ярославовичу

Тема затверджена наказом ректора

№ 102 від “ 25 серпня ” 2021 р.

Тема роботи: Розроблення технології виготовлення деталі "фланець приводу барабану (Claas Lexion)" із застосуванням верстатів з ЧПК фірми Haas (США) та САМ-паketу ESPRIT

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 30.09.2021

Розділ II _____ 30.10.2021

Розділ III _____ 30.11.2021

Розділ IV _____ 10.12.2021

Перелік графічних матеріалів: 1.Кресленик заданої деталі 1 лист – А2; 2.Кресленик заготовки 1 лист – А2; 3.Графотехнологія 1 лист – А2; 4. Кресленик РТК 1 лист – А1; 5. Кресленик верстатного пристрою 1 листи- А1; Кресленик вимірювального пристрою 1 лист – А1, 8. Дослідницький - 2 листи – А1; 9. Створення програми в САМ Esprit 1 лист – А1

Зав. кафедри _____ В.П. Ткачук

Керівник _____ В.В. Милько

Магістр _____ О.Я. Лопачов

Анотація

Тема роботи: Розроблення технології виготовлення деталі "фланець приводу барабану (Claas Lexion)" із застосуванням верстатів з ЧПК фірми Haas (США) та САМ-паketу ESPRIT

Автор ПБ: Лопачов О.Я. Керівник проекту ПБ: Милько В.В.

Пояснювальна записка містить 91 сторінку і додатки (специфікації складальних креслень, комплект технологічної документації), графічна частина проекту складається з 9 листів формату А1.

Згідно із завданням необхідно було розробити процес механічного оброблення фланець приводу барабану (Claas Lexion). Річна програма випуску 1750 шт.

В пояснювальній записці приводяться всі необхідні розрахунки, вона містить всі необхідні розділи і повністю відповідає встановленим вимогам.

У загальному розділі проекту проводиться аналіз технічних умов, виходячи із службового призначення виробу, заводського технологічного процесу, сучасних досягнень в галузі виготовлення подібних виробів, на основі чого формується задача, яка вирішується в подальших розділах проекту.

У технологічній частині проекту проводиться вибір оптимального виду заготовки, встановлюється необхідна кількість переходів для обробки кожної поверхні, визначається оптимальна структура технологічного процесу, який детально розробляється.

Розроблено пристрій для контролю торцевого биття.

Робота включає організаційні та економічні питання щодо ефективності роботи дільниці.

Розроблено заходи з охорони праці і навколишнього середовища.

Всі прийняті проектні рішення та їх доцільність підтверджено техніко-економічними розрахунками.

Автор проекту: Лопачов О.Я.

2021 р.

/Підпис/

Дата

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1. Службове призначення та технічна характеристика деталі	9
1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі	11
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	15
2.1 Визначення типу виробництва	15
2.2 Вибір заготовки та методів її отримання	17
2.3 Розрахунок припусків	21
2.4 Вибір технологічних баз	28
2.5 Вибір методів обробки поверхонь	30
2.6 Розробка технологічного маршруту обробки деталі	31
2.7 Вибір засобів технологічного обладнання	32
2.8 Вибір різального інструменту та режимів різання	36
2.9 Розрахунок технічних норм часу	43
2.10 Розробка керуючої програми для технологічної операції обробки деталі «Фланець»	47
2.11 Проектування контрольно-вимірювального пристрою	50
3 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	54
3.1 Аналіз умов експлуатації деталей із гладкими циліндричними отворами, що випробовують одностороннє або двостороннє симетричне зношування	54
3.2 Обґрунтування можливості та умов застосування технології електромеханічної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь високотемпературним смуговим джерелом	58
3.3 Результати експериментальних досліджень впливу режимів поверхневого електромеханічного дорнування на експлуатаційні та технологічні властивості залізовуглецевих сплавів ПЕМД відноситься до оздоблювально-зміцнювальних видів ЕМО високотемпературним смуговим джерелом отворів діаметром $d \leq 40$ мм товсто-стінних втулок $D/d \geq 1,2$ і корпусних деталей	69

4 ОХОРОНА ПРАЦІ	81
4.1 Аналіз технологічного процесу з точки зору охорони праці	81
4.2 Мікроклімат	86
4.3 Розрахунок заземлення верстатів	87
Висновки	90
Список використаної літератури	91
Додатки	

ВСТУП

У даний час вектор розвитку світової економіки спрямований у бік формування «шостого технологічного укладу», що ґрунтується на біо- та нанотехнологіях, мехатроніці та робототехніці, технологіях віртуальної реальності, плазмоніці та нанофотоніці, 3D-принтерних технологіях та технологіях генної інженерії. Академік Є.Н.Каблов ще у 2010 р. зазначав, що шостий технологічний уклад оформлятиметься протягом 2010 - 2020 років, а у фазу зрілості вступить у 2040-і роки, причому в 2020 - 2025 роках відбудеться нова технологічна революція. основою якої стануть розробки, які синтезують досягнення зазначених базових напрямів [5].

Зараз в Україні панують п'ятий і четвертий, а також третій технологічний уклади, причому технології п'ятого укладу, заснованого на досягнення атомної енергетики, становлять всього 10%, а більше 50% технологій відноситься до технологій четвертого укладу, що базується на вуглеводневій та частково ядерній енергетиці, і майже третина – до технологій третього укладу, в основі якого лежать технології перетворення електричної енергії [10].

Економіці України життєво необхідно зробити якісний стрибок у напрямі шостого технологічного укладу, фактично перескочити через п'ятий технологічний уклад, в іншому випадку Україна може втратити свою незалежність. Зазначені умови визначають напрями сучасної індустріалізації в Україні.

Використання верстатів з ПУ дає можливість покращити точність механічної обробки, підвищити продуктивність праці на кожному виді діяльності, мінімізувати витрати на виробництво продукції, створити безпечні умови праці, організувати систему багатOVERстатного обслуговування, використовувати обґрунтовані з погляду технологій нормичасу та знизити участь людини у процесі роботи.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець» з використанням сучасного різального інструменту та обладнання з ЧПК (обробний центр).

Мета дипломного проекту визначає такі завдання:

- аналіз вихідних даних;
- розробка технологічного процесу обробки деталі «Фланець» з використанням можливостей ОЦ із ЧПУ HAAS ST-20;
- розробка керуючої програми для виконання механообробки на ОЦ із ЧПУ HAAS ST-20;
- економічне обґрунтування проекту;
- методична розробка питання перепідготовки персоналу для роботи на ОЦ із ЧПУ HAAS ST-20.

У розробленому технологічному процесі передбачається використовувати сучасне високоточне обладнання та ефективний високопродуктивний інструмент, що забезпечить високу якість обробки деталі, що виготовляється.

1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

У деталі «Фланець» 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.

1.1. Службове призначення та технічна характеристика деталі

Деталь «Фланець» відноситься до тіл обертання типу втулка.

Деталь «Фланець» призначена для забезпечення співвісності двох валів у редуктор приводу підйомної лебідки.

В отвори $\varnothing 50JS7$ та $\varnothing 68JS7$ встановлюються підшипники кочення. Поверхня $\varnothing 112h7$ деталь встановлюється в корпус редуктора і кріпиться фланцем $\varnothing 152$ через 6 отворів $\varnothing 11$. Отвори М8-7Н призначені для кріплення до фланця деталі захисної кришки підшипника. Західні фаски по зовнішніх та внутрішніх поверхнях спрощують складальний процес деталей у єдиний вузол.

Деталь «Фланець» виготовляється з конструкційної, легованої сталі марки 40Х ГОСТ 4543-71.

Сталь 40Х широко поширена в машинобудуванні з неї виготовляють осі, вали, плунжери, штоки, колінчасті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправки, рейки, кулачки, зубчасті вінці, болти, півосі, пінолі та інші деталі.

У таблицях 1.1 та 1.2 наведено хімічний склад та механічні властивості сталі 40Х.

На рисунку 1.1 представлено 3D модель деталі «Фланець» створена у середовищі SolidWorks.

Перед початком розроблення технологічного процесу конструкція деталі була проаналізована на міцність у середовищі SolidWorks Simulation.

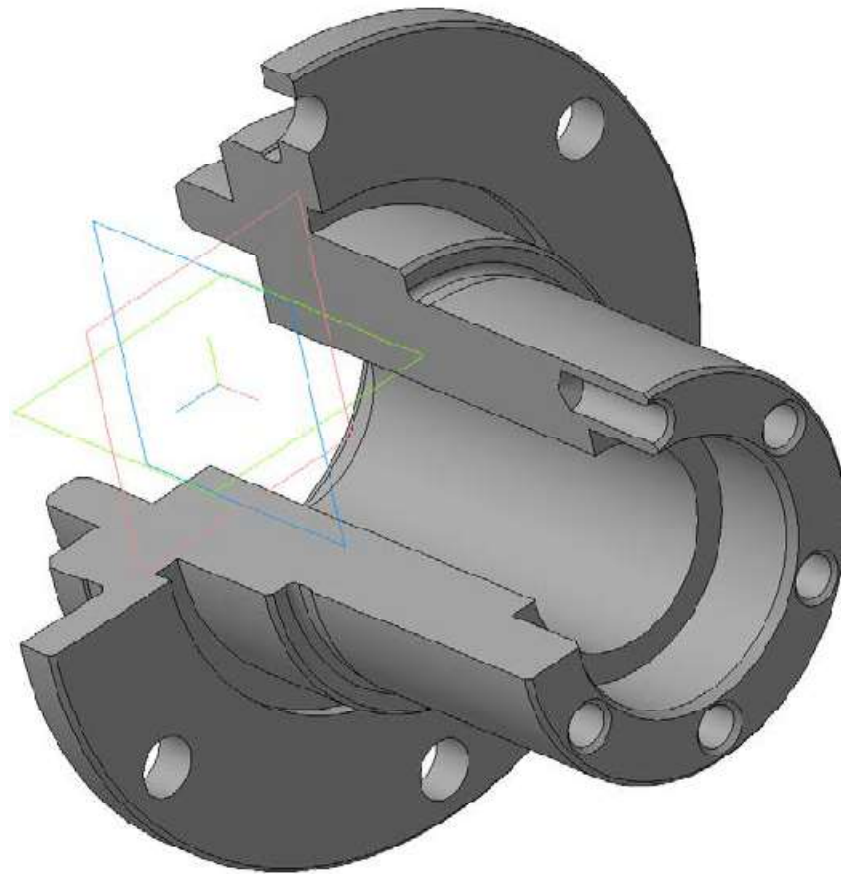


Рисунок 1.1 – 3D модель деталі «Фланець»

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

S	Si	Mn	S	P	Ni	Cr	Cu
			не більше	не більше			
0,36-0,44	0,17-0,37	0,5-0,8	0,035	0,035	до 0,3	0,8-1,1	до 0,3

Таблиця 1.2 - Механічні характеристики сталі 40Х (ГОСТ 4543 – 71)

σ_T	σ_B	$\delta_5, \%$	$\Psi, \%$	α Дж/см ²
785	980	10	45	36

Технологічні властивості сталі 40Х:

- температура кування С° початку 1250, кінця 800, перерізи до 400мм охолоджуються на повітрі.
- зварюваність – важкозварювана;
- флокеночутливість – чутлива;
- схильність до відпускнуї крихкості – схильна.

Матеріал для виготовлення деталі «Фланець» - це конструкційна, легована сталь 40Х, добре обробляється різанням і обробкою тиском, відповідає призначенню деталі, так як дана сталь має підвищену міцність.

1.2. Аналіз технологічності конструкції деталі

Аналіз технологічності конструкції виробу проводиться з метою підвищення продуктивності праці, зниження витрат та скорочення часу на технологічну підготовку виробництва.

Технологічний аналіз деталі проводять як якісний, і кількісний [6].

Якісна оцінка технологічності деталі.

Конфігурація деталі та матеріал, з якого вона виготовлена, дозволяє застосовувати найпрогресивніші заготовки, що скорочують обсяг механічної обробки.

При конструюванні деталі використовувалися прості геометричні форми, що дозволяють застосовувати високопродуктивні методи обробки. Передбачено зручні та надійні технологічні бази.

Забезпечено достатню жорсткість деталі.

Передбачена можливість зручного підведення жорсткого та високопродуктивного інструменту до зони обробки деталі. Забезпечено вільний вхід та вихід інструменту із зони обробки. Конструкція деталі дозволяє виконувати обробку на багатошпиндельних верстатах. Не технологічним є наявність великого перепаду між розмірами 152 і 75, що перевищує 15% і наявність 6-ти глухих різьбових отворів, що вимагатиме застосування спеціальної оснастки.

При якісній оцінці позитивних характеристик більше негативних, тому можемо вважати, що конструкція деталі технологічна.

Кількісна оцінка технологічності деталі.

Коефіцієнти точності обробки та коефіцієнти шорсткості визначаються відповідно до ГОСТ 18831-73. Для цього необхідно розрахувати середню точність та середню шорсткість оброблених поверхонь. Дані з деталей зведемо в таблицю 1.3 і 1.4, в яких

T_i – квалітети, Π_i – значення параметра шорсткості, n_i – кількість розмірів чи поверхонь для кожного квалітету чи шорсткості.

Визначимо коефіцієнт точності [1, с. 229], а результати занесемо до таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Визначення коефіцієнта точності

T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$	T_i	n_i	$T_i \cdot n_i$
7	9	63	14	19	266

$$\Sigma n_i = 28; \Sigma T_i \cdot n_i = 329$$

$$T_{CP} = \frac{\Sigma T_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{329}{28} = 11,75$$

$$K_{TЧ} = 1 - \frac{1}{T_{CP}} = 1 - \frac{1}{11,75} = 0,915$$

Чим вищим є показник $K_{TЧ}$, тим більш технологічною є деталь. Оскільки $K_{TЧ} = 0,915 > K_{TЧнорм} = 0,85$, як видно з розрахунків коефіцієнта точності більше 0,85, отже дана деталь технологічна і забезпечення точності оброблюваних поверхонь не становить складнощів.

Визначення коефіцієнта шорсткості [1, с. 229], а результати занесемо до таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Визначення коефіцієнта шорсткості

	n_i	$Ш_i \cdot n_i$	$Ш_i$	n_i	$Ш_i \cdot n_i$
1,6	3	4,8	6,3	2	12,6
3,2	9	28,8	12,5	12	150

$$\Sigma n_i = 26; \Sigma Ш_i \cdot n_i = 196,2$$

$$Ш_{CP} = \frac{\Sigma Ш_i \cdot n_i}{\Sigma n_i} = \frac{196,2}{26} = 7,546$$

$$K_{Ш} = \frac{1}{Ш_{CP}} = \frac{1}{7,546} = 0,133$$

Чим більше $K_{Ш}$, тим складніше виготовлення деталі, оскільки $K_{Ш} = 0,133 < 0,32$, то деталь за цим показником технологічна. Забезпечення шорсткості поверхонь не становить труднощів.

Коефіцієнт використання матеріалу [6, с. 29]:

$$K_M = \frac{m_{дет}}{m_{заг}} = \frac{4,42}{18,41} = 0,24$$

Отже, за коефіцієнтом точності $K_{ТЧ} = 0,915$, коефіцієнтом шорсткості $K_{Ш} = 0,133$, деталь є технологічною.

Низький коефіцієнт використання матеріалу говорить про те, що базовий варіант отримання заготовки (прокат) не є оптимальним, його слід замінити на інший вид заготовки, що відповідає серійному виробництву, наприклад - штампування.

З службового призначення, аналізу робочого креслення можна сформулювати основні технологічні завдання деталі «Фланець».

Забезпечити якість:

- поверхні $\varnothing 112h7$ та отворів $\varnothing 50JS7$ та $\varnothing 68JS7$ по Ra1,6мкм; 6-ти отворів M8-7H, правих і лівих торців Ra3,2мкм; правого торця та поверхні $\varnothing 75$ по Ra6,3мкм; інші поверхні Ra12,5мкм.

Забезпечити точність розмірів:

- поверхонь $\varnothing 112$ та отворів $\varnothing 50$ та $\varnothing 68$ за 7-м квалітетом, 6-ти отворів M8 за квалітетом 7H, інші поверхні та розміри за 14-м квалітетом.

- забезпечити допуск радіального биття поверхні $\varnothing 112h7$ щодо загальної осі (база А) в межах 0,03мм.

- забезпечити допуск перпендикулярності внутрішніх правих і лівих торців щодо загальної осі (база А) в межах 0,05мм.

- забезпечити допуск перпендикулярності лівого торця щодо загальної осі (база А) не більше 0,03мм.

- забезпечити допуск радіального биття поверхні $\varnothing 85$ щодо загальної осі (база А) в межах 0,1мм.

- забезпечити позиційний допуск отворів M8-7H в межах 0,2мм на діаметр відносно загальної осі (база А).

- забезпечити позиційний допуск 6 отворів $\varnothing 11$ в межах 0,3мм на діаметр відносно загальної осі (база А).

- забезпечити маркування та таврування на бирці відповідно до п.5 ТТ креслення.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

Технологічний процес виготовлення деталі повинен відповідати типу виробництва та його організаційно-технічним характеристикам, визначеним вище.

Загальні правила розроблення технологічних процесів визначено ГОСТ 14.301-83. Відповідно до зазначеного стандарту технологічні процеси поділяються на три види: одиничний, типовий та груповий.

2.1. Визначення типу виробництва

Типи виробництва характеризуються такими значеннями коефіцієнтів закріплення операцій (КЗВ) [6, с. 33]:

Тип виробництва КЗВ

Масове.....1

Серійне:

багатосерійне.....св. 1 до 10

середньосерійне.....св. 10 до 20

дрібносерійне.....св. 20 до 40

Одиничне..... св. 40

Таблиця 2.1 - Залежність типу виробництва від обсягу випуску (шт.) та маси деталі

Вага деталі, кг	Тип виробництва				
	одиничне	дрібносерійне	середньосерійне	багатосерійне	масове
<1,0	<10	10-2000	1500-100000	75000-200000	200000
1,0-2,5	<10	10-1000	1000-50000	50000-100000	100000
2,5-5,0	<10	10-500	500-35000	35000-75000	75000
5,0-10	<10	10-300	300-25000	25000-50000	50000
>10	<10	10-200	200-10000	10000-25000	25000

При масі деталі $m_{дет}=4,42$ кг та річній програмі випуску $N = 1750$ шт.,
Прийmemo тип виробництва - середньосерійне.

Визначимо тип виробництва за коефіцієнтом закріплення операцій $K_{зо}$.

Коефіцієнтом закріплення операцій $K_{зо}$ визначається за формулою [6, с. 33]:

$$K_{з.о.} = \Sigma O / \Sigma P, \quad (2.1)$$

Де ΣO – сумарна кількість операцій, закріплених за кожним робочим місцем;

ΣP – сумарна кількість робочих місць, на яких виконуються дані операції.

Річна програма випуску $N = 1750$ прим.

Маючи у своєму розпорядженні дані про штучний час, визначимо кількість верстатів по [6, с. 33]:

$$m_p = N \cdot T_{шт} / (60 \cdot F_d \cdot \eta_{з.н.}), \quad (2.2)$$

де $F_d = 3946$ год – річний фонд часу при 2-х змінній роботі обладнання;

$\eta_{з.н.} = 0,85$ - нормативний коефіцієнт завантаження.

Встановимо число робочих місць P округляючи у бік m_p .

Визначимо фактичний коефіцієнт завантаження $\eta_{з.ф.}$ по [6, с. 33]:

$$\eta_{з.ф.} = m_p / P \quad (2.3)$$

Кількість операцій за формулою [6, с. 33]:

$$O = \eta_{з.н.} / \eta_{з.ф.} \quad (2.4)$$

Розрахуємо $K_{зо}$ для варіанта тех. процесу (2.2), (2.3):

$m_p = 1750 \cdot 44,15 / (60 \cdot 3946 \cdot 0,85) = 0,38$; прийму $P=1$;

$\eta_{з.ф.} = 0,38/1 = 0,38$; $O = 0,85/0,38 = 2,24$, прийmemo $O=2$.

Тоді за (2.1):

$K_{з.о.} = 2/1 = 2$, що відповідає багатосерійному типу виробництв.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, виготовлених партіями, що періодично повторюються, та порівняно більшим обсягом випуску. Залежно від обсягу випуску виробів серійне

виробництво ділиться на: дрібносерійне, середньо серійне та багатосерійне. Широко застосовуються спеціальні верстати, напівавтомати, автомати та верстати з ЧПУ. Технологічні процеси розробляються докладно, отже, підвищується продуктивність і час виготовлення деталі зменшуються. Устаткування розташовується по ходу технологічного процесу. У серійному виробництві більшість обладнання, пристроїв та інструменту є спеціалізованим.

Кваліфікація робітників нижча, ніж у одиничному виробництві.

Кількість деталей у партії:

$$n = \frac{N \cdot a}{254}, \quad (2.5)$$

де a – періодичність надходження заготовок, $a = 3$ дні [6, с. 33].

Тоді за (2.5):

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{1750 \cdot 3}{254} = 20 \text{ шт}$$

2.2. Вибір заготовки та методів її отримання

Початкові дані:

- Маса деталі 4,42 кг;
- габарити деталі: $\varnothing 152 \times 118$ мм;
- матеріал – сталь 40Х ГОСТ 4543-71 ($\sigma_{\text{в}} = 980$ МПа);
- річне число деталей 1750 шт.

Для виготовлення деталей машинобудівні підприємства використовують різні види прокату чорних і кольорових металів, сталеві зливки, чавун, алюміній, порошкові металургійні матеріали та ін. При обраному конструктором матеріалі деталі можливі різні шляхи перетворення напівфабрикату готову деталь. Чим коротшим буде шлях такого перетворення, тим економнішим виявляється технологічний процес виготовлення деталі. Тому при розробці технологічного процесу насамперед необхідно оцінити можливість виготовлення деталі безпосередньо з напівфабрикату.

Враховуючи заданий матеріал – сталь 40Х, необхідною точністю виготовлення заготовки – для даної деталі «Фланець» ми вибираємо спосіб отримання заготовки – штампування на горизонтально-кувальній машині.

З метою підвищення точності розмірів та поліпшення якості поверхонь застосовують напівгаряче штампування, при якому обмежене окалино утворення. Стійкість пуансонів на ГKM 8-10 тисяч штук.

При річній програмі випуску $N=1750$ деталей знадобиться один комплект пуансонів. Цей спосіб отримання заготовок відповідає серійному типу виробництва, дає високу продуктивність праці, відповідає нормам безпеки.

Для визначення маси деталі її необхідно розбити на елементарні фігури, нехтуючи фасками та канавкою. Спрощений вигляд деталі представлений на рисунку 2.1. У деталі елементарними фігурами будуть циліндри I-X. Поділ деталі на вибрані елементи представлені на рисунку 2.2.

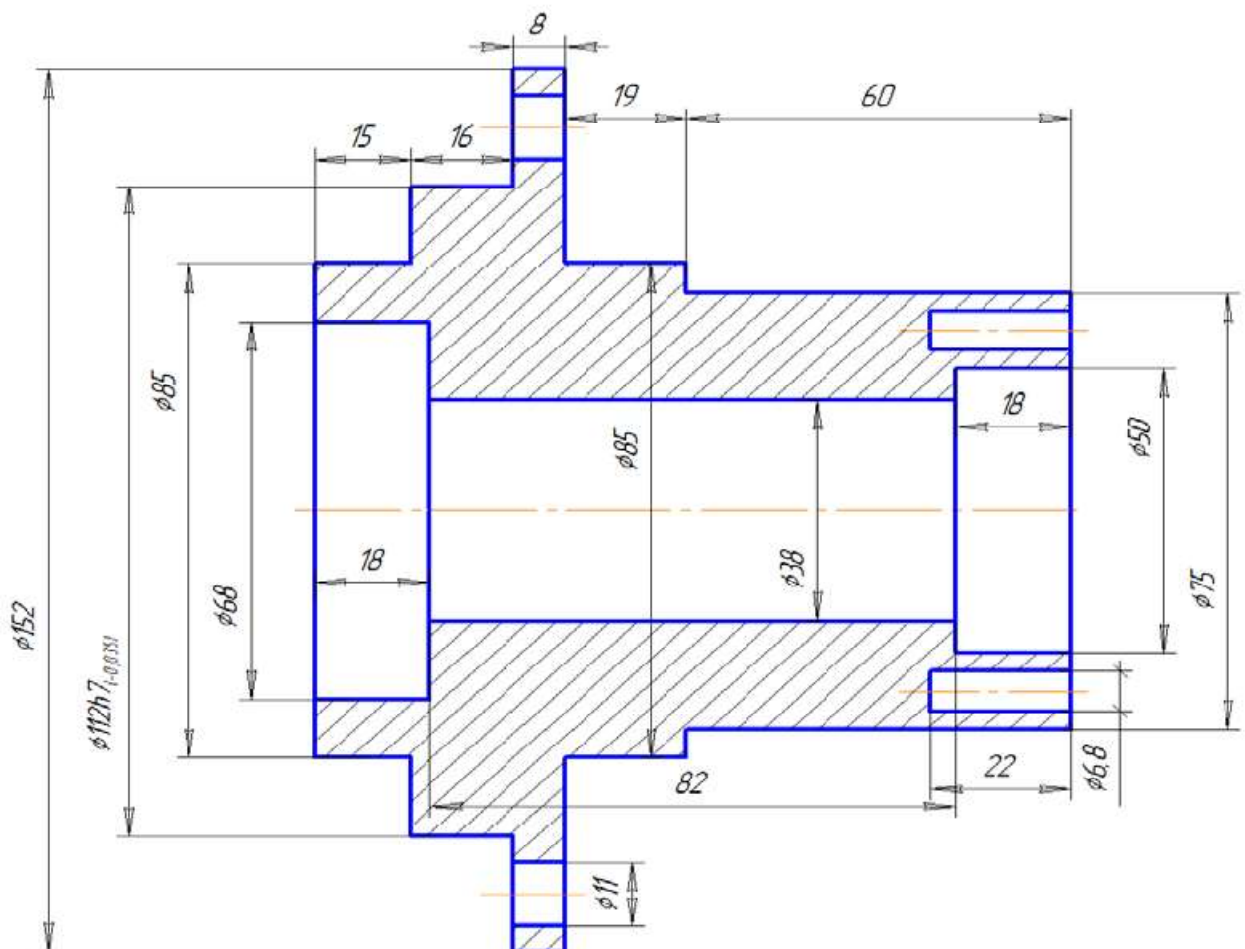


Рисунок 2.1 – Спрощений вигляд деталі

Об'єм визначаємо за такою формулою:

$$V = V_I + V_{II} + V_{III} + V_{IV} + V_V - V_{VI} - V_{VII} - V_{VIII} - 6V_{IX} - 6V_X \quad (2.6)$$

Об'єми елементарних фігур матимуть такі значення:

$$V_I = \pi \left(\frac{85}{2} \right)^2 \cdot 15 = 85074,4 \text{ мм}^3$$

$$V_{II} = \pi \left(\frac{112}{2} \right)^2 \cdot 16 = 157552,6 \text{ мм}^3$$

$$V_{III} = \pi \left(\frac{152}{2} \right)^2 \cdot 8 = 145093,1 \text{ мм}^3$$

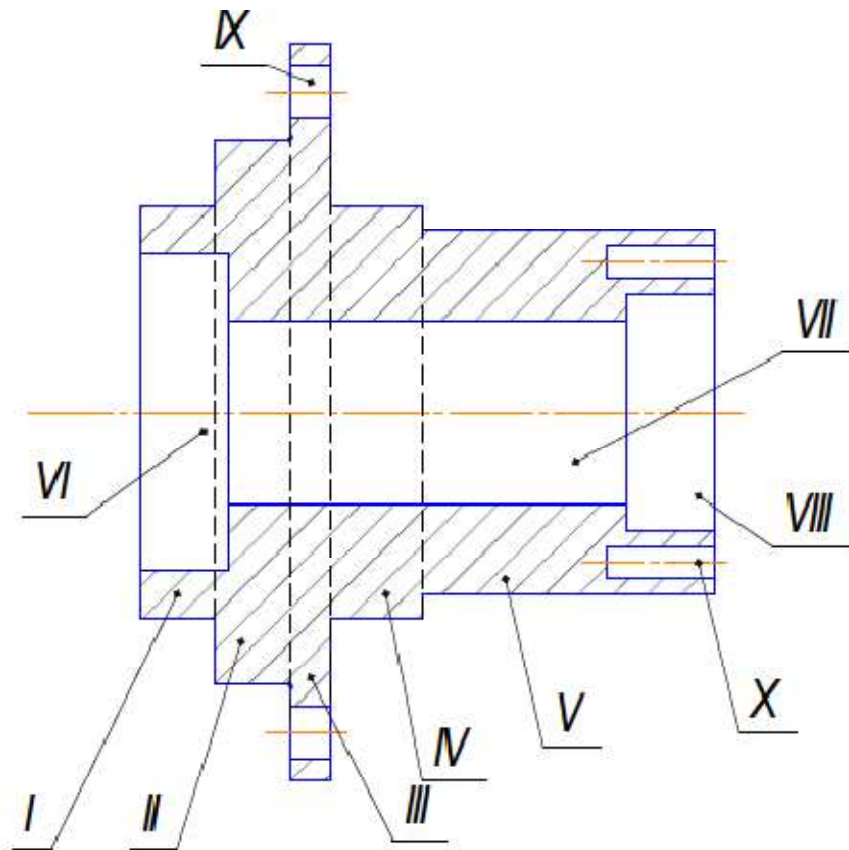


Рисунок 2.2 - Ілюстрація визначення об'єму

$$V_{IV} = \pi \left(\frac{85}{2} \right)^2 \cdot 19 = 107760,9 \text{ мм}^3$$

$$V_V = \pi \left(\frac{75}{2} \right)^2 \cdot 60 = 264937,5 \text{ мм}^3$$

$$V_{VI} = \pi \left(\frac{68}{2} \right)^2 \cdot 18 = 59699,3 \text{ мм}^3$$

$$V_{VII} = \pi \left(\frac{38}{2} \right)^2 \cdot 82 = 92950,3 \text{ мм}^3$$

$$V_{VIII} = \pi \left(\frac{50}{2} \right)^2 \cdot 18 = 33926,1 \text{ мм}^3$$

$$V_{IX} = \pi \left(\frac{11}{2} \right)^2 \cdot 8 = 759,9 \text{ мм}^3$$

$$V_X = \pi \left(\frac{6,8}{2} \right)^2 \cdot 22 = 737,5 \text{ мм}^3$$

Остаточний параметр V (2.6) буде мати таке значення:

$$V = 85074,4 + 157552,6 + 145093,1 + 107760,9 + 264937,5 - 59699,3 - 92950,3 - 33926,1 - 6 \cdot 759,9 - 6 \cdot 737,5 = 564858,3 \text{ мм}^3$$

Маса деталі визначається за такою формулою:

$$m = V \cdot \rho \quad (2.7)$$

$$\rho_{40X} = 0,00781 \text{ г/мм}^3$$

$$\text{Тоді } m = 564858,3 \cdot 0,00782 = 4417,2 \text{ або } 4,42 \text{ кг}$$

Розрахункова маса поковки визначається за формулою:

$$M_{\text{ПР}} = m \cdot K_p \quad (2.8)$$

де $M_{\text{ПР}}$ – розрахункова маса поковки, кг;

m – маса деталі, кг;

K_p – розрахунковий коефіцієнт, що встановлюється відповідно до [6].

За характеристиками деталі наша деталь відноситься до подовженої форми з прямою віссю, K_p для таких деталей відповідає 1,3-1,6. беремо середнє значення 1,33.

Тоді маса поковки матиме наступне значення (2.8):

$$M_{\text{ПР}} = 4,42 \cdot 1,33 = 5,89 \text{ кг}$$

Клас точності поковки встановлюється залежно від технологічного процесу виробництва заготовки та обладнання для її виготовлення, а також виходячи з вимог до точності розмірів поковки відповідно до [6].

Для прийнятого методу штампування можна прийняти клас точності, що дорівнює Т4.

При призначенні групи сталі визначальним є середній масовий вміст вуглецю та легуючих елементів. Відповідно до [6] можна прийняти для аналізованої сталі групу М2. Ступінь складності обчислюють шляхом обчислення відношення маси (об'єму) G_{Π} поковки до маси (об'єму) G_{Φ} геометричної фігури, в яку вписується форма поковки. При визначенні розмірів геометричної фігури, що описує поковку, допускається виходити зі збільшення 1,05 рази габаритних лінійних розмірів деталі, що визначають положення її оброблених поверхонь.

У нашому випадку поковку описує фігура у вигляді циліндра. Його діаметральний розмір $D_{\Phi}=152 \cdot 1,05=159,6$ мм, а лінійний розмір $L_{\Phi}=118 \cdot 1,05=123,9$ мм. Тоді обсяг циліндра визначається як $V_{\Phi} = \pi \cdot \left(\frac{159,6}{2}\right)^2 \cdot 123,9 = 2477460,6 \text{ мм}^3$, а його маса $m_{\Phi}=2477460,5 \cdot 7,82 \cdot 10^{-6}=19,4$ кг.

Співвідношення маси поковки і маси фігури, що описує, матиме таке значення:

$$\frac{G_{\Pi}}{G_{\Phi}} = \frac{6,45}{19,4} = 0,33$$

Відповідно до отриманого параметра по [6, с. 54-56] можна прийняти ступінь складності поковки С2.

Вихідний індекс по відомій групі сталі, ступеня складності та класу точності поковки визначається [6, с. 54-56] і дорівнює 14.

2.3. Розрахунок припусків

За певним раніше вихідним індексом та шорсткістю поверхонь деталі визначаються припуски на поверхні вихідної заготовки (рис. 2.3). Результати вибору оформлюються як таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Визначення основних припусків на заготовку

№ повноти	Товщина, мм	Діаметр, висота, мм	шорсткість, Ra, мкм	припуск на сторону Z, мм
1	118	-	12,5	2,2
15			6,3	2,7
1	-	18	6,3	1,8
5	-	-	3,2	1,8
1	-	15	12,5	1,5
3			12,5	1,5
1	-	37	12,5	1,5
7			3,2	1,8
9	-	79	12,5	2,0
15	-		6,3	2,5
13	-	18	12,5	1,5
15	-		6,3	1,8
2-2	-	38	12,5	1,5
6-6	-	68	1,6	1,9
4-4	-	50	1,6	1,7
10-10	-	75	6,3	2,5
12-12	-	85	12,5	1,7
14-14	-	85	12,5	1,7
18-18	-	112	1,6	2,3
20-20	-	152	12,5	1,9

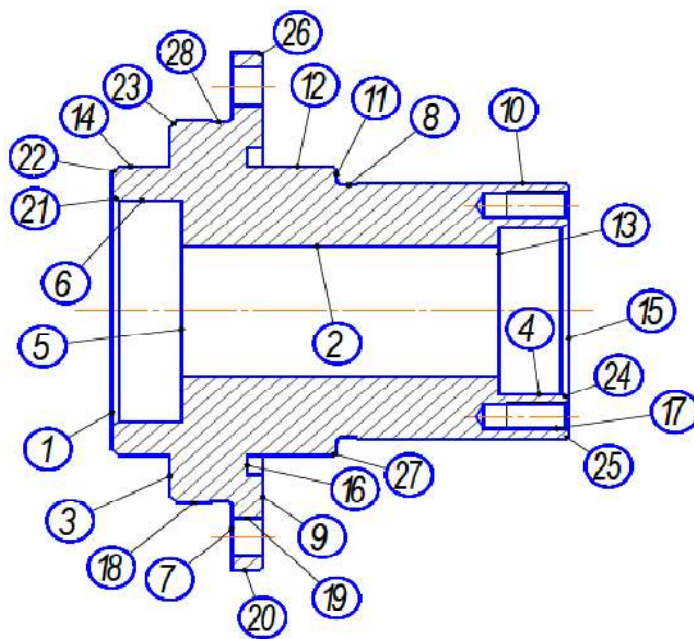


Рисунок 2.3 – Нумерація поверхонь

Визначення додаткових та загальних припусків та номінальних розмірів заготовки

Відповідно до [6] залежно від маси та класу точності поковки призначаються додаткові припуски на поверхні заготовки, що враховують зміщення поверхні роз'єму штампугарення та жолоблення заготовки. Загальні припуски та кінцеві розміри заготівлі представлені у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 - Загальний припуск та розмір вихідної заготовки, мм

Номер поверхні	Розмір деталі, мм	Припуск			Розмір заготовки, мм
		Основний, мм	Додатковий, мм	Загальний, мм	
1-15	118	2,7	0,3	3,0	124
1-5	18	1,8	0,3	2,1	18,9
1-3	15	1,5	0,3	1,8	16,2
1-7	31	1,8	0,3	2,1	31,9
9-15	79	2,5	0,3	2,8	79,2
13-15	18	1,8	0,3	2,1	18,9
2-2	38	1,5	0,4	1,9	34,2
6-6	68	1,9	0,4	2,3	63,4
4-4	50	1,7	0,4	2,1	45,8
10-10	75	2,5	0,4	2,9	80,8
12-12	85	1,7	0,4	2,1	89,2
14-14	85	1,7	0,4	2,1	89,2
18-18	112	2,3	0,4	2,7	117,4
20-20	152	1,9	0,4	2,5	157

Призначення допусків, граничних відхилень та визначення розмірів вихідної заготовки

Для визначення допусків на розміри вихідної заготовки скористаємось [6], при цьому правила вибору допусків розмірів відповідають правилам призначення припусків.

За результатами комп'ютерного моделювання заготовки програмі Компас-3D V16, що враховує всі конструктивні особливості (радіус заокруглень, глибину), отримуємо точніше значення маси поковки МПР = 5,14 кг.

Розрахунково-аналітичний метод визначення припусків на обробку (РАМВП), розроблений професором В. М. Кованом, базується на аналізі факторів, що впливають на припуски попереднього та виконуваного переходів тих. процесу обробки поверхні.

Розрахункові формули визначення припуску беруться з [6, стор. 84-86].

Мінімальний припуск при обробці зовнішніх та внутрішніх поверхонь (двосторонній припуск) розраховується за формулою:

$$2 \cdot Z_{i \min} = 2 \cdot \left[(Rz + h)_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right] \quad (2.9)$$

де Rz_{i-1} – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

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

ρ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні (відхилення від паралельності, перпендикулярності, симетричності, перетину осей, позиційне) та відхилення форми поверхні (відхилення від площинності, прямолінійності) на попередньому переході.

ε_i – похибка установки заготовки в пристрої на виконуваному переході.

Значення просторового відхилення ρ визначається за допомогою такого виразу:

$$\rho = \sqrt{\rho_{см}^2 + \rho_{ексц}^2} \quad (2.10)$$

Де $\rho_{см}$ - зміщення половин штамп (утворюється в результаті зміщення верхньої половини штамп щодо нижньої, що є базою);

$\rho_{ексц}$ - ексцентриситет прошитого отвору.

Значення похибки установки на цьому переході ε буде визначатися за допомогою наступного виразу:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_{\text{закр}}^2} \quad (2.11)$$

де $\varepsilon_{\bar{o}}$ - похибка базування заготовки;

$\varepsilon_{\text{закр}}$ - похибка закріплення заготовки, що залежить від виду настановного елемента пристрою та стану базової поверхні заготовки на даному установі.

За величиною Z_{\min} визначається номінальне значення припуску:

$$2Z_{\text{номі}} = 2Z_{\text{міні}} + Td_{i-1}, \quad (2.12)$$

де Td_{i-1} - допуск на розмір, отриманий на попередньому переході, що визначаються відповідно до точності етапу обробки поверхні.

Допуск поверхні, що обробляється з чорної бази на першому переході, обчислюється за такою залежністю:

$$Td_1 = (Td_{\text{заг}} - Td_{\text{обр}})/2, \quad (2.13)$$

де $Td_{\text{заг}}$ - допуск розміру на вихідній заготовці;

$Td_{\text{обр}}$ - допуск, що відповідає точності першого етапу обробки.

Номінальне значення припуску першому переході визначається:

- для зовнішніх поверхонь:

$$2Z_{\text{номі}} = Z_{\text{міні}} + EI_0, \quad (2.14)$$

- для внутрішніх поверхонь:

$$2Z_{\text{номі}} = Z_{\text{міні}} + ES_0, \quad (2.15)$$

де EI_0 і ES_0 - нижнє та верхнє граничні відхилення розміру.

Розрахункова формула для визначення розмірів

- для внутрішніх поверхонь:

$$D_i = D_{i+1} - 2 \cdot Z_{i+1}, \quad (2.16)$$

- для зовнішніх поверхонь:

$$D_i = D_{i+1} - 2 \cdot Z_{i+1}, \quad (2.17)$$

де D_{i+1} – розмір даної поверхні, що отримується на наступному переході.

У даній роботі згідно з таблицею обраних етапів та методів обробки поверхонь розрахунок припусків та міжопераційних розмірів доцільно провести на циліндричні поверхні, які обробляються більше одного переходу. Це буде поверхня 18 ($\emptyset 1127h_{-0,035}$)

1) Розрахуємо операційні припуски для зовнішньої поверхні 18 ($\emptyset 127h_{0,035}$) – шорсткість поверхні Ra1,6). Розмір заготовки становить $\emptyset 117,4_{-1,1}^{+2,1}$ мм.

Поверхня 18 виходить за 2 переходи "точити попередньо", "точити остаточно", в межах однієї операції.

Відповідно до [6, с. 84-87] якість поверхні поковок, що виготовляються штампуванням для маси поковки св.4 до 25 кг показники Rz і h становлять 200 і 250 мкм відповідно.

Відповідно до [6, с. 84-87] визначимо точність і якість поверхонь штампованих поковок після мех. обробки

для переходу "точити заздалегідь" Rz і h становлять 63 мкм і 63 мкм відповідно (забезпечуваний квалітет 12),

для переходу "точити остаточно" Rz і h становлять 16 мкм і 16 мкм відповідно (забезпечуваний квалітет 10),

Для базування заготовки на оправці з пружним втулками та гідропластом при l понад $3d$ похибка базування ε_6 становить 10-20 мкм згідно з [1]. Оскільки заготовка цьому установі обробляється більше одного разу, то початкова величина похибки базування зменшується. Прийmemo, що для другого і третього переходу вона настільки мала, що її можна знехтувати.

Значення ексцентриситету або відхилення від співвісності $\rho_{ексц}$ дорівнює нулю.

Зміщення половин штампу $\rho_{см}$ враховано при проектуванні заготовки і вже закладено у припуск на даному розмірі.

Значення мінімальних припусків переходів дорівнюватимуть

$$Z_{2min} = 50 + 50 + |20| = 120 \text{ мкм} = 0,12 \text{ мм}$$

$$Z_{1min} = 250 + 200 = 450 \text{ мкм} = 0,45 \text{ мм}$$

Значення номінальних припусків з переходів дорівнюватимуть

$$2Z_{ном2} = 2 \cdot 0,12 + 0,35 = 0,59 \text{ мм}$$

Номінальне значення припуску на першому переході дорівнює

$$2Z_{ном1} = 2 \cdot 0,45 + |-161| = 2,0 \text{ мм}$$

Значення технологічних розмірів відповідно до переходів

$$D_2 = 112 + 0,24 = 112,24 \text{ мм}$$

$$D_1 = 112,24 + 0,59 = 112,83 \text{ мм}$$

Зведемо розраховані значення припусків і діаметрів таблицю 2.4 на поверхні 8.

Таблиця 2.4 – Технологічні параметри для поверхні

№	Назва переходу	Rz, мкм	h, мкм	ρ, мкм	ε, мкм	Td, мм	Z _{min} , мм	2Z, мм
0	Вихідна заготовка	200	250	-	-	+2,1 -1,1	-	-
1	Точити попередньо	63	63	-	20	0,35	0,45	2,0
2	Точити остаточно	16	16	-	-	0,14	0,12	0,59

Розмірна схема обробки поверхні 18 представлена рисунку 2.4. Всі параметри на схемі крім мінімальних припусків представлені в радіусному вираженні.

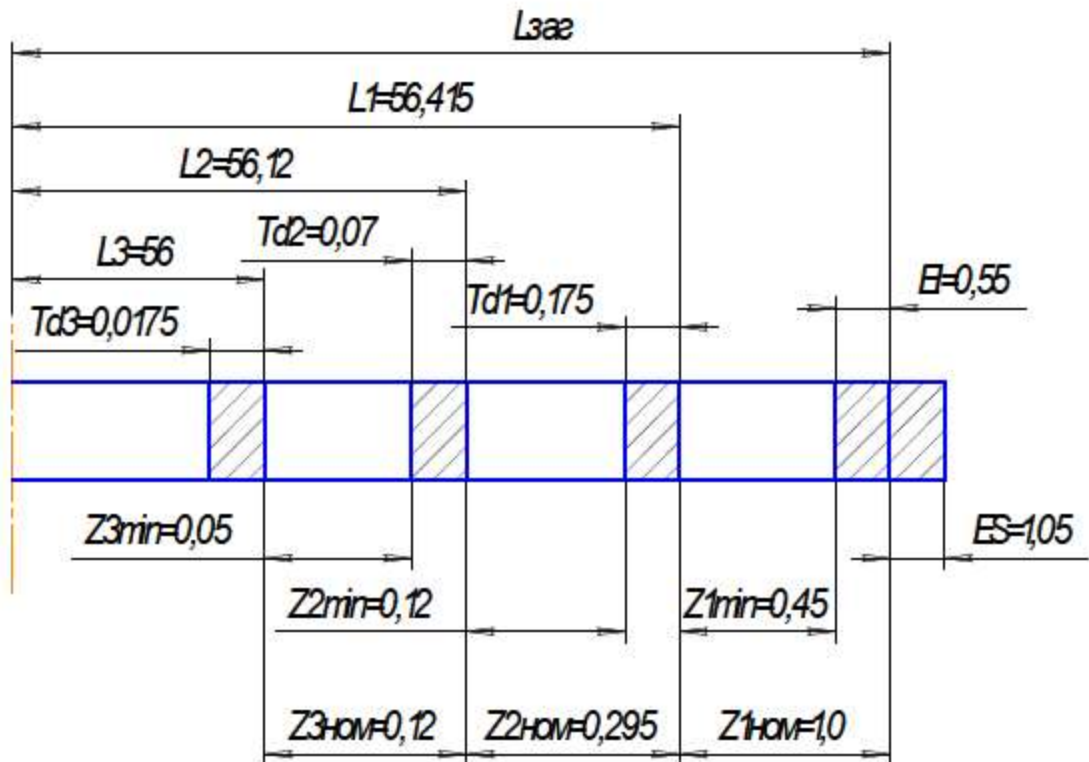


Рисунок 2.4 – Розмірна схема обробки поверхні $\varnothing 12h7-0,035$

2.4. Вибір технологічних баз

Базування вирішує завдання взаємної орієнтації деталей та вузлів при складанні та обробці заготовок на верстатах. Технологічні основи застосовуються для визначення положення виробу у процесі виготовлення. Виділяють основні та допоміжні технологічні бази, чорнові та чистові бази. До основних технологічних баз відносять лівий торець та поверхню $\varnothing 12h7$. До допоміжних баз відносять отвори кріплення і отвори $\varnothing 50JS7$ і $\varnothing 68JS7$.

До чорнових баз відносять поверхні, що використовуються на першій операції, коли відсутні оброблені поверхні.

У нашому випадку чорною базою буде торець «А» та поверхня «Б». Торець «А» позбавляє деталь 3-х ступенів свободи (одного переміщення та двох обертань), а поверхня «Б» – 2-х ступенів свободи (двох переміщень). Отже, базування не повне.

Схема чорнового базування рисунку 2.5.

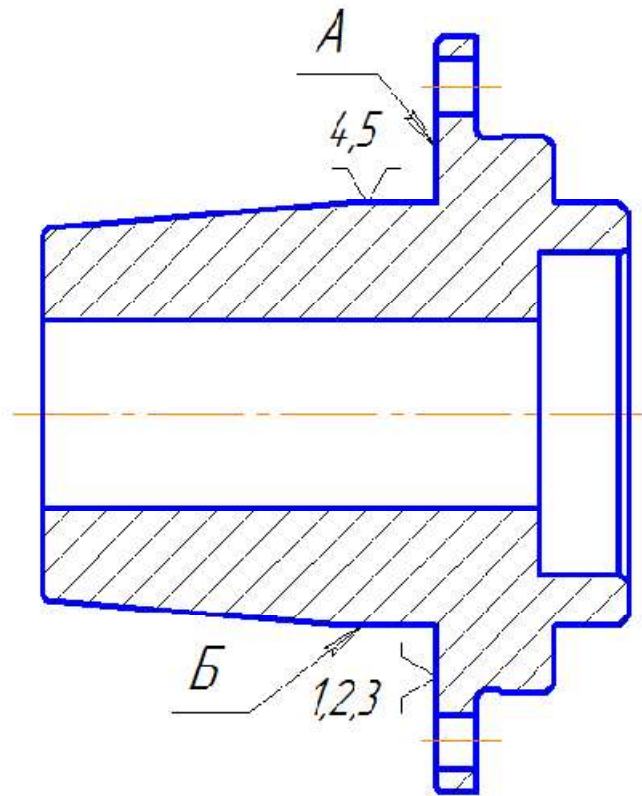


Рисунок 2.5 - Чорнові основи технологічного процесу (Установ А)

Чистова база – це оброблена поверхня, на яку встановлюється деталь під час обробки. У нашому випадку чистовими базами є торець «В» та поверхня «Г».

Торець «В» – позбавляє деталь 3-х ступенів свободи (одного переміщення та двох обертань), поверхня «Г» позбавляє деталь 2-х ступенів свободи (двох переміщень). Отже, базування не повне.

Чистове базування представлено рисунку 2.6.

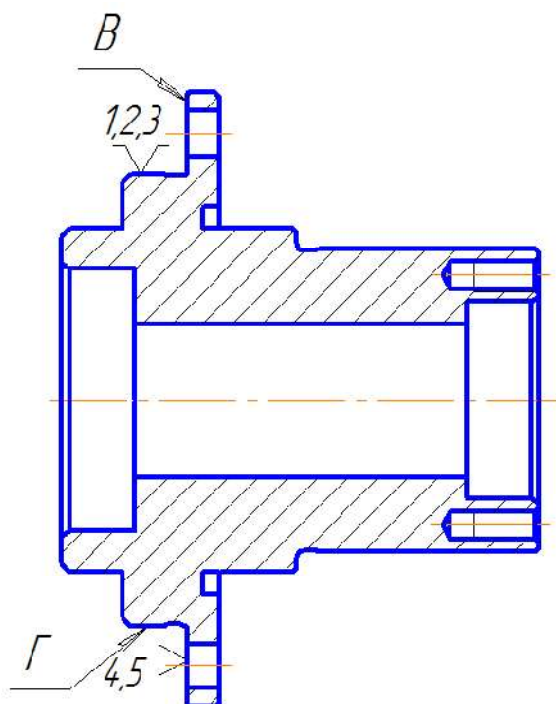


Рисунок 2.6 – Чистові основи технологічного процесу (Установ Б)

2.5. Вибір методів обробки поверхонь

На рисунку 2.7 позначимо оброблювані поверхні та призначимо на них методи обробки.

Методи обробки вибиратимемо за таблицями економічної точності [1, с. 150 табл. 3]:

- отвір 1: свердління;
- Поверхні 2, 4 і 11: точіння одноразове;
- Поверхні 3 і 14: точіння чорнове та чистове, шліфування;
- отвори 5, 15 та 16: розточування одноразове;
- торці 7, 8, 9, 12, 13: точіння одноразове;
- отвори 17: свердління та нарізування різьблення;
- канавка 10: точіння одноразове.

Таблиця 2.5 - Проектний варіант обробки деталі «Фланець»

№ опер	Зміст операції – Комплексна на обробному центрі з ЧПУ	Обладнання
005	Точити торець 8 поверхні 4, 7, 3, 9, 2 точити канавку, свердлили отвір 16, розточити отвір 5 і 16.	Токарний центр HAAS ST-20
010	Точити торець 13, точити поверхню 14, 12, 11, точити фаски. Точити канавку 10. Розточити отвір 15.	Токарний центр HAAS ST-20
015	Свердлили 6 отворів 1. Свердлили та нарізати різьблення в отворах 17.	Фрезерний HAAS VF-2
020	Шліфувати поверхні 4 (установ А), 16 (Установ Б)	Кругло Шліфувальний ЗМ131
	Промивання	Машина мийна
015	Контроль	Стіл контрольний

2.7. Вибір засобів технологічного обладнання

Засоби технологічного обладнання

До засобів технологічного обладнання належать: технологічне обладнання; технологічне оснащення (у тому числі інструменти та засоби контролю); пристосування, засоби механізації та автоматизації технологічних процесів [6, с. 77].

Вибір обладнання

Вибір типу верстата поєднується з його можливостями забезпечити технічні вимоги, форми та якості оброблюваних поверхонь.

При виборі верстата особливу увагу слід звернути на використання обробних центрів з ЧПУ, що є одним із основних засобів автоматизації механічної обробки у машинобудуванні.

У дипломному проекті пропонується використовувати токарний центр із ЧПУ моделі HAAS ST-20(Виробник: HAAS США).

HAAS ST-20- це компактний високопродуктивний токарний верстат з концепцією TWIN для комплексної обробки частин штоків, валів та патронів по 4 осях. На цьому токарному верстаті можна точити деталі середнього розміру по 4 осі.

Сучасна загальна концепція із системою рідинного охолодження для головного шпинделя та контршпинделя, додаткові револьверні головки, включаючи вісь Y та прецизійний інтерфейс TRIFIX®, а також запатентований хід у горизонтальній площині (опція) контршпинделя/задньої бабки та зручне програмне забезпечення 20 відсотків порівняно із попередніми аналогічними верстатами. Займає ще менше місця.

Опис токарного центру моделі HAAS ST-20:

-інтегрований шпиндель-двигун із системою водяного охолодження на головному шпинделі та контршпинделі;

-2 револьвери на 12 місць VDI 40 Direct Drive з максимальною частотою обертання: 10000 об/хв для швидкого знімання металів (опція);

-вісь Y на обох револьверних головках (верхня ± 60 мм, нижня ± 40 мм) (опція) для комплексної обробки частин штоків, валів та патронів;

-Револьвер з прецизійним інтерфейсом TRIFIX © для швидкого налагодження, збільшення точності та стабільності інструменту;

-запатентований хід у горизонтальній площині (опція) контршпинделя/задньої бабки для гнучкого використання робочої зони

Приклад: Обробка по 4 осях та опора на головний шпиндель або паралельна обробка на головному шпинделі та контршпинделі (опція).

- короткий час обробки зі швидким переміщенням до 45 м/хв;

- просте та швидке програмування завдяки Siemens ShopTurn 3G;

- висока стабільність та постійна точність, міцна конструкція, що направляють розміру 45.

Технічні характеристики токарного центру з ЧПК моделі HAAS ST-20 представлені у таблиці 2.6 [20].

Таблиця 2.6 - Характеристики токарного центру з ЧПК моделі HAAS ST-20

Діаметр обробки деталі над супортом	410 мм
Довжина обробки	800 мм
Швидкість обертання основного шпинделя	0 - 5000 об/хв
Швидкість обертання протишпинделя	0 - 6000 об/хв
Потужність головного приводу	25 кВт
Потужність протишпинделя	25 кВт
Потужність приводу інструменту, що обертається	14 кВт
Швидкість обертання приводного інструменту	0 - 4000 об/хв
Дискретність завдання переміщення	1 мкм
Переміщення по осі X	300 мм
Переміщення по осі Y	±60 мм
Переміщення по осі Z	800 мм
Кількість інструментів у револьверній головці	12
Найбільший переріз державки різця, мм	25x25
Система ЧПУ	HAAS-FANUC
Вага станка	6100 кг
Габаритні розміри верстата, LxVxH	3390x1890x1950 мм

На рисунках 2.8 і 2.9 показаний токарний центр з ЧПК моделі HAAS ST-20 вертикально фрезерний верстат з ЧПК HAAS VF-2.



Рисунок 2.8 – Токарний центр із ЧПК моделі HAAS ST-20



Рисунок 2.9 – Вертикально фрезерний верстат з ЧПК HAAS VF-2

2.8. Вибір різального інструменту та режимів різання

Пропонується використовувати ріжучий інструмент фірми Sandvik Coromant [15, 16]. Ріжучий інструмент для технологічного процесу, що розробляється, вибираємо, відповідно до рекомендацій, викладених у каталогах металорізального інструменту фірми «Sandvik Coromant».

При виборі інструменту та «початкових» режимів різання, перш за все, необхідно визначити належність оброблюваного матеріалу до однієї з шести груп. Ця класифікація матеріалів ведеться відповідно до стандарту ISO 513: представники (матеріали) кожної групи викликають у процесі їх обробки якісно однаковий тип навантаження на ріжучу кромку, і, подібний тип зношування.

Сталь 40X належить до групи матеріалів P2.2 [15, с. 1215].

Операція 005 Комплексна з ЧПК

Установ А.

Перехід 1. Точити торець 8, поверхні 4, 7, 3, 9, 2.

Режими різання

Державка для зовнішнього точіння PCLNL 2020K 12HP [15, с. 184], де позначено: P – спосіб кріплення ШМД (притиск важелем через отвір), C – форма пластини (ромб 80°), L – головний кут у плані (95°), N – задній кут пластини (0°), L – напрямок різання (ліве), 20 – висота державки (20мм), 20 – ширина державки (20мм), K – довжина державки (125мм), 12 – розмір пластини (12мм), HP – позначення виробника [15, с. 1231] (рис. 2.10).

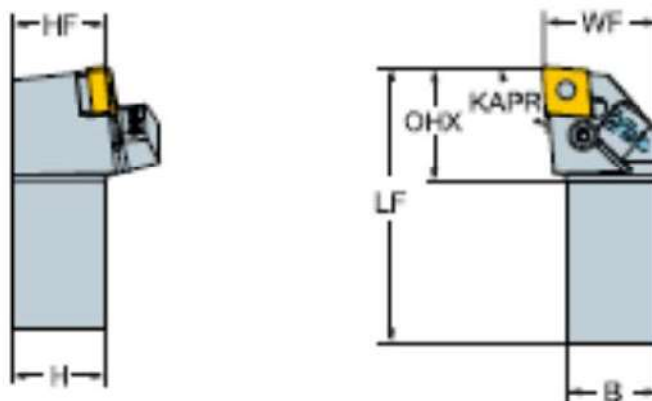


Рисунок 2.10 – Державка токарна

Розміри держави: $H = B = 20\text{мм}$, $HF = 20\text{мм}$, $WF = 25\text{мм}$, $LF = 125\text{мм}$ [15, с. 184].

Пластина CNMG 120408 PMC GC4325 [15, с. 87], де позначено: С - форма пластини (ромб 80°), N - задній кут пластини (рівний 0°), М - клас точності, G - виконання СМП (спеціальна), 12 - номінальна довжина ріжучої кромки, 04 - товщина (4,76 мм), 08 - радіус при вершині, PMC - позначення виробника, 4315 - матеріал пластини [15, с. 1221-1222]. На рисунку 3.7 покажемо скріншот із каталогу фірми «Sandvik Coromant» за позначенням ШМД.

Матеріал пластини GC4325 – сплав першого вибору точіння сталі. Твердий сплав з покриттям CDV для чистового та чорнового точіння сталі, сталевого лиття. Цей сплав рекомендується як для безперервного, так і для переривчастого різання. Сплав для широкого спектра сфер застосування. Відмінні характеристики завдяки новій технології покриття Inveio [15, с. 633].

Рекомендовані режими різання: $a_p=0,25\text{...}3\text{мм}$, $f_n=0,15\text{...}0,40\text{мм/об}$ [15, с. 608], $V_c=255\text{...}180\text{м/хв}$ [15, с. 600].

Перехід 2. Точити поверхні 3 і 9 остаточно, точити канавку та фаску.

Державка токарна для зовнішньої обробки TR-D13JCL 1616K-S [15, с. 566] (рисунок 2.11).

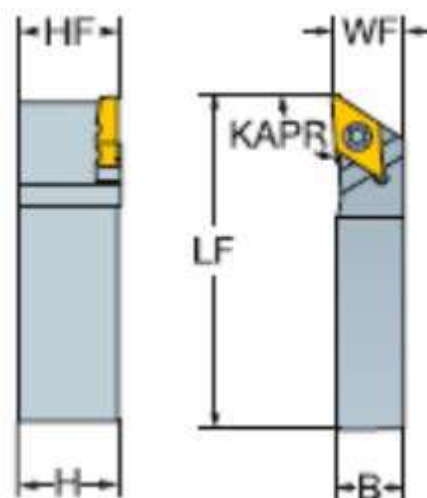


Рисунок 2.11 – Державка токарна

Розміри держави: $H=B=16$ мм, $HF=16$ мм, $WF=16$ мм, $LF=125$ мм [15, с. 566].

Пластина TR-DC1308-F GC4325 [15, с. 559].

Рекомендовані режими різання: $a_p=0,15\text{...}3$ мм, $f=0,10\text{...}0,40$ мм/об [15, з. 619], $V_c = 255 \dots 180$ м/хв [15, с. 600].

Перехід 3. Свердлити отвір 16.

Свердло із змінними пластинами 880-D3600C5-04 [16, с. 582] (рис. 3.9).

Розміри свердла: $D_{CON} = 50$ мм, $LF = 191,4$ мм, $OAL = 225$ мм, $LB_1 = 148$ мм, $D_C = 36$ мм [16, с. 582].

Пластина центральна 880-07 0406H-C-LM GC044 [16, с. 577].

Пластина периферійна 880-07 04 W10H-P-LM GC4325 [16, с. 578].

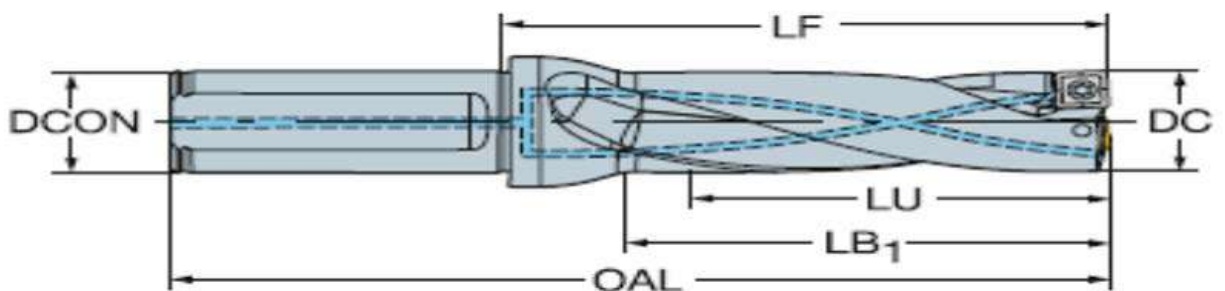


Рисунок 2.12 – Свердло зі змінними пластинами

Рекомендовані режими різання: $a_p=0,3\text{...}3$ мм, $f=0,06\text{...}0,22$ мм/об [16, с. 718], $V_c = 75 \dots 140$ м/хв [16, с. 717].

Перехід 4. Розточити відп. 5 попередньо та відп. 16 остаточно.

Оправлення розточувальне A32T-SCLCL 12 [15, с. 445] (рис. 2.13).

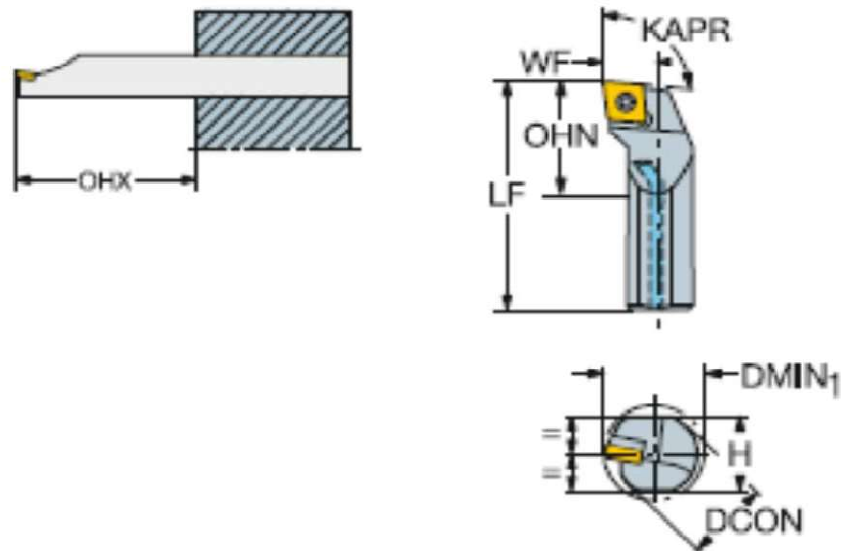


Рисунок 2.13 – Оправлення розточувальне Coro Turn 107

Розміри різця: $DMIN_1=40\text{мм}$, $OHX = 128\text{мм}$, $OHN = 48\text{мм}$, $DCON = 32\text{мм}$, $H = 30\text{мм}$, $BD_1 = 32\text{мм}$, $LF = 300\text{мм}$, $WF = 22\text{мм}$ [15, с. 445].

Пластина CCMT 120408-UR GC4325 [15, с. 335].

Рекомендовані режими різання: $a_p= 1...4\text{ мм}$, $f=0,15...0,50\text{ мм/об}$ [15, с. 615], $V_c=255...180\text{ м/хв}$ [15, с. 600].

Перехід 5. Розточити відп. 5 остаточно.

Оправлення розточувальне A32T-SCLCL 12 [15, с. 445] (рис. 3.10).

Пластина CCMT 120404-PF GC4325 [15, с. 332].

Рекомендовані режими різання: $a_p=0,14...2,14\text{ мм}$, $f=0,07... 0,27\text{ мм/}$ [15, с. 615], $V_c = 255 \dots 180\text{ м/хв}$ [15, с. 600].

Перехід 6. Свердлити 6 послідовно отворів 1.

Свердло 860.1.1100-037A1-PM 4234 [16, с. 618] (рис. 2.14).

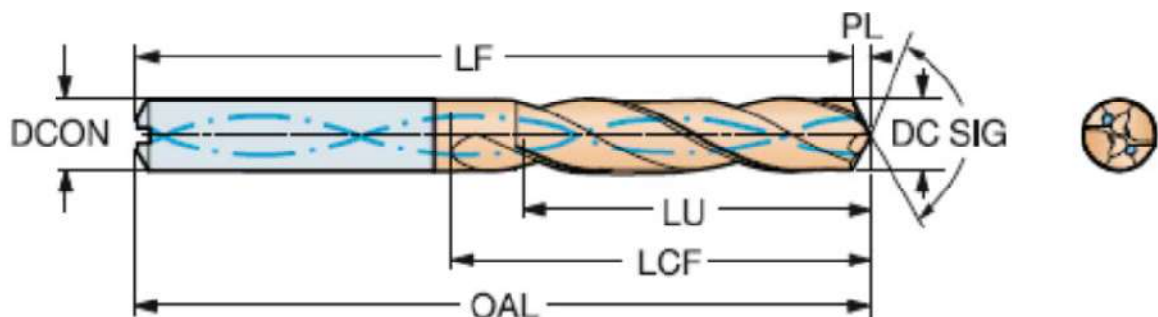


Рисунок 2.4 – Свердло цільне твердосплавне CoroDrill 860

Розміри свердла: $LF=20\text{мм}$, $DCON=12\text{мм}$, $OAL=102\text{мм}$ $LU=34,8\text{мм}$, $LCF=55\text{мм}$, $PL=1,79\text{мм}$ [16, с. 618].

Рекомендовані режими різання: $V_c=80\dots140\text{м/хв}$ [16, с. 747], $f=0,21\dots0,42\text{мм/об}$ [16, с. 748].

Установи Б.

Перехід 1. Точити торець 13, точити поверхню 14, 12, 11, точити фаски.

Державка для зовнішнього точіння PCLNR 2020K 12HP [15, с. 184].

Пластина CNMG 120408 PMC GC4325 [15, с. 87].

Рекомендовані режими різання: $a_p=0,25\dots3\text{мм}$, $f_n=0,15\dots0,40\text{мм/об}$ [15, с. 608], $V_c=255\dots180\text{м/хв}$ [15, с. 600].

Перехід 2. Точити канавку 10.

Державка LF151.37-2525-062B30 [15, с. 775] (рис. 2.15).

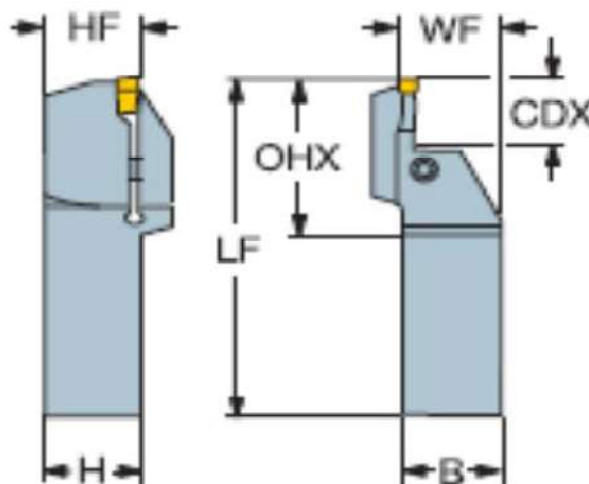


Рисунок 2.15 – Державка T-Max Q-Cat

Розміри держави: $H \times B=25 \times 25\text{мм}$, $HF=25\text{мм}$, $WF=26\text{мм}$, $LF=150\text{мм}$, $OHX=44\text{мм}$, $CDX=20\text{мм}$ [15, с. 775].

Пластина N151.3-400-30-7G GC2135 [15, с. 773].

Рекомендовані режими різання: $f=0,10\text{мм/об}$ [15, с. 825], $V_c=120\dots85\text{м/хв}$ [15, с. 812].

Перехід 3. Розточити отвір 15 заздалегідь.

Оправлення розточувальне A32T-SCLCR 12 [15, с. 445] (рис. 3.10).

Пластина CCMT 120408-UR GC4325 [15, с. 335].

Рекомендовані режими різання: $a_p=1...4$ мм, $f=0,15...0,50$ мм/об [15, с. 615],
 $V_c=255...180$ м/хв [15, с. 600].

Перехід 4. Розточити отвір 15 остаточно.

Оправлення розточу A32T-SCLCR 12 [15, с. 445] (рис. 3.10).

Пластина CCMT 120404-PF GC4325 [15, с. 332].

Рекомендовані режими різання: $a_p=0,14...2,14$ мм, $f=0,07...0,27$ мм/об [15, с. 615], $V_c=255...180$ м/хв [15, с. 600].

Перехід 5. Свердлити отвори 17 під різьблення з обробкою фаски.

Свердло 860.2.0685-021A1-PM 4234 [16, с. 646] (рис. 2.16).

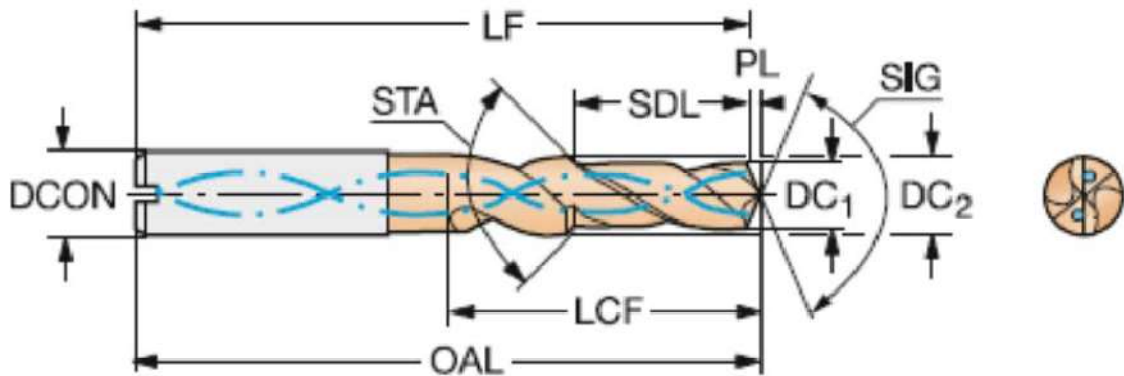


Рисунок 2.16 - Свердло цільне твердосплавне комбіноване CoroDrill 860

Розміри свердла: $STA=90^\circ$, $DCON=10$ мм, $OAL=89$ мм $LU = 22,11$ мм, $LCF = 40,16$ мм, $PL = 1,11$ мм [16, с. 646].

Рекомендовані режими різання: $V_c=80...140$ м/хв [16, с. 747], $f=0,19... 0,34$ мм/об [16, с. 748].

Перехід 6. Нарізати різьблення в отворах 17.

Мітчик E49M8 [16, с. 861] (рис. 3.14).

Розміри мітчика: $LF=72$ мм, $DCON=8$ мм, $THL=16,3$ мм $LU=29$ мм,
[16, с. 861].

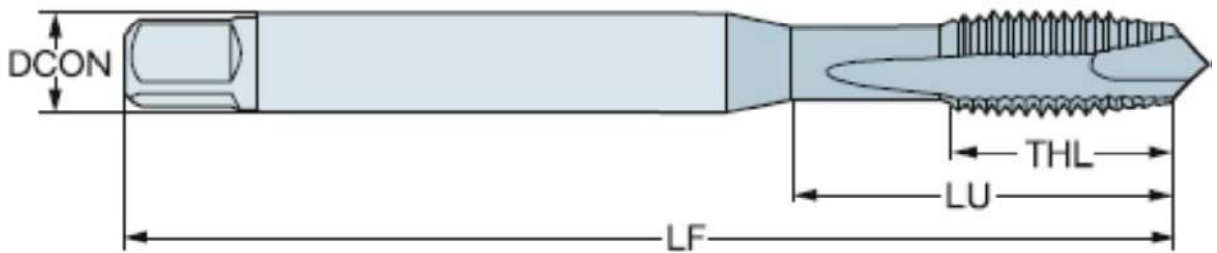


Рисунок 2.17 - Мітчик CoroTap 200

Рекомендовані режими різання: $V_c=37\text{м/хв}$, $f=1,25\text{ мм/об}$ [16, с. 1050].

Вибрані елементи режиму різання занесемо до таблиці 3.3.

Таблиця 3.3– Елементи режиму різання

Найменування операції, переходу, позиції	t, мм	So, мм/об	Sm, мм/хв	n, об/хв	V, м/хв
Операція 005 Комплексна з ЧПУ					
Установ А	3,0	0,35	262	749	200
Перехід 1	0,25	0,20	125	623	220
Перехід 2	18,0	0,18	159	885	100
Перехід 3	2,0	0,30	503	1676	200
Перехід 4	0,25	0,15	155	1030	220
Перехід 5	5,5	0,22	637	2895	100
Перехід 6					
Установ Б	2,1	0,35	297	849	200
Перехід 1	5,5	0,10	31,5	315	95
Перехід 2	1,6	0,30	386	1287	200
Перехід 3	0,25	0,15	210	1401	220
Перехід 4	3,4	0,22	927	4215	90
Перехід 5	0,6	1,25	1841	1473	37

Перехід 6					
-----------	--	--	--	--	--

2.9 Розрахунок технічних норм часу

У серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу визначається за формулою [6, с. 99]:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{п-з}}{n} + T_{шт} = \frac{T_{н-з}}{n} + t_0 + t_B + t_{об} + t_{от} \quad (2.18)$$

де $T_{п-з}$ - підготовчо-заклучний час, хв.;

$T_{шт}$ - штучний час на операцію, хв.;

n - кількість деталей партії, $n=20$ шт.;

t_0 - основний час, хв.;

t_B - допоміжний час, хв.;

$t_{об}$ - час обслуговування робочого місця, хв.;

$t_{от}$ - час перерв на відпочинок та особисті потреби, хв.

Допоміжний час визначається за формулою [6, с. 99]:

$$t_B = t_{yc} + t_{3.0} + t_{уп} + t_{i.з}, \quad (2.19)$$

де t_{yc} - час на встановлення та зняття деталі, хв.;

$t_{3.0}$ - час на закріплення та відкріплення деталі, хв.;

$t_{уп}$ - час прийому управління, хв.;

$t_{вим}$ – час на вимір деталі, хв.

Час обслуговування робочого часу визначається за формулою [9, с. 99]:

$$t_{об} = t_{тех} + t_{орг}, \quad (2.20)$$

де $t_{тех}$ - час на технічне обслуговування, хв.;

$t_{орг}$ – час на організаційне обслуговування, хв.

Основний час [6, с. 100]:

$$t_0 = \frac{l}{S_M} i \quad (2.21)$$

де l -розрахункова довжина, мм.;

i – число робочих ходів.

Розрахункова довжина [6, с. 101]:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер}, \quad (2.22)$$

де l_0 - довжина обробки поверхні, мм.;

$l_{вр}$ - величина врізання інструменту, мм.;

$l_{пер}$ - величина перебігу, мм.

Визначимо $T_{ш-к}$ на операцію 005 Комплексна з ЧПК.

Операція 005 Комплексна з ЧПУ.

Установ А.

Перехід 1. Точити торець 8, поверхні 4, 7, 3, 9, 2.

Довжина оброблюваної поверхні:

$$l_0 = 89 \text{ мм.}$$

Величина врізання та перебігу [12, с. 95]: $l_{вр} + l_{пер} = 9,5$ мм

Тоді:

$$l = l_0 + l_{вр} + l_{пер} = 89 + 9,5 = 98,5 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{01} = \frac{98,5}{262} = 0,38 \text{ хв}$$

Перехід 2. Точити поверхні 3 і 9 остаточно, точити канавку та фаску.

Довжина оброблюваної поверхні:

$$l_o = 36,8 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 7,4 \text{ мм. } l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 36,8 + 7,5 = 44,3 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{02} = \frac{44,3}{125} = 0,35 \text{ хв}$$

Перехід 3. Свердлити отвір 16.

Довжина оброблюваної поверхні:

$$l_o = 125 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 13 \text{ мм. } l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 125 + 13 = 138 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{03} = \frac{138}{159} = 0,87 \text{ хв}$$

Перехід 4. Розточити отвір 5 попередньо та відп. 16 остаточно.

Довжина оброблюваної поверхні:

$$l_o = 113,5 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 8,1 \text{ мм. } l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 113,5 + 8,1 = 121,6 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{04} = \frac{121,6}{503} = 0,24 \text{ хв}$$

Перехід 5. Розточити отвір 5 остаточно.

Довжина оброблюваної поверхні:

$$l_o = 31,5 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 6,5 \text{ мм. } l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 31,5 + 6,5 = 38 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{05} = \frac{38}{155} \cdot 1 = 0,25 \text{ хв}$$

Перехід 6. Свердлити 6 послідовно отворів 1.

Довжина оброблюваної поверхні:

$$l_o = 12 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 5,8 \text{ мм. } l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 12 + 5,8 = 17,8 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{06} = \frac{17,8}{637} = 0,03 \text{ хв}$$

$$t_{\text{загА}} = 0,38 + 0,35 + 0,24 + 0,25 + 0,03 = 2,12 \text{ хв.}$$

Установ Б.

Перехід 1. Точити торець 13, точити поверхню 14, 12, 11, точити фаски.

$$l_o = 118,3 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 9,6 \text{ мм. } l = l_o + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 118,3 + 9,6 = 127,9 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{98,5}{262} = 0,63 \text{ хв}$$

Перехід 2. Точити канавку 10.

$$l_0 = 4 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 3 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 4 + 3 = 7 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{7}{31,5} = 0,22 \text{ хв.}$$

Перехід 3. Розточити отвір 15 попередньо.

$$l_0 = 23,2 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 6,2 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 23,2 + 6,2 = 29,4 \text{ мм}$$

Число проходів дорівнює $i=1$

$$t_{03} = \frac{29,4}{386} \cdot 1 = 0,08 \text{ хв}$$

Перехід 4. Розточити отвір 15 остаточно.

Число проходів $i=1$.

$$l_0 = 23,2 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 5,8 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 23,2 + 5,8 = 29 \text{ мм}$$

$$t_{04} = \frac{29}{210} \cdot 1 = 0,14 \text{ хв}$$

Перехід 5. Свердлити отвори 17 під різьблення з обробкою фаски.

Число проходів $i=6$.

$$l_0 = 22 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 8,5 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 22 + 8,5 = 30,5 \text{ мм}$$

$$t_{05} = \frac{30,5}{927} \cdot 6 = 0,18 \text{ хв}$$

Перехід 6. Нарізати різьблення в отворах 17.

Число проходів $i=6$.

$$l_0 = 16 \text{ мм. } l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 25 \text{ мм. } l = l_0 + l_{\text{вр}} + l_{\text{неп}} = 16 + 25 = 41 \text{ мм}$$

$$t_{06} = \frac{41}{1841} \cdot 6 = 0,13 \text{ хв}$$

Загальний машинний час на установі Б:

$$t_{\text{загБ}} = 0,63 + 0,22 + 0,08 + 0,14 + 0,18 + 0,13 = 1,38 \text{ хв.}$$

Загальний машинний час на всій операції:

$$t_{\text{ЗАГ}} = 2,12 + 1,38 = 3,50 \text{ хв.}$$

Визначимо елементи допоміжного часу [6, с. 98]:

$$t_{\text{ус}} = 1,12 \text{ хв; } t_{\text{уп}} = 8,45 \text{ хв; } t_{\text{вим}} = 18,13 \text{ хв.}$$

$$t_{\text{доп}} = 1,12 + 8,45 + 18,13 = 27,70 \text{ хв.}$$

Оперативний час [8, с. 101]:

$$T_{on} = t_{заг} + t_{дон} = 3,5 + 27,7 = 31,2 \text{ хв.}$$

Час технічного обслуговування [12, с. 102]:

$$t_{mex} = \frac{6 \cdot t_{on}}{100} = \frac{6 \cdot 31,2}{100} = 1,87 \text{ хв}$$

Час організаційного обслуговування [8, с. 102]:

$$t_{орг} = \frac{8 \cdot t_{on}}{100} = \frac{8 \cdot 31,2}{100} = 2,49 \text{ хв}$$

Час для відпочинку [8, с. 102]:

$$t_{від} = \frac{2,5 \cdot t_{on}}{100} = \frac{2,5 \cdot 31,2}{100} = 0,78 \text{ хв}$$

Штучний час:

$$T_{шт} = 31,20 + 1,87 + 2,49 + 0,78 = 36,34 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заключний час [8, с. 216-217]:

$$T_{п.з.} = 35 \text{ хв.}$$

Тоді:

$$T_{шт-к} = \frac{35}{20} + 36,34 = 38,09 \text{ хв.}$$

2.11 Розробка керуючої програми для технологічної операції обробки деталі «Фланець»

Виконавши усі необхідні розрахунки скористаємося програмним продуктом CAMESPRIT для розроблення керуючої програми оброблення деталі Фланець.

Для створення програми токарного оброблення були виконані наступні дії:

1. Створено 3D модель у SolidWorks та завантажено у середовище Esprit (рис 2.18).

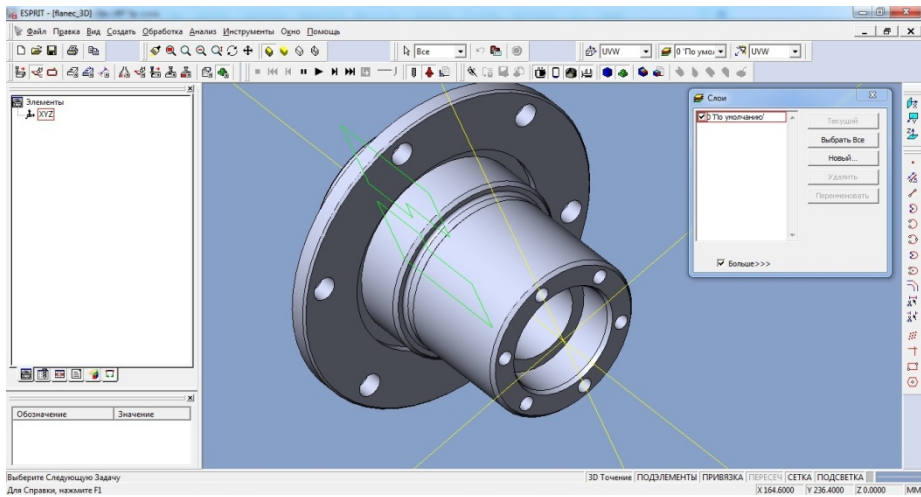


Рисунок 2.18 – 3D модель фланця у середовищі Esprit

2. Створено заготовку (рис 2.19)

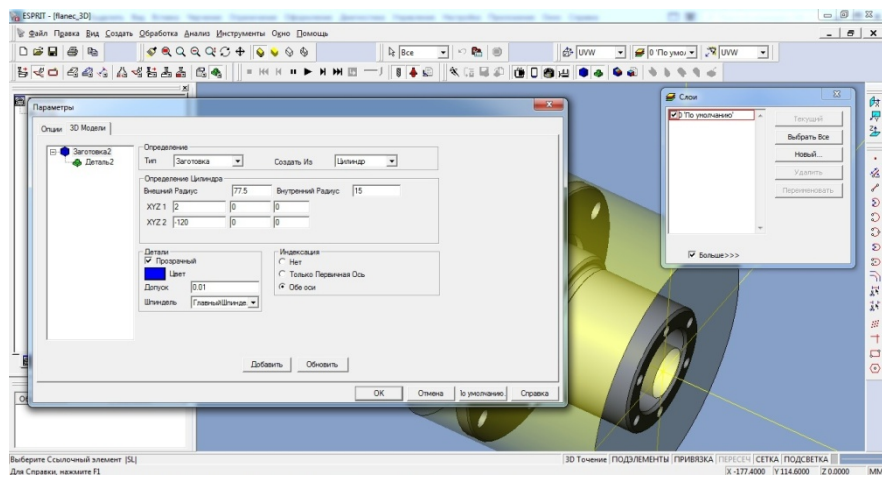


Рисунок 2.19 – Створення заготовки

3. Виконано розпізнання елементів профілю рис 2.20.

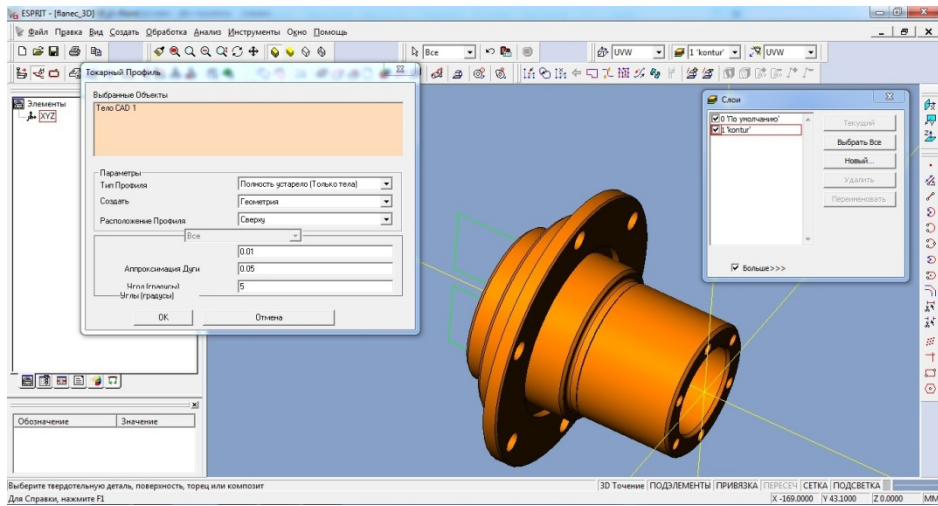


Рисунок 2.20 – Розпізнання в SAM Esprit елементів профілю

4. Вибрано вид оброблення – «Чернова обробка» (рис. 2.21).

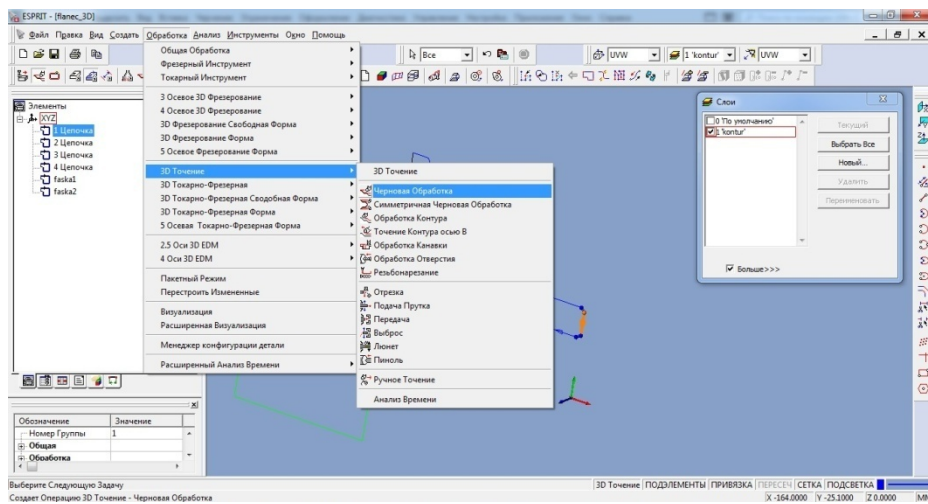


Рисунок 2.21 – Вибір виду оброблення

5. Вибрано металообробний інструмент та його параметри (рис. 4.21).

6. Вибрано режимі різання (рис 2.22).

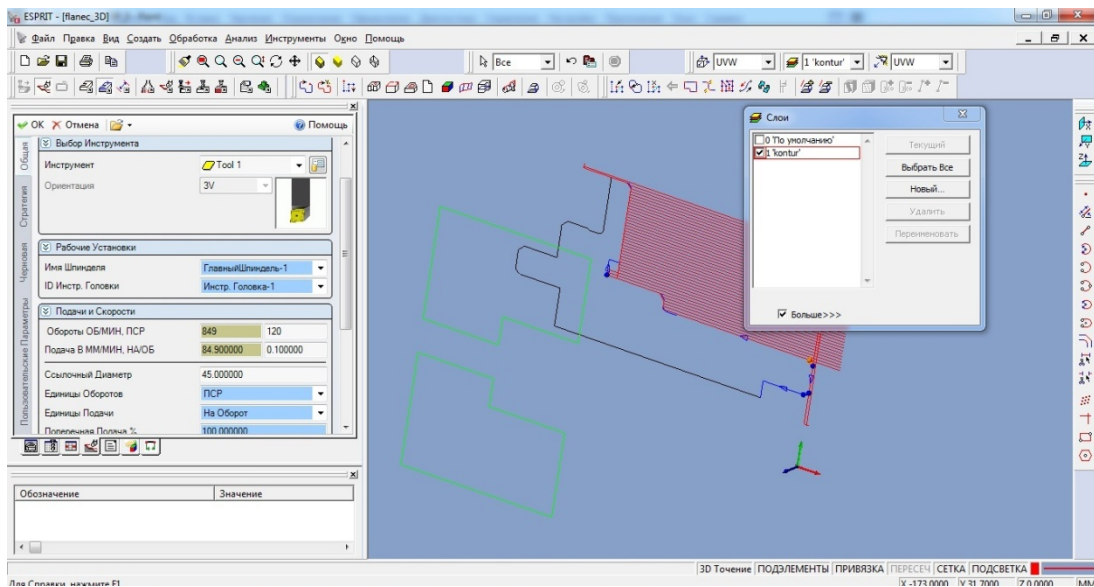


Рисунок 2.22 – Вибір режимів оброблення

7. Автоматично згенеровано траєкторію руху металорізального інструменту при обробленні контуру деталі (рис 2.23).

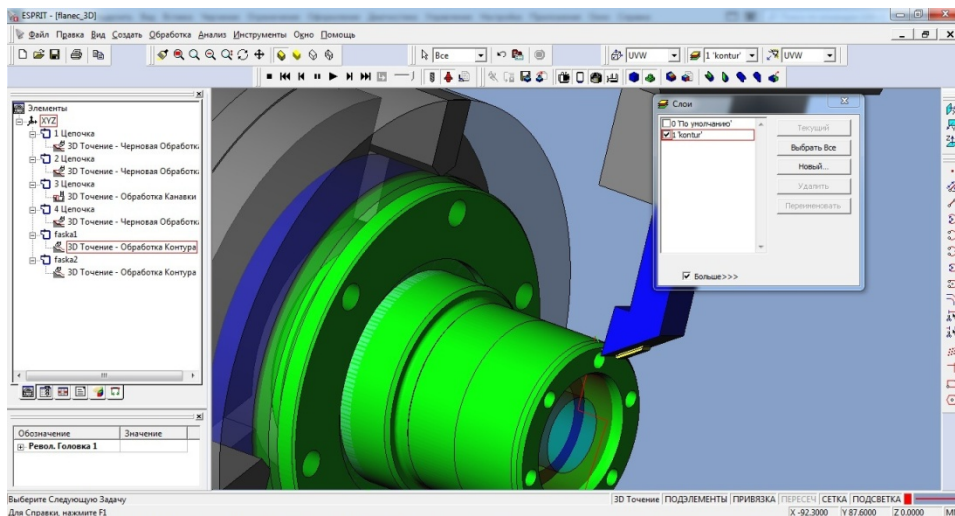


Рисунок 2.23 – Траєкторія руху металорізального інструменту при обробленні контуру вала-шестерні

8. Виконано автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодах за допомогою постпроцесора (рис 2.24).

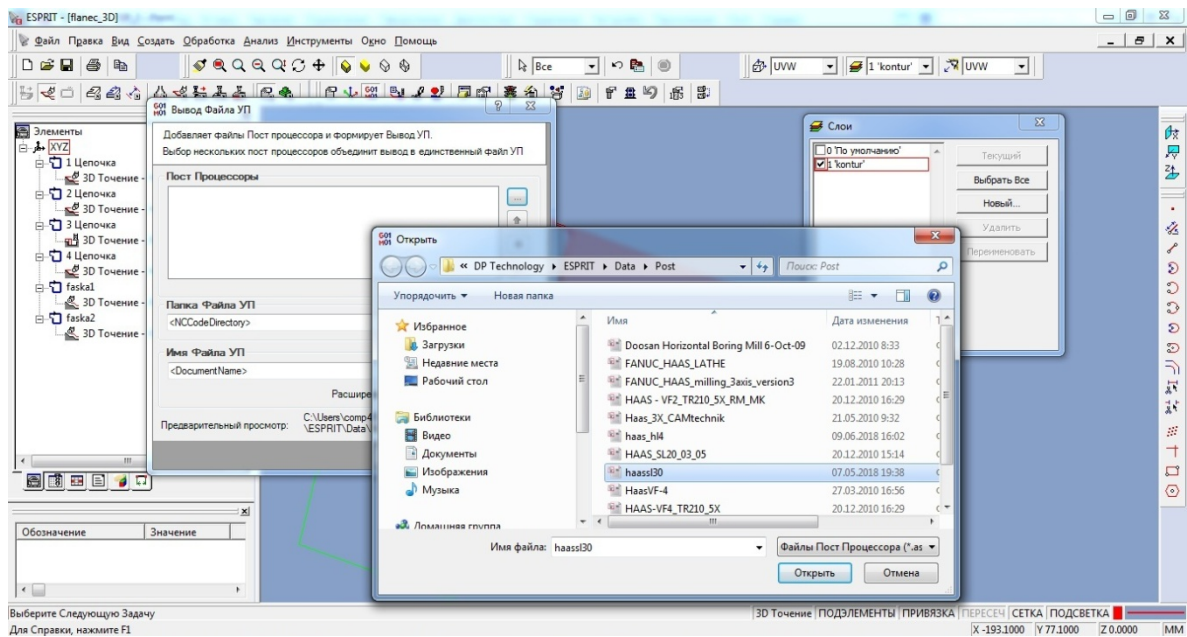


Рисунок 2.24 – Автоматичне генерування програми оброблення в G-M кодi

Керуюча програма наведена у додатку В.

2.11 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

В умовах сучасного машинобудівного виробництва задача підвищення виробництва та точності засобів технічних вимірювань вирішується широкими впровадженнями контрольно-вимірювальних пристроїв.

Контрольно-вимірювальні пристрої – спеціальні виробничі засоби вимірювань, що представляють собою співвідношення базуючих, затискаючих, передаючих та вимірювальних пристроїв.

Базуючі пристрої обслуговують правильність положення перевіряємих деталей відносно засобів вимірювання.

Затискаючі пристрої сприяють підвищенню надійності встановлення деталі в пристосуванні, не викликаючи при цьому труднощів користування контрольним пристосуванням.

Контрольно – вимірювальними пристосуваннями перевіряються різні параметри деталей та вузлів машин.

Лінійні розміри (діаметри отворів і валів, довжини, висоти, глибини);

Взаємне розположення поверхонь;

Відхилення від правильної геометричної форми деталей;

Нелінійні параметри (пружність, твердість, герметичність стінок і зварювальних швів);

Випробування роботоздатності складальних вузлів та машин в експлуатаційних умовах або в умовах до них подібних.

Конструкція кожного контрольного пристрою, повинна задовольняти різні вимоги, найголовніші з них:

Оптимальна точність вимірювання і продуктивність вимірювання;

Технологічність в виготовленні;

Зносостійкість;

Зручність в експлуатації.

Конструкція контрольного пристосування в цілому та всіх в нього вхідних пристроїв, а також вимірювальних засобів повинна бути прийнята такою, щоб з одної сторони, повністю задовольняти вимоги виконання контрольної операції і з другої, робити його застосування економічно вигідним.

В даному дипломному проекті таким контрольно- вимірювальним пристроєм являється пристосування для вимірювання торцевого биття.

Пристрій призначений для контролю допуску 0,1 мм. торцевого биття.

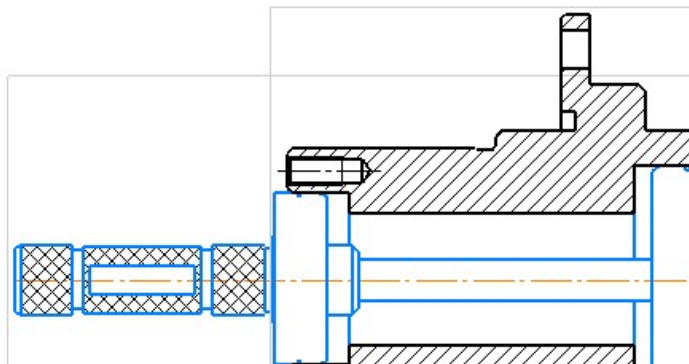


Рис.2.25 – Схема контролю торцевого биття.

Допустима похибка вимірювання – 0,01 мм. по ГОСТ 8.051 – 81;
Конструктивно пристосування представляє собою плиту на якій встановлена деталь на пальцеві та індикатор на штативі. Вимірювання проводять індикатором часового типу з ціною поділки 0,001 мм

Порядок виконання роботи на пристосуванні:

Деталь встановлюється на палець, голку індикатора підводимо до поверхні, що контролюється, стрілку індикатора встановлюємо на нуль. Після чого деталь на пальцеві повертаємо і стрілка індикатора показує максимальне та мінімальне відхилення.

Деталь вважається придатною коли:

При показниках індикатора в різні сторони від нуля сума абсолютних величин максимального і мінімального значення не перевищує величину допуску торцевого биття.

Розрахунок пристрою на точність

Визначаємо допустиму похибку вимірювань:

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot T, \quad (2.23)$$

де T-допуск на контрольований параметр, T = 0,3 мм.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну похибку пристрою [7]:

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_{\text{в.б.е}}^2 + \varepsilon_{\text{прил}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2}, \quad (2.24)$$

де ε_{δ} – похибка базування деталі, $\varepsilon_{\delta} = 0$ (технологічна база співпадає з конструкторською);

$\varepsilon_{\delta.б.е}$ – похибка встановлення базових елементів не впливає на точність вимірювань пристрою, $\varepsilon_{\delta.б.е} = 0$;

$\varepsilon_{зн}$ – похибка зношування пристрою, $\varepsilon_{зн} = 0,01$ мм;

$$\varepsilon_{прил} \approx \frac{0,001}{2} = 0,0005 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\phi} = \sqrt{0,01^2 + 0,0005^2} = 0,011 \text{ мм}$$

Отже фактична похибка вимірювань не перевищує допустиму $\varepsilon_{\phi} < \varepsilon_{дон}$
 $\varepsilon_{\phi} = 0,011 < \varepsilon_{дон} = 0,03$.

3.3.2. Призначення та опис роботи

Контрольно – вимірювальний пристрій призначений для контролю торцевого биття .

Пристрій складається з плити 1 на якій встановлено стійку 2 і опору 3. На стійці 2 кріпиться індикатор годинникового типу 2МИГ ГОСТ 18833 – 73. Опора 3 за допомогою гвинтів кріпиться до плити 1. Заготівка встановлюється на палець 4, який в свою чергу, кріпиться на опорі 3. Підвівши голку індикатора до поверхні деталі проводимо виміри.

3 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Аналіз умов експлуатації деталей із гладкими циліндричними отворами, що випробовують одностороннє або двостороннє симетричне зношування

Залежно від конструктивних особливостей машин, їх призначення та виконуваних операцій характер взаємодії гладких циліндричних рухомих з'єднань може бути обумовлений нерівномірністю розподілу навантажень на робочі поверхні деталей.

Так, у гладких циліндричних рухомих з'єднаннях, отвір може виконувати роль опори для валу (див. рис. 3.1 а), у цьому випадку отвір у деталі нерухомий, а вал обертається в отворі, наприклад вал обертається в отворі корпусу гідробака тракторів Т - 25А, Т - 40 або МТЗ – 80 (рисунок 3.2). Також і вал, встановлений в отворі, може служити для цієї деталі опорою (див. рис. 3.1 б), при цьому вал нерухомий, а деталь з отвором, що спирається на вал, обертається щодо останнього, наприклад, коромисло клапана обертається на цапфі [12, 13, 27, 28].

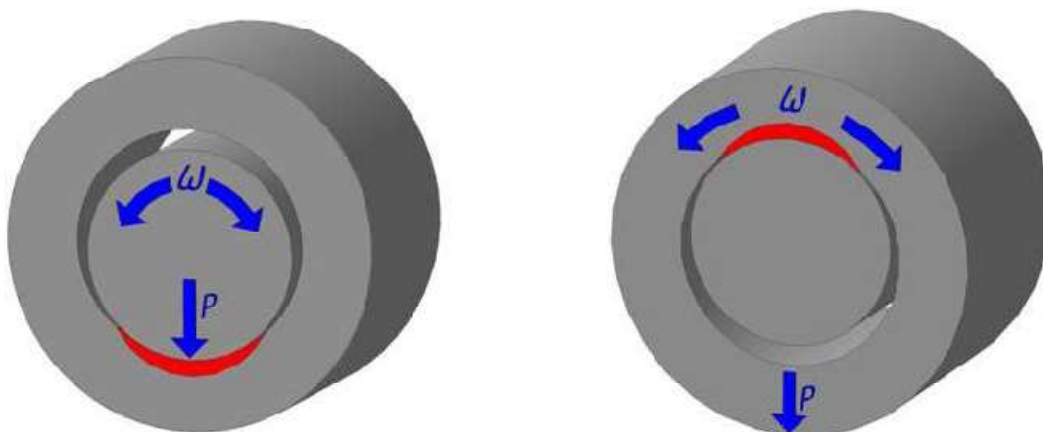


Рисунок 3.1 – Схеми контактної взаємодії деталей гладких циліндричних рухомих з'єднань: а - опорний отвір та рухомий вал; б - опорний вал і деталь з отвором, що спирається на вал

Особливо несприятливо на роботу деталей з отворами, що служать опорами для валу, позначаються нерівномірність розподілу контактного тиску і

швидкості ковзання, багаторазові зміщення і прослизання поверхонь, що сполучаються один щодо одного, циклічний характер докладання навантаження, що призводить до додаткових пластичних деформацій і зміни втомного руйнування нерівностей останнього, а в деяких випадках – до виникнення мікрорізання. Усе це викликає досить швидко втрату працездатності пари тертя загалом.

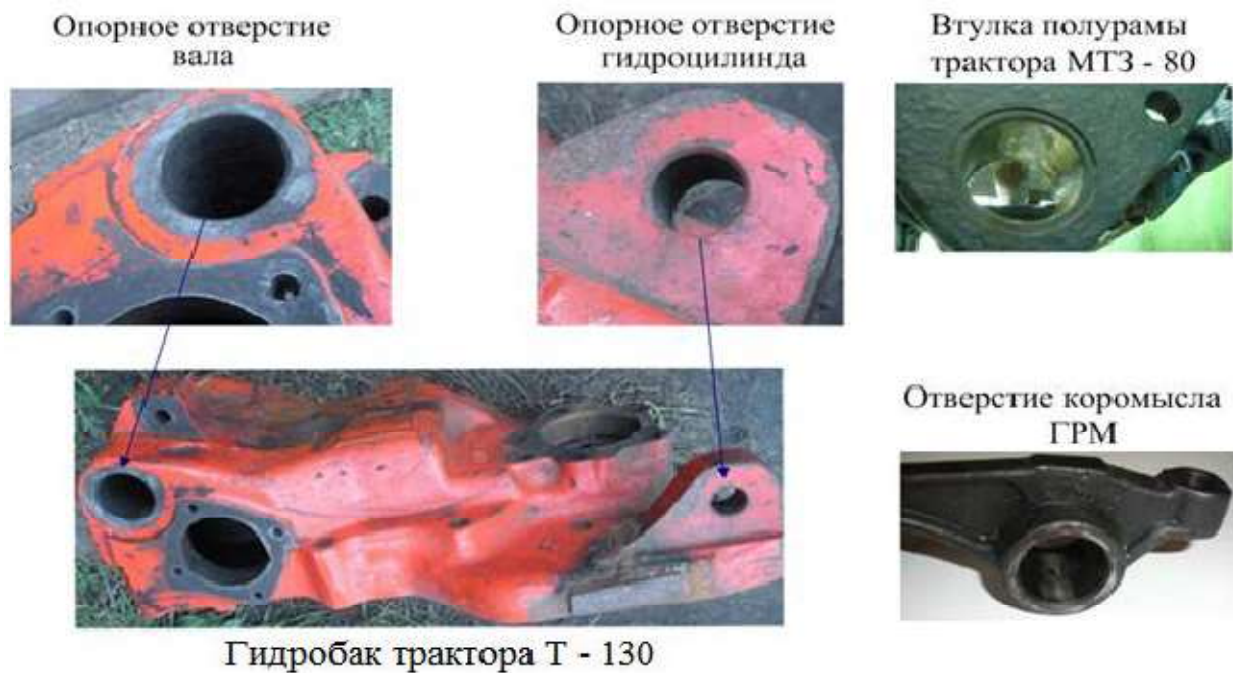


Рисунок 3.2 - Приклади зношування опорних отворів деталей сільськогосподарської техніки

Розглядаючи контактну взаємодію даних з'єднань, бачимо, що відбувається одностороннє контактування, оскільки або вал, або поверхня отвору деталі зазнають радіального навантаження.

Діаметри з'єднання різняться, відповідно контактування валу та отвору відбувається по дузі контакту l (рисунок 3.3).

Зона вихідного контакту дотичних деталей залежить від пружних властивостей матеріалів, з яких вони виготовлені, геометричних характеристик, навантаження і може бути визначена з вирішення контактної задачі теорії пружності. До контактних параметрів сполучення відносять: а) дугу контакту

валу з отвором, що характеризується кутом охоплення $2\varphi_0$; б) розподіл контактних тисків $P(\phi)$; в) максимальне значення контактного тиску P_m [16].

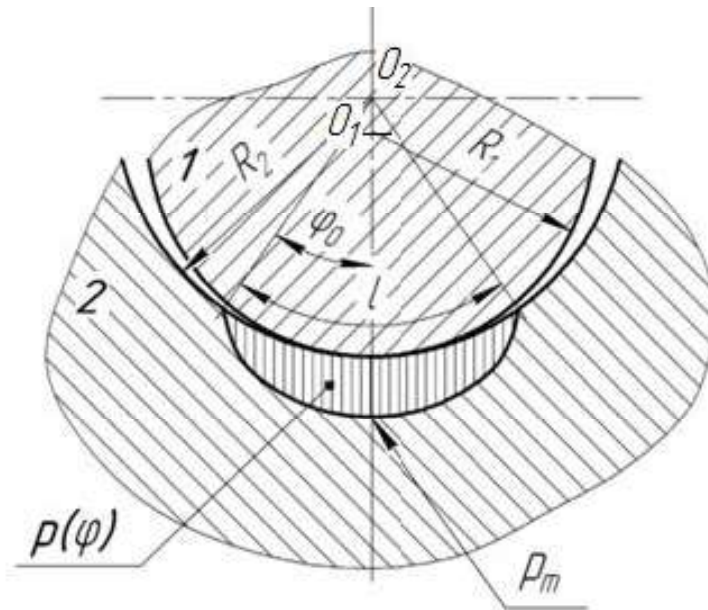


Рисунок 3.3 – Схема контактної взаємодії поверхонь валу та отвору

Шлях тертя визначається виходячи з величини дуги контакту, що визначається експериментально або теоретично з вирішення контактної задачі для пружних тіл, обмежених циліндричними поверхнями, радіуси яких мало відрізняються один від одного. За один оборот шлях тертя ковзання для точок, розташованих на елементі, що обертається, дорівнює довжині контакту l .

При односторонньому контактуванні пар тертя з протилежного боку утворюється проміжок. Розподіл робочих тисків та швидкостей ковзання відбувається по дузі контакту l , що призводить до нерівномірного зношування вздовж утворюючої поверхні контакту, втрати первісної геометричної форми, а в результаті – до погіршення працездатності та зменшення довговічності пари тертя в цілому, що не враховується в даний час при проектуванні виробів.

Також в автотракторній техніці зустрічаються гладкі рухливі циліндричні з'єднання поверхні отвору, які можуть надавати знакозмінне радіальне навантаження на вал, при цьому вал змушений здійснювати коливальні рухи (рисунок 1.9 а), або вал, встановлений в отвір, надає знакозмінне навантаження на його поверхню, здійснюючи коливальні рухи (рисунок 3.4 б). [17, 19]

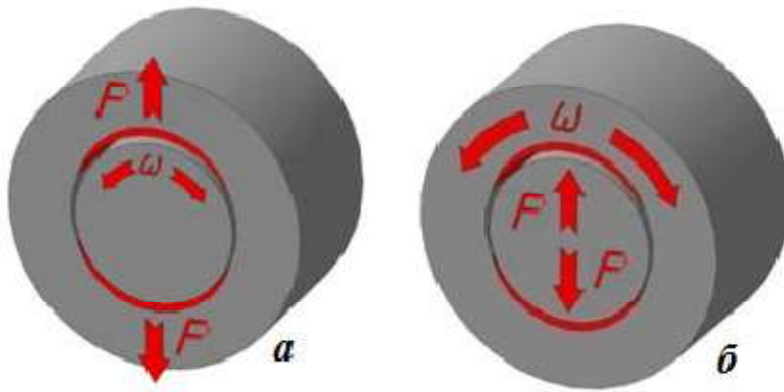


Рисунок 3.4 – Контактна взаємодія з'єднань у процесі роботи: а – вплив поверхні отвору на поверхню валу; б - вплив поверхні валу на поверхню отвору

До деталей гладких рухомих з'єднань, які в процесі експлуатації випробовують спрямоване еліпсне зношування отвору, можна віднести отвори вилки карданної передачі, проушини гідروциліндрів, отвори поворотного кулака вантажних автомобілів, та багато інших деталей, що широко застосовуються в різних галузях народного господарства (рисунок 3.5).

Особливістю їх роботи є нерівномірність розподілу нормального навантаження та зменшення довговічності сполучення, що також не враховується під час проектування даних виробів. Це призводить до зниження конкурентоспроможності продукції, що випускається, і невиправданих витрат на ремонт.



Рисунок 3.5 – Деталі, що мають еліпсне зношування отвору: а) фрагмент вилки карданної передачі; б) фрагмент поворотного кулака автомобіля КамАЗ

Внаслідок зношування отвору з'єднання відбувається зміна його геометрії, збільшення зазору між деталями, порушується взаємне розташування деталей, зростають динамічні навантаження на деталі.

Граничне зношування деталей з'єднання впливає на технічні, економічні та екологічні показники роботи техніки.

Також необхідно зазначити, що відновлення зношеного отвору є трудомістким багатоопераційним процесом.

В основному деталі, що мають характерне зношування отвору, замінюються на нові, що не вирішує наявної проблеми.

3.2 Обґрунтування можливості та умов застосування технології електромеханічної обробки внутрішніх циліндричних поверхонь високотемпературним смуговим джерелом

Однією з технологічних проблем ефективної реалізації ЕМО отворів деталей всього розмірного ряду є неможливість обробки отворів діаметром менше 40 мм. Це пов'язано з конструктивними особливостями інструментальних пристроїв, які застосовуються при традиційних способах ЕМО точковим високотемпературним джерелом (рис. 3.6). Конструкція даних пристроїв не дозволяє їх встановлювати в отвір деталей діаметром менше 40 мм. У зв'язку з цим виникла потреба у розробці технологій, заснованих на принципах ЕМО, застосування яких дозволить отримувати високі фізико-механічні властивості поверхні отворів малих діаметрів.

Актуальність цієї проблеми очевидна, оскільки сумарний обсяг деталей техніки різноманітного призначення з отворами діаметром менше 40 мм становить близько 40 % загальної кількості деталей з отворами (рис. 3.7).

Вирішенням даної проблеми є виконання ЕМО отворів малого діаметра високотемпературним смуговим джерелом, що переміщається вздовж осі оброблюваного отвору, а не по гвинтовій лінії як це передбачається при традиційній технології ЕМО точковим високотемпературним джерелом [17, 18], що значно спрощує конструкцію інструментального оснащення.

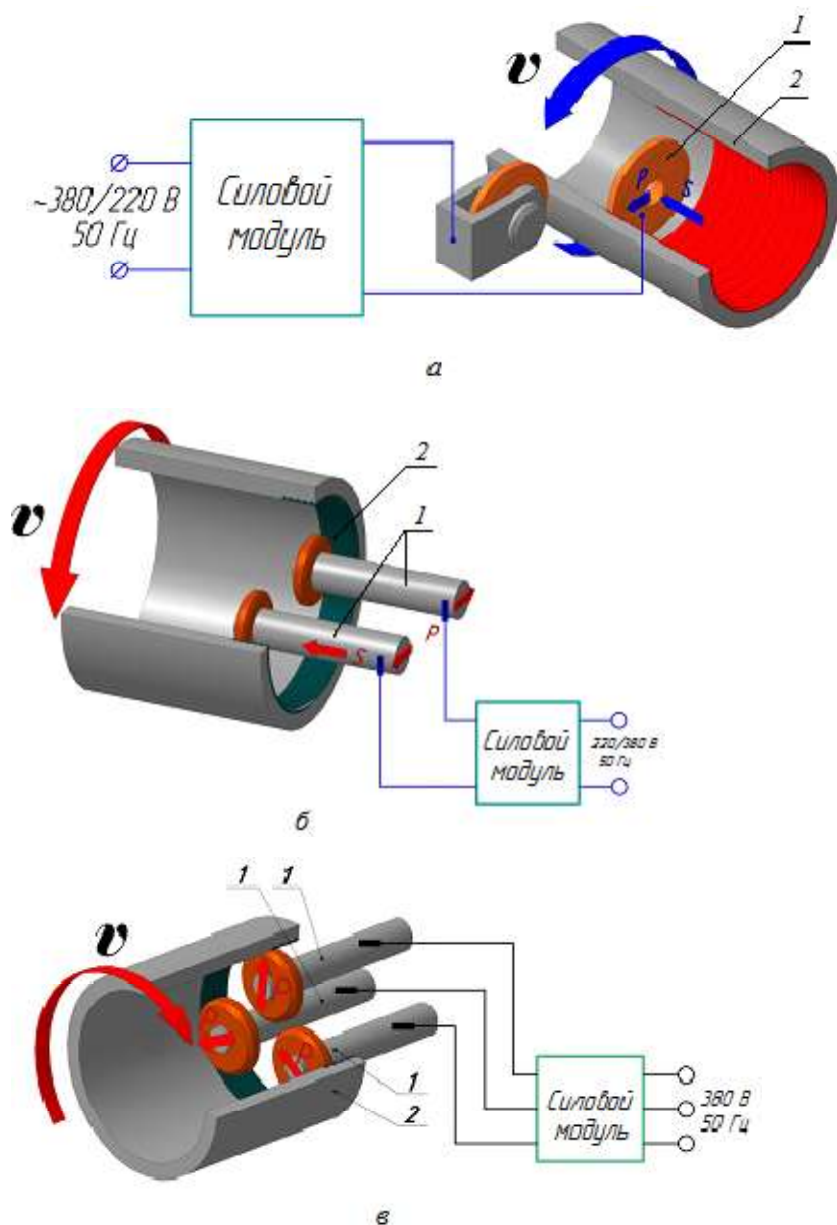


Рисунок 3.6 – Основні технологічні схеми ЕМО гладких циліндричних отворів точковим високотемпературним джерелом: а – однороликовим інструментом; б – двороликовим інструментом (за схемою двозахідного різьблення); в – трироликовим інструментом (за схемою тризахідного різьблення, трифазним струмом) 1 – інструмент; 2 – деталь

На рисунку 3.7 представлена схема області раціонального застосування технологій ЕМО точковим високотемпературним джерелом та технологій ЕМО смуговим високотемпературним джерелом.

При проведенні ЕМО отворів діаметром 40 ... 50 мм вибір технологічної схеми буде проводитися за технічними умовами, що пред'являються до поверхні отвору, наявності необхідного технологічного обладнання, програми і т.д.



Рисунок 3.7 – Діапазон раціонального використання технологій ЕМО стосовно обробки отворів деталей машин

Виконання ЕМО смуговим високотемпературним джерелом отворів діаметром понад 50 мм не є ефективним у зв'язку з великими енерговитратами, що вимагає виробництва високопотужних енергетичних установок ЕМО, необхідністю застосування спеціального верстатного обладнання.

Отримані результати

Результатом розв'язання теплового завдання є: візуалізація розподілу полів температур, числові значення швидкостей нагрівання - охолодження залежно від режимів досліджуваних процесів ЕМО високотемпературним смуговим джерелом.

Теплова модель процесу ПЕМД

Як приклад розглянемо ПЕМД отвори зразка зі сталі 40Х твердосплавним дорном з ВК8 за наступних режимів обробки: сила струму $I = 5000 \text{ А}$, $I = 5200 \text{ А}$, $I = 5400 \text{ А}$; натяг $i = 0,1 \text{ мм}$.

При дослідженні теплових процесів аналізувався час, необхідний для досягнення максимальної температури на поверхні зразка з моменту дії електричного струму. І поширення температури вглиб об'єктів, що контактують, при квазістатичній моделі ПЕМД.

На рисунку 3.8 представлена динаміка поширення температури углиб зразка та інструменту залежно від часу впливу теплового джерела. В результаті розрахунків було встановлено, що максимальна температура на поверхні зразка досягається приблизно через одну секунду і за силою струму $I = 5400 \text{ А}$ становить $1214 \text{ }^\circ\text{С}$.

Розподіл температур в інструмент та заготівлю залежно від часу впливу теплового джерела представлено малюнку 3.9.

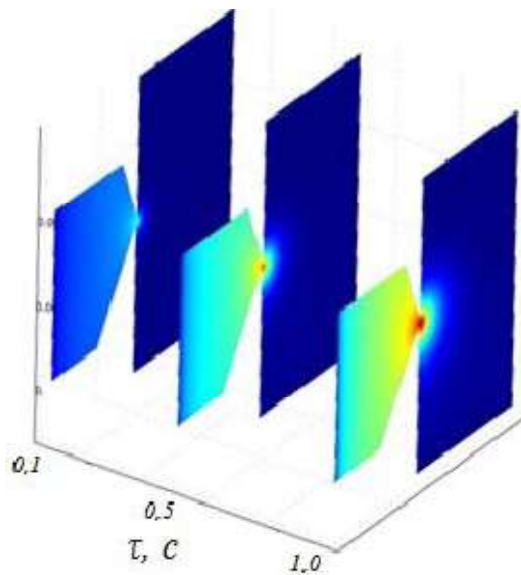


Рисунок 3.8 – Візуалізація поширення температурних полів залежно від часу

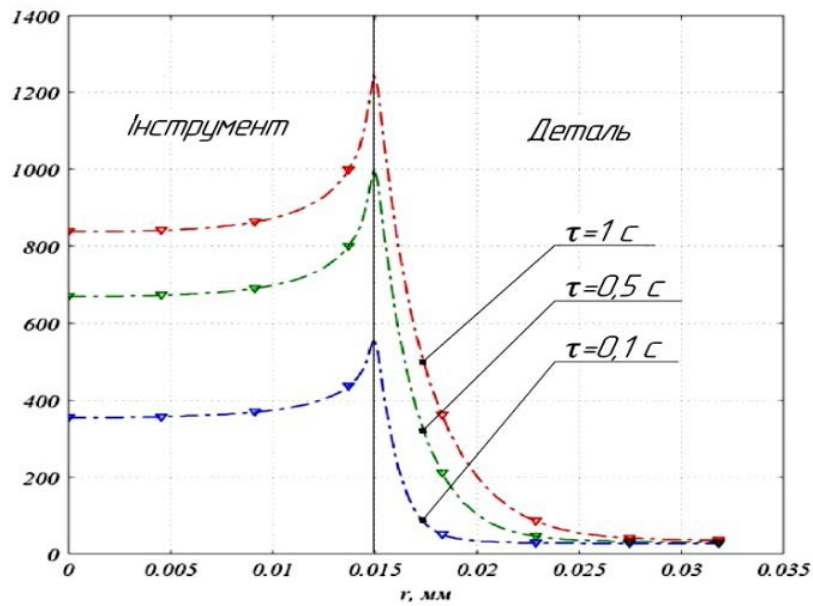


Рисунок 3.9 – Поширення тепла від джерела в інструмент та деталь у залежно від часу при $I=5400$ А

Дослідження температури по лінії контакту інструменту з поверхнею заготовки виявило, що її максимальне значення досягається вмісті контакту нижньої частини сферичної поверхні дорна із зразком (Рисунок 3.10). Це пояснюється великими контактними тисками наданій ділянці, що забезпечує найкращий контакт.

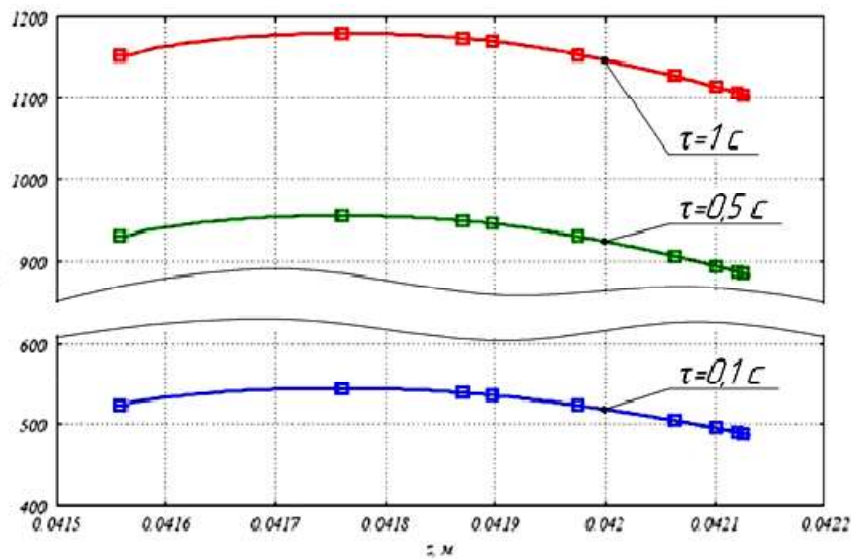


Рисунок 3.10 – Зміна температури від часу по лінії контакту інструменту із заготовкою при $I=5200$ А

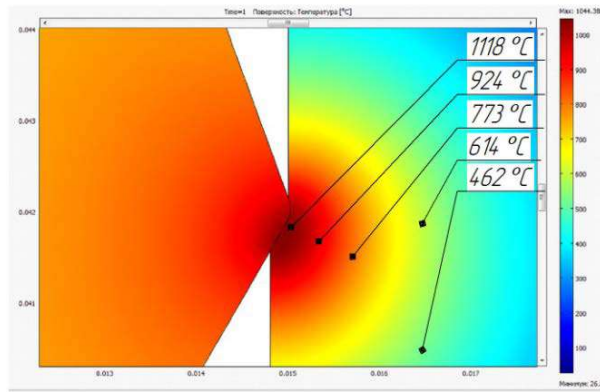


Рисунок 3.11 – Розподіл температурних полів углиб заготовки при $I = 5200 \text{ A}$

У результаті розрахунку також було встановлено, що зі збільшенням сили струму в діапазоні від 5000 до 5400 А спостерігається збільшення температури на поверхні з 921 °С до 1214 °С (Рисунок 2.21).

Як видно з рисунків 3.11 та 3.12 значення температур досить різко знижуються по глибині поверхневого шару.

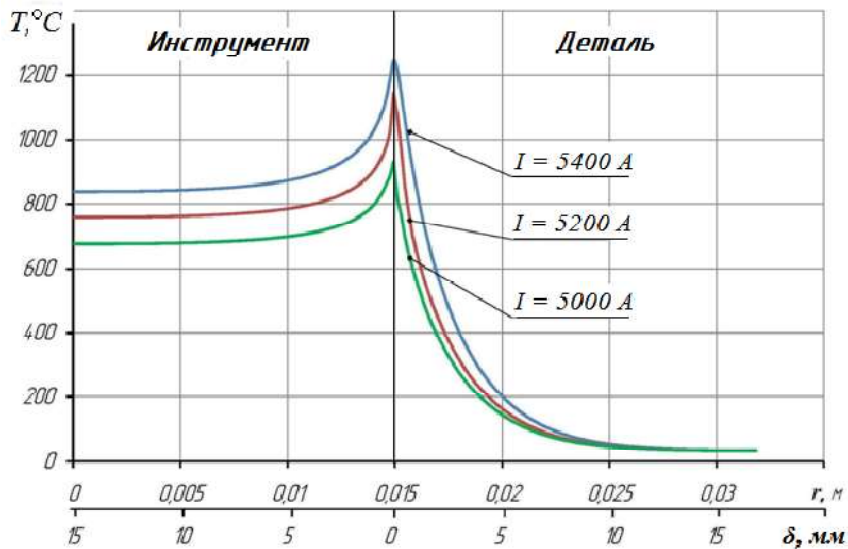


Рисунок 3.12 - Поширення тепла від джерела в інструмент та деталь залежно від щільності струму

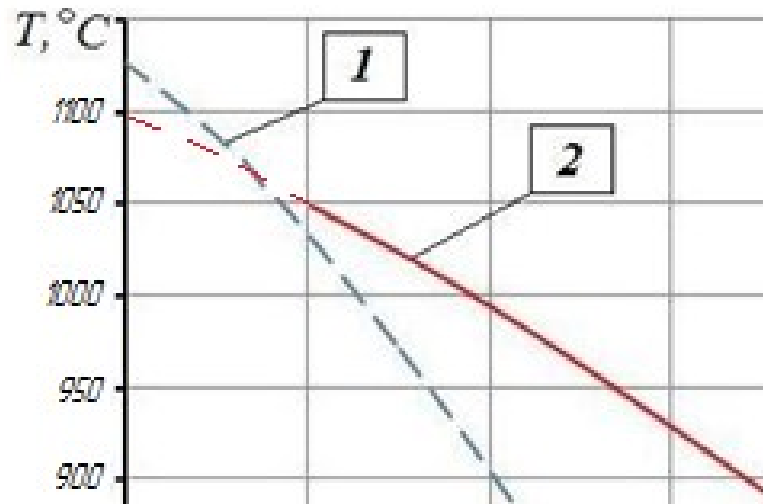


Рисунок 3.13 - Поширення температури вглиб деталі при $I=5200A$:

1 – результати розрахунку;

2 – результати вимірів

На рисунку 3.13 представлені результати розрахунку та вимірювань, поширення температури вглиб деталі за однакових умов. З рисунка 3.13 видно хорошу збіжність отриманих результатів, що свідчить про адекватність моделі.

Невелику розбіжність у 4% можна пояснити тим, що при моделюванні не враховувалися можливі втрати струму при його проходженні від джерела (трансформатора) до інструменту та заготовки, оскільки втрати струму залежать від низки факторів, адекватно враховувати їх при моделюванні практично неможливо.

Теплова модель процесу OEMД

Як приклад розглянемо OEMД отвори тонкостінної втулки зі сталі 40X встановленої в обоймі зі сталі 40X із зазором 0,05 мм твердосплавним дорном із ВК8 за схемою розтягування при наступних режимах обробки: сила струму $I=5000 A$, $I=5300 A$, $I=5600 A$; натяг $i=0,4\text{мм}$; $v = 66 \text{ мм/хв}$.

На рисунку 3.14 представлена 3-D модель розподілу температурних полів у втулку та обойму в процесі OEMД.

У результаті розрахунків було встановлено, що час контакту інструменту з поверхнею заготовки істотно впливає на підвищення температури у контактній

зоні (рисунок 3.15). Так за одну секунду та при силі струму $I=5600$ А температура у зоні контакту підвищилася до 1211 °С(Рисунок 3.15).

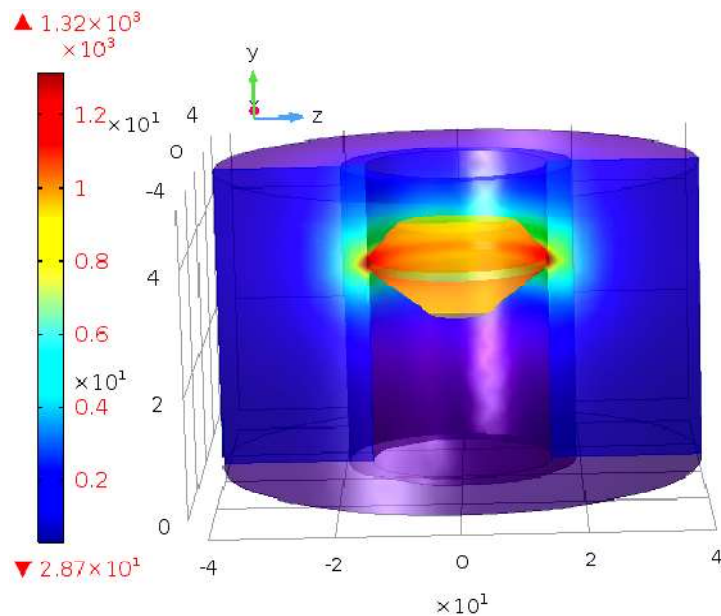


Рисунок 3.14 – 3-D модель розподілу температурних полів при $I=5600$ А

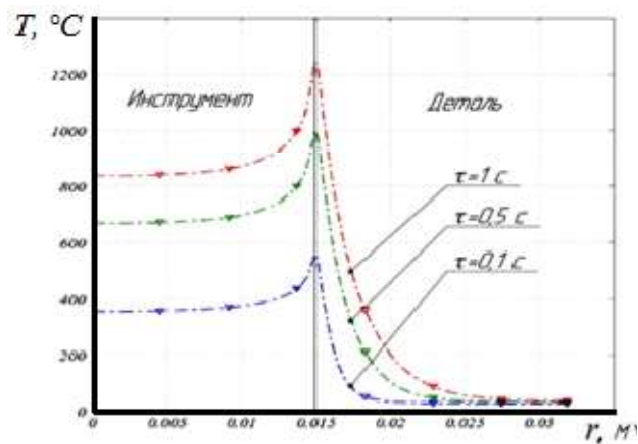


Рисунок 3.15 – Поширення тепла від джерела в інструмент та деталь в залежності від часу при $I=5600$ А

У результаті розрахунку було встановлено, що зі збільшенням сили струму у діапазоні від 5000 А до 5600 А спостерігається збільшення температури на поверхні з 918 °С до 1211 °С (рисунок 3.17).

Значення температур досить різко знижуються за глибиною поверхневого шару (рис. 3.16, 3.17). Причому у місці контакту охопленої поверхні втулки з

охоплюючою поверхнею обойми спостерігається різке зниження температури (див. рисунок 3.17). Так, при OEMД із силою струму 5000 А температура у місці контакту втулки з обоймою миттєво знижується з 409 °С до 302 °С, а при OEMД із силою струму 5600 А с 534 °С до 371 °С. Це пов'язано з тим, що повітряний прошарок між втулкою і обоймою суттєво знижує теплопровідність.

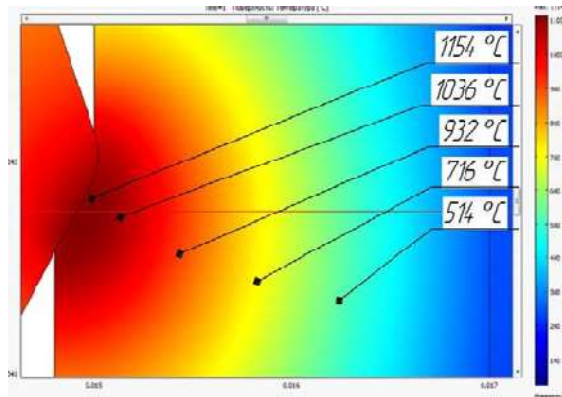


Рисунок 3.16 - Розподіл температурних полів углиб заготовки

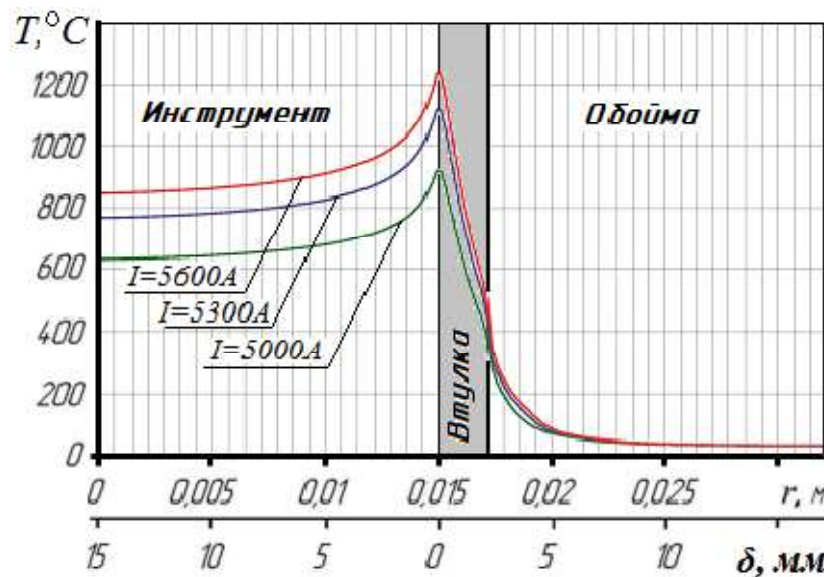


Рисунок 3.17 - Поширення тепла від джерела в інструмент та деталь залежно від сили струму

Крім того, оскільки обойма має габарити більше втулки в кілька разів, то теплоємність заготовки велика і вона не встигає прогрітися, а ті ділянки, які

нагріваються, встигають віддати тепло далі при подальшому русі дорну (див. рис. 3.18).

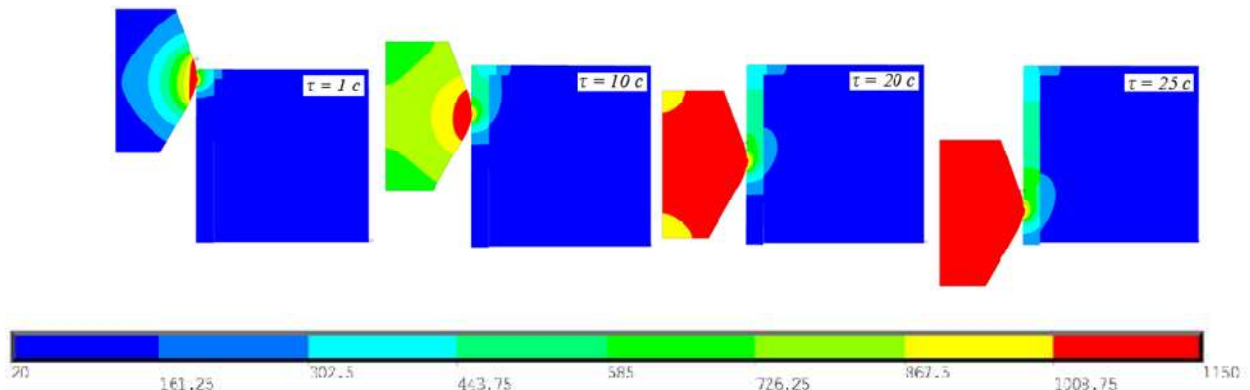


Рисунок 3.18 – Модель розподілу температурних полів від часу OEMД

Варто зазначити, що у зв'язку з відсутністю тепловідведення від дорну спостерігається постійне підвищення температури в процесі переміщення щодо втулки. На момент закінчення процесу температура дорна становила 1018 °С.

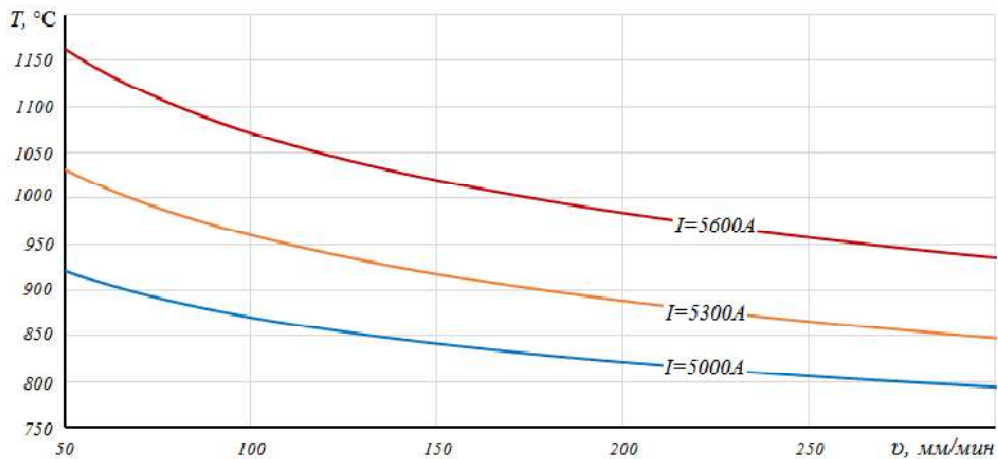


Рисунок 3.19 – Зміна температури в зоні контакту твердосплавного інструменту з ВК8 та тонкостінної сталеві втулки з 40Х залежно від швидкості переміщення інструменту та сили струму при $i = 0,4$ мм

У результаті розрахунку впливу швидкості переміщення дорну щодо оброблюваної поверхні втулки зі сталі 40Х і величини сили струму було

виявлено, що температура в зоні контакту інструменту з оброблюваною поверхнею зі збільшенням швидкості обробки істотно знижується, причому при обробці з силою струму 5600 А зниження температури відбувається інтенсивніше, ніж під час обробки із силою струму 5000 А (рисунок 3.19).

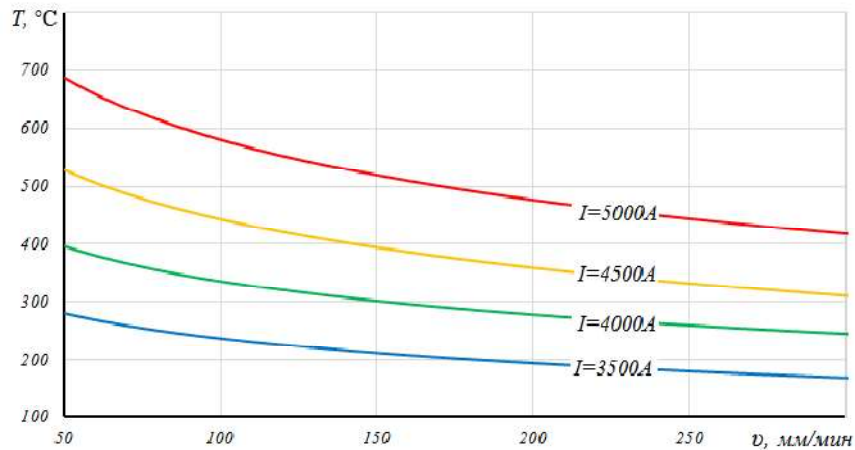


Рисунок 3.20 - Зміна температури в зоні контакту твердосплавного інструменту з ВК8 та тонкостінної бронзової втулки з БрОЦС 4-4-2,5 залежно від швидкості переміщення інструменту та сили струму при $i=0,4$ мм

Така сама закономірність спостерігається при OEMД бронзової втулки з Бр ОЦС 4-4-2,5 на досліджуваних режимах сили струму від 3500 до 5000 А (рисунок 3.20).

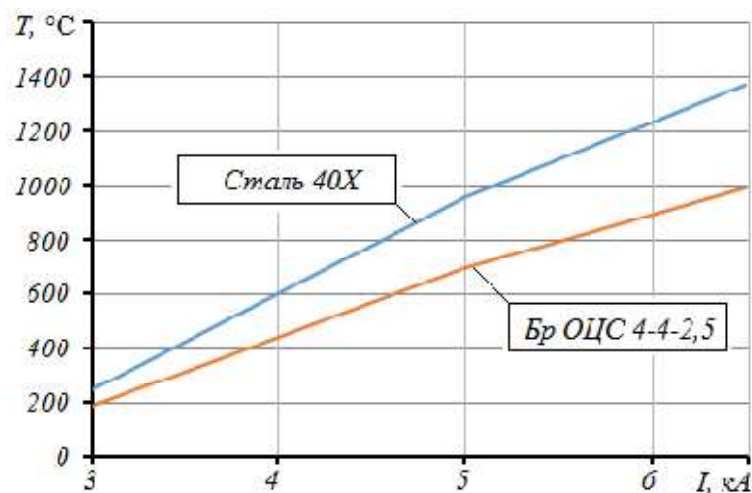


Рисунок 3.21 – Залежність температури нагрівання плями контакту від сили струму

Було встановлено, що при одних і тих самих величинах сили струму за інших рівних умов температура в зоні контакту з інструментом сталеві заготовки значно вища, ніж у бронзові, причому з підвищенням сили струму різниця в температурах збільшується (рис. 3.21).

Це пов'язано з тим, що електропровідність бронзи вища, ніж у сталі, внаслідок чого опір на контакті менший і відповідно нижче температури.

3.3 Результати експериментальних досліджень впливу режимів поверхневого електромеханічного дорнування на експлуатаційні та технологічні властивості залізвуглецевих сплавів ПЕМД відноситься до оздоблювально-зміцнювальних видів ЕМО високотемпературним смуговим джерелом отворів діаметром $d \leq 40$ мм товсто-стінних втулок $D/d \geq 1,2$ і корпусних деталей.

Дослідження структури поверхневого шару необхідне для визначення фізико-механічних властивостей поверхонь деталей рухомих з'єднань та їх експлуатаційних характеристик.

Процес формування структури поверхневого шару в ході електромеханічної обробки смуговим високотемпературним джерелом є загартування з само відпуском.

Вплив ПЕМД на зміну структури проводилося на прикладі сталі 40Х і чавуну СЧ 20. Вибір даних матеріалів обумовлений тим, що їх властивості в різних вихідних станах досить добре відомі завдяки широкому застосуванню для виготовлення деталей сільськогосподарської техніки. Характерні закономірності досліджуваних матеріалів можна поширити і на інші марки сталей і чавунів.

Дослідження структури поверхневого шару після ПЕМД показали, що «білий шар» являє собою практично нетравну звичайними способами структуру підвищеної твердості (рисунок 3.22). Структура «білого шару», що спостерігається в оптичний мікроскоп, не має ні голчастої, ні якоїсь іншої характерної кристалічної будови і виглядає як суцільне, однорідне світле поле. Можливо, це пояснюється тим, що при ПЕМД дифузія кисню і азоту в

поверхневий шар майже виключається, оскільки процес відбувається миттєво, тиск у багато разів перевищує тиск тертя і фазові перетворення поєднуються з пластичними деформаціями.

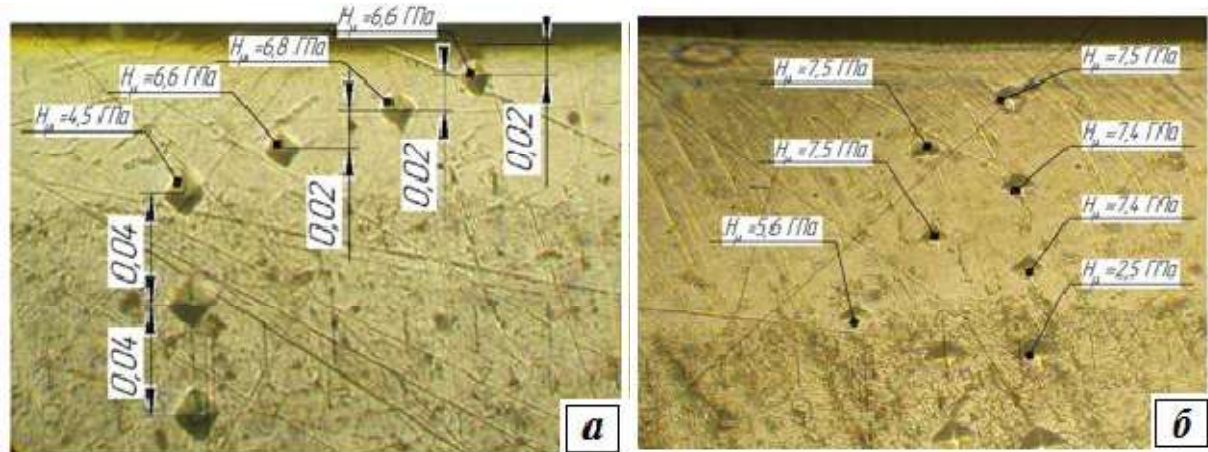


Рисунок 3.22 – Мікроструктура сталі 40X після ПЕМД при $i=0,1$ мм, $v=66$ мм/хв:

$a - I = 5000$ А, $б - I = 5400$ А

У сталевих зразків після ПЕМД зі збільшенням вмісту вуглецю і сили струму спостерігається збільшення як глибини, так і твердості зміцненого шару (рисунок 3.22, 3.23).

На рисунку 3.23 представлений графік впливу сили струму при ПЕМД на твердість сталі 40X.

Твердість обробленої ПЕМД поверхні зразка при силі струму $I=5400$ А підвищилася до 7,5 гПа, що в 3 рази перевищує початкову твердість. Глибина зміцненого шару цьому режимі ПЕМД становить 0,1 мм. При силі струму $I=5000$ А і незначному зниженні твердості до 6,8 ГПа, глибина зміцненого шару склала 0,06 мм.

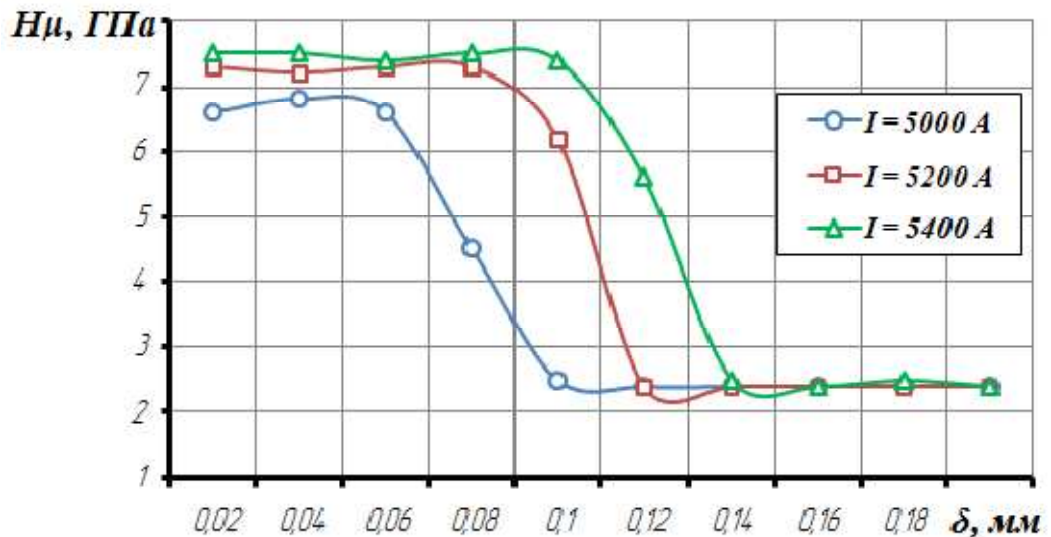


Рисунок 3.23 - Розподіл мікротвердості по глибині товстостінних втулок (сталь 40X) оброблених ПЕМД залежно від сили струму: діаметр дорну

$$D_0=30 \text{ мм}, i=0,1 \text{ мм}, v=66 \text{ мм/хв}$$

Поверхневий шар чавунного зразка є світлою зоною, пронизаною графітовими включеннями пластинчастої форми (рисунок 3.24). Невелика перехідна зона пояснюється малим інтервалом перлітного перетворення, що з графіка розподілу мікротвердості по глибині (рисунок 3.25).

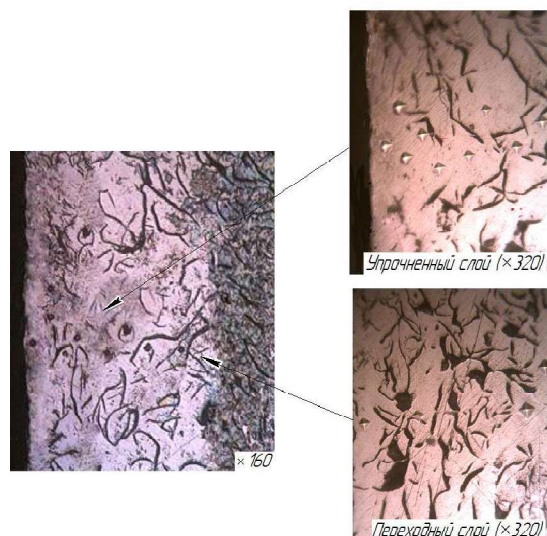


Рисунок 3.24 – Мікроструктура чавуну СЧ20 після ПЕМД при $I=5200 \text{ А}$, $i=0,05 \text{ мм}$, $v=66 \text{ мм/хв}$

Відповідно до даного графіка при силі струму $I = 5200$ А, натягу $i=0,05$ мм і швидкості ПЕМД=66 мм/хв глибина зміцнення шару становить 0,12-0,13 мм. Висока твердість 8,9 – 8,7 ГПа, межі світлого шару, різко падає до вихідної 2,2 – 2,5 ГПа.

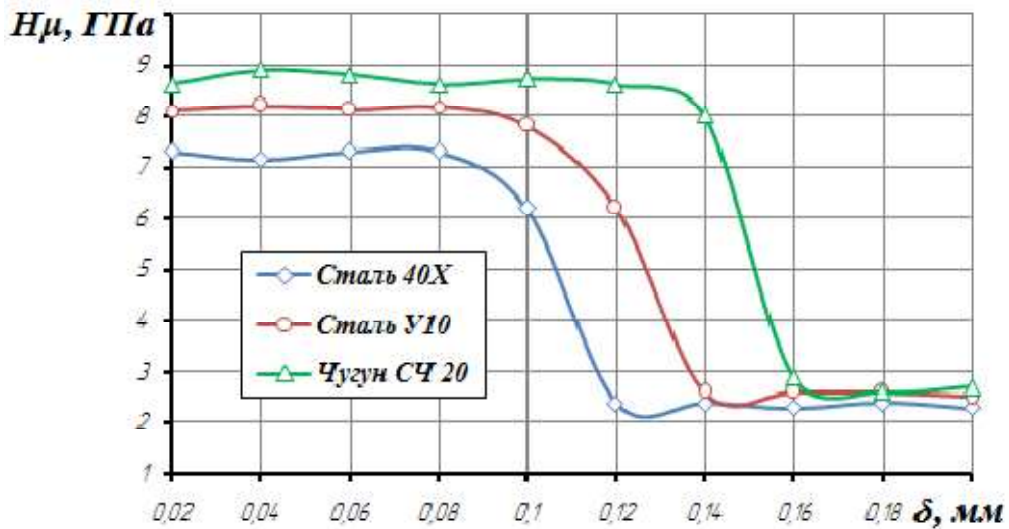


Рисунок 3.25 – Розподіл мікротвердості по глибині товстостінних втулок, оброблених ПЕМД залежно від виду та вмісту вуглецю в залізовуглецевих сплавах при $i=0,1$ мм (для сталі) та $i=0,05$ мм (для чавуну), $v=66$ мм/хв, $I=5200$ А, діаметр дорну $D_d=30$ мм

Більш висока твердість і глибина зміцнення чавуну СЧ 20 у порівнянні зі сталевими зразками (рисунок 3.25), пояснюється підвищеним вмістом вуглецю і, крім того, великим температурним впливом на поверхневий шар через більший електроопір контакту.

Результати досліджень шорсткості

Параметри шорсткості вимірювалися згідно з ГОСТ 2789-73 на певній базовій довжині, у відповідність до методики, викладеної в п. 3.4.5.

Для виявлення зміни шорсткості поверхні зміцнення були проведені вимірювання до і після ПЕМД. У результаті ПЕМД шорсткість поверхні суттєво знижується. Це відбувається внаслідок потужного термосилового впливу на

оброблювану поверхню, що призводить до пластичних деформацій і затікання мікро нерівностей, що залишаються після механічної обробки (рисунок 3.26).

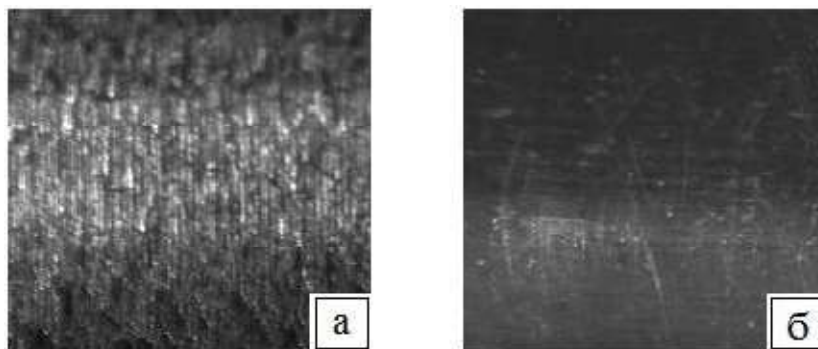


Рисунок 3.26 – Текстура поверхні отвору: а – після розточування до ПЕМД; б – після обробки ПЕМД

Дослідженню впливу натягу ПЕМД на зміну шорсткості піддавалися зразки з шорсткістю внутрішніх поверхонь $R_a 2,41 \dots 2,73$ мкм (див. таблицю 3.1).

Таблиця 3.1 - Шорсткість поверхні зразків до ПЕМД

Сталь 40Х	Сталь У10	Чавун СЧ20
Середнє значення шорсткості R_a , мкм		
2,73	2,41	2,65

Мінімальна шорсткість внутрішньої поверхні чавунного зразка із СЧ 20 $R_a 0,39$ мкм досягається при натягу $i=0,05$ мм. При збільшенні натягу ПЕМД спостерігалось «лущення» внутрішньої поверхні чавунного зразка, внаслідок чого шорсткість суттєво збільшувалася (рисунок 3.27).

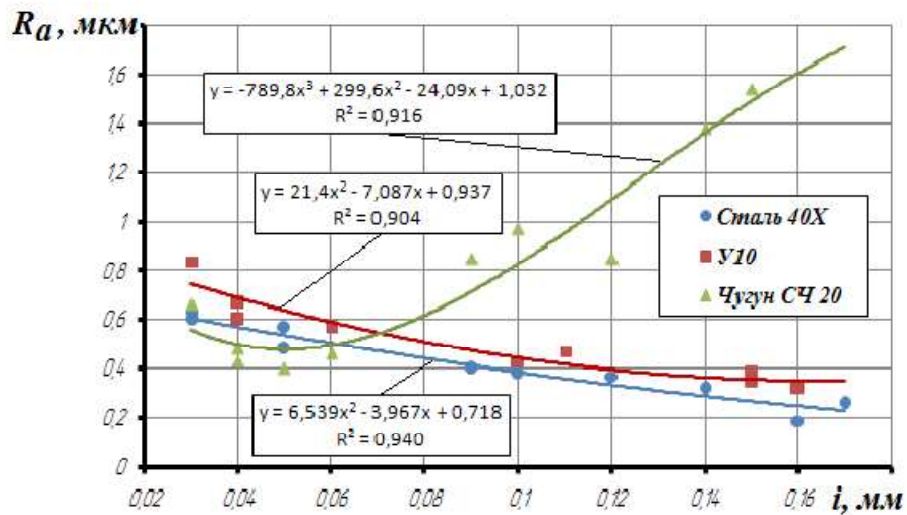


Рисунок 3.27 – Зміна шорсткості залежно від натягу ПЕМД: $I=5200$ А, $v=66$ мм/хв, діаметр дорну $D_0=30$ мм

При збільшенні натягу шорсткість зразків зі сталі 40Х менша ніж у сталі У10 (рисунок 4.6), що пояснюється меншою податливістю до деформаційного впливу сталі У10.

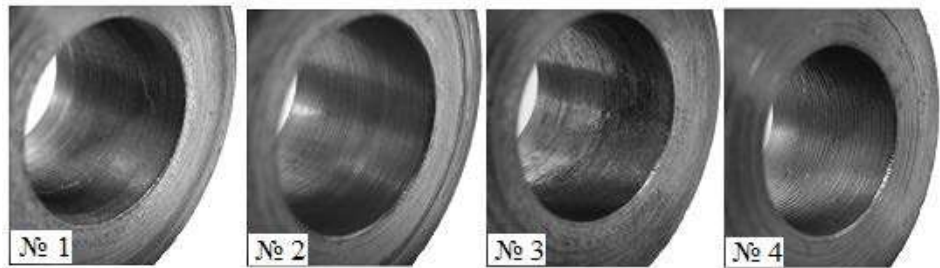
Вплив режимів OEMД і мікрогеометрії поверхонь, що контактують, на якість пресового з'єднання «тонкостінна сталева втулка – обойма»

Для дослідження впливу величини шорсткості на міцність пресового з'єднання «тонкостінна сталева втулка – обойма» отриманого OEMД були виготовлені зразки зі сталі 40Х, що представляють собою обойми з різною шорсткістю внутрішньої поверхні (рисунок 3.28) і тонкостінні втулки з діаметром отворів 29,6 мм, 29,5 мм та шорсткістю зовнішньої поверхні $R_z=3,2\dots 3,6$ мкм (рисунок 3.28).

Для дослідження впливу схеми OEMД на якість отриманого з'єднання з натягом втулки виготовляли з буртиком, для здійснення OEMД за схемою розтягування (рисунок 3.29 а) і без буртика для здійснення OEMД за схемою стиснення (рисунок 3.29, б) [11 .141].



а)



б)

Рисунок 3.28 – Обойми: а – зовнішній вигляд обойм; б – внутрішні поверхні обойм



а



б

Рисунок 3.29 – Тонкостінні сталеві втулки: а – з буртиком; б – без буртика

Заміри поперечної шорсткості зразків до збирання виконували відповідно до методики п. 3.4.5. Зняття круглограм отворів обойм з метою визначення поздовжньої шорсткості здійснювали відповідно до методики п. 3.4.7.

Результати вимірів поперечної та поздовжньої шорсткості поверхонь отворів обойм наведені в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри шорсткості поверхні отвору залежно від виду та режимів обробки

№ обойми	Вид обробки	Режим обробки		Шорсткість, R_z , мкм	
		v , м/хв	S , мм/об	Поперечна	Поздовжня
1	Чорнове розточування	315	0,13	3,8	2,4
2	Чорнове розточування	200	0,14	10,2	4,6
3	Чорнове розточування	200	1,26	41,7	8,7
4	Нарізування внутрішньої різьби	160	Крок 1,25	400	7,2

Втулки встановлювали в обойми із зазором $H11/h11$, після чого здійснювали OEMД на вертикально-фрезерному верстаті 6В11 твердосплавним інструментом – дорном діаметром $D_\delta=30$ мм на наступних режимах: сила струму $I=5300$ А, швидкість переміщення поверхні $v=66$ мм/хв.

У разі отримання з'єднання з натягом типу «втулка – корпус» методом OEMД по всій довжині з'єднання спостерігається дуже щільний контакт з яскраво вираженим механічним зачепленням (рисунок 3.30).

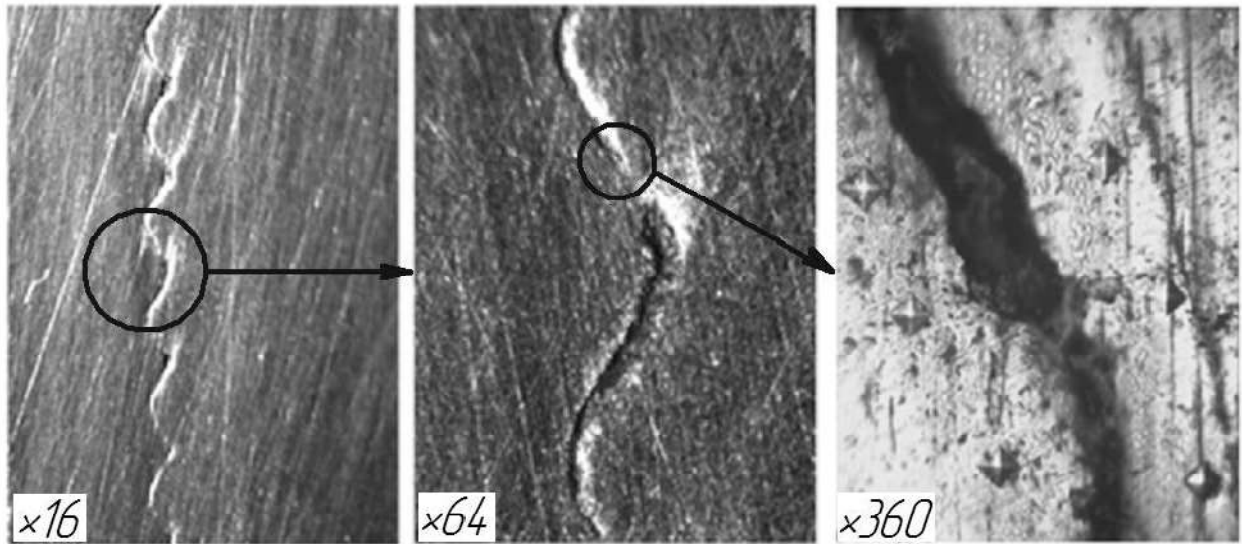


Рисунок 3.30 - Типові ділянки зони контакту тонкостінної сталеві втулки з обоймою № 4 після OEMД

Особливість контактування поверхонь сталевих деталей, що з'єднуються OEMД, полягає в тому, що більш тверді мікронерівності обойми вводять в більш пластичну, внаслідок нагрівання високотемпературним джерелом, захоплювану поверхню втулки, заповнюючи западини мікро-профілю охоплюваної деталі та істотно збільшуючи фактичну площу торкання (рисунок 3.30). У цьому випадку відносно зміщення поверхонь, що спрягаються, можливе тільки при зрізанні мікронерівностей контактованих деталей, тому міцність з'єднання підвищується.

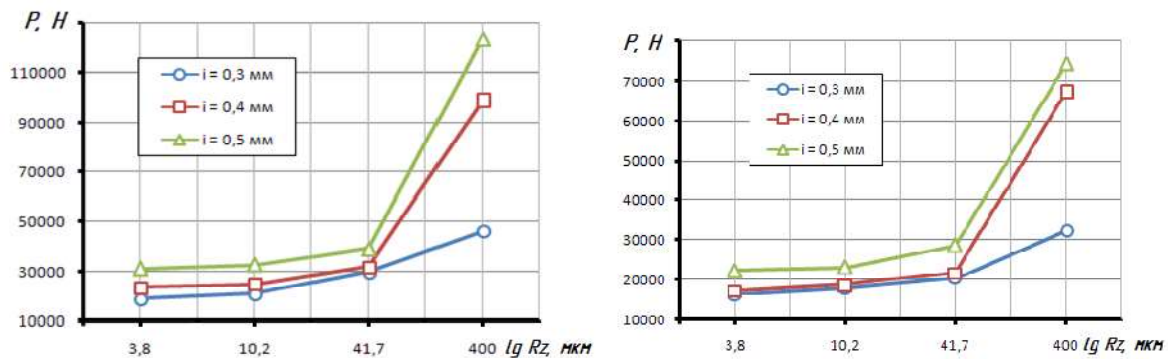


Рисунок 3.31 – Залежність зусилля випресовування від поперечної шорсткості R_z та натягу i при OEMД: а – OEMД за схемою стиснення; б - OEMД за схемою розтягування

У сполук, утворених ОЭМД, у матеріалі обойми переважають пружні деформації, а більш нагрітої втулки–пружнопластичні. Зі збільшенням шорсткості осьове зусилля випресовування зростає (рисунок 4.25). Найбільше зусилля випресування як за схемою стиснення, так і за схемою розтягування було зафіксовано при шорсткості отвору обойми $R_z=400$ мкм і натягу 0,5 мм (рисунок 3.32).

Збільшення зусилля випресовування при збільшенні шорсткості пояснюється впровадженням більш твердих виступаючих частин поверхні охоплює деталі менш тверду поверхню охоплюваної деталі і збільшенням площі контакту.

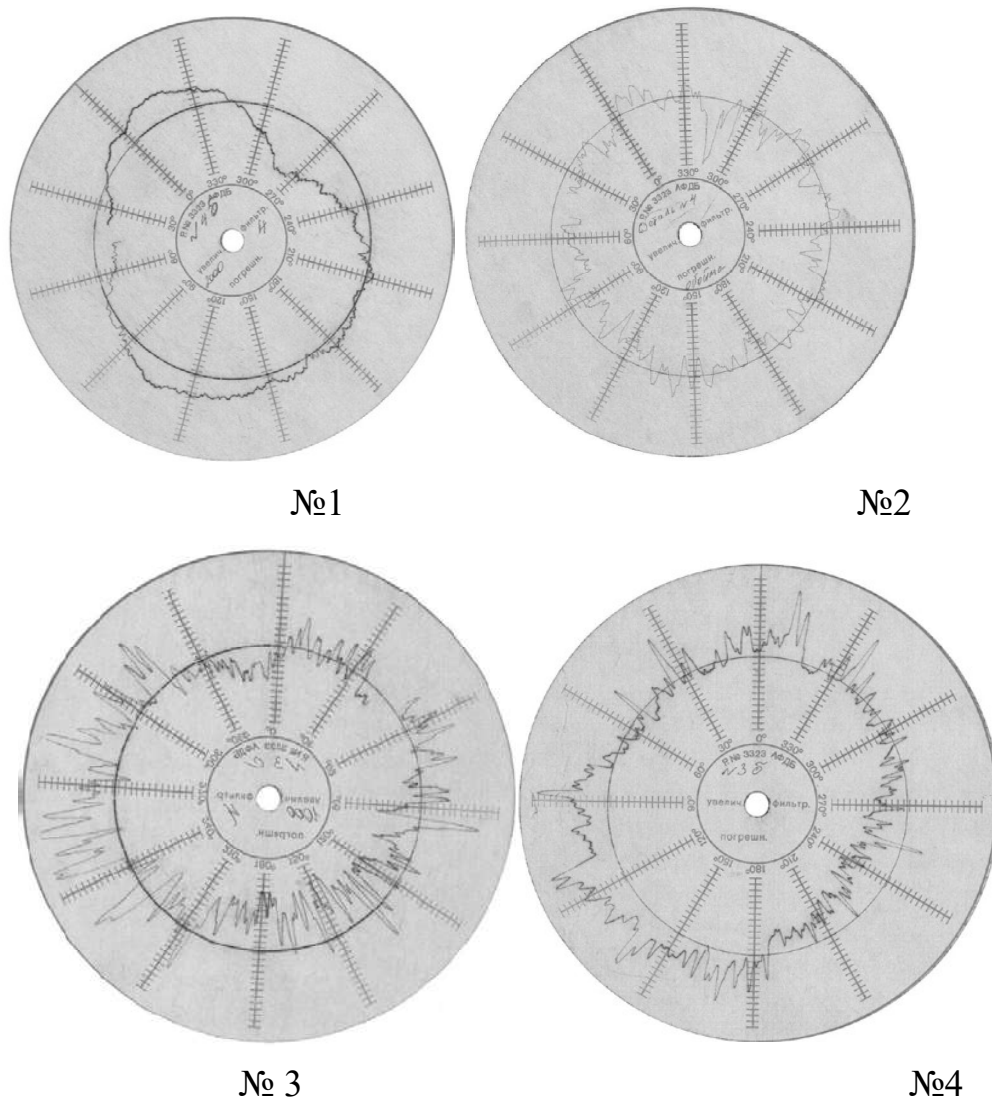


Рисунок 3.32 - Круглограми внутрішніх поверхонь обойм

Аналогічна картина спостерігається при дослідженні впливу подовжньої шорсткості (рисунок 3.32) на момент повертання втулки в обоймі (рисунок 3.33).

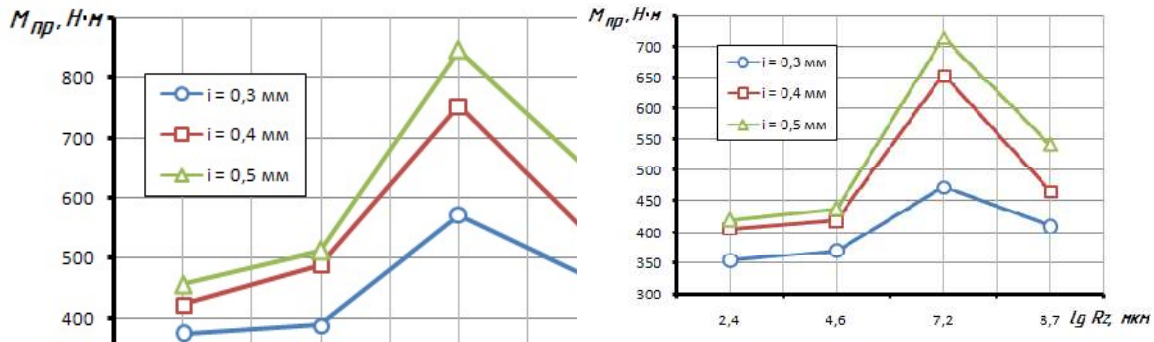


Рисунок 3.33 – Вплив подовжньої шорсткості R_z та натягу i при OEMД на момент повертання втулки в обоймі $M_{пр}$: а – OEMД за схемою стиснення; б - OEMД за схемою розтягування

Істотне збільшення моменту повертання при подовжній шорсткості $R_z = 7,2$ μm , як за схемою стиснення, так і за схемою розтягування, пояснюється і значною величиною поперечної шорсткості ($R_z = 400$ μm) даної обойми (див. таблицю 4.3) і великими радіусами мікронерівностей, що призводить до збільшення фактичної площі торкання.

З вищевикладеного слідує, що збільшення R_z в поперечному напрямку з 5,8 μm до 400 μm призводить до збільшення зусилля на випресовування в 2,5 ... 3,5 рази для обох схем проведення OEMД і всіх величин натягів.

При однакових параметрах мікрогеометрії та натягах при OEMД за схемою стиснення зусилля на випресовування більше в 14-15 рази, ніж при OEMД за схемою розтягування.

Збільшення шорсткості R_z у подовжньому напрямі з 2,4 μm до 8,7 μm призводить до збільшення моменту повертання $M_{пр}$ в 1,3 ... 1,8 рази для обох схем проведення OEMД і всіх величин натягів.

При однакових параметрах мікрогеометрії та натягах при ОЕМД за схемою стиснення момент на провертання більше 1,2...1,4 разу, ніж за ОЕМД за схемою розтягування.

Збільшення натягу з 0,3 мм до 0,5 мм призводить до збільшення зусилля на випресовування в 2,1 ... 2,5 рази і збільшення моменту на провертання в 1,3 ... 1,5 рази для обох схем проведення ОЕМД і однакових параметрах мікрогеометрії.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз технологічного процесу з точки зору охорони праці

Будь який технологічний процес, що впроваджується у виробництво, повинен відповідати правилам та нормам по охороні праці, а саме: єдиним правилам, що розповсюджуються на всі галузі народного господарства; міжгалузевим правилам, що розповсюджуються на декілька галузей; галузевим правилам, що розповсюджуються на окремі галузі, характерні своєю специфічністю.

Важливе місце серед правил та норм відводиться системі стандартів безпеки праці, що являє собою комплекс пов'язаних стандартів, напрямлених на забезпечення безпеки праці.

Контроль та нагляд за виконанням норм та правил виконують спеціально вповноваженні державні організації та інспекції, що не залежать від діяльності підприємства; та професійні союзи, а також їм підпорядковані технічна та правова інспекції праці. Вищий нагляд за точним виконанням законодавства про працю покладається на генерального прокурора держави.

Технологічний процес, що проектується має порівняно традиційний характер для машинобудівного комплексу. Він складається з процесу отримання заготовки, механічної обробки на металорізальних верстатах, контролю браку, транспортування та складування.

Заготовка отримується з прокату. Пруток потрібної довжини відрізається на абразивно-відрізногому напівавтоматі. Використання абразивно-відрізнних напівавтоматів є дуже високопродуктивним, але потенціально небезпечним для робітників, що виконують цю операцію. До шкідливих факторів можна віднести те, що під час абразивної обробки, в повітря виділяється велика кількість металевого та абразивного пилу. Пил злітає у повітря і можливе попадання його до організму людини через стравохід та дихальні шляхи. Значне виділення тепла в зоні обробки, а також можливе відлітання розпечених часточок металу є небезпечним для органів зору а при попаданні їх на шкіряні покриви можливі мікро опіки в наслідок високої

температури останніх. При використанні мастильно-охолоджувальної рідини можливе її розбризування. Це небезпечно для органів зору робітника, а також може спричиняти подразнення шкіри в оточуючих працівників. В той же час МОР попереджає розлітання пилю, примушуючи його стікати разом із собою. Що є дуже актуальним при шліфуванні, коли зона різання насичена металевим та абразивним пилом.

При транспортуванні заготовок на ділянці механічної обробки, в залежності від виду транспорту, може виникати небезпечність травмування в наслідок недбалості персоналу, забруднення довкілля самим транспортуючим пристроєм, використання неробочого, або відпрацьованого обладнання. Шкідливими виділеннями можуть бути відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згорання, негерметичність акумуляторних батарей з витіком електроліту. Небезпечним є використання відпрацьованих, за строком використання, тросів, редукторів і таке інше. Також існує загроза враження електричним струмом від електропровідних машин. Необхідно ретельно вивчити та дотримуватись технічних характеристик та умов в експлуатації транспортних засобів.

Механічна обробка деталі з сталі 45 ХЛ на токарних верстатах різцями дає зливу стружку. Цей тип стружки характеризується гострими краями, великою довжиною та складністю видалення її з зони різання. Тому для подрібнення стружки та полегшення видалення її з зони різання необхідно встановлення накладних стружколомів на різцях.

При використанні мастильно-охолоджувальній рідини можливе її розбризування. Це небезпечно для органів зору робітника, а також може спричиняти подразнення шкіри в оточуючих працівників. В той же час МОР попереджає розлітання пилю, примушуючи його стікати разом із собою. Це явище досить поширене при шліфуванні, коли зона різання насичена металевим та абразивним пилом, що є дуже небезпечним.

Для всіх механічних операцій небезпечною є зона різання, тому слід дотримуватись правил експлуатацій конкретного виду обладнання. Небезпеку

створюють органи верстатів, що рухаються та пристрої, для закріплення інструменту або деталі.

Всі верстати живляться від електромережі, тому існують небезпека пошкодження працюючих електричним струмом. Обов'язково необхідно передбачити в верстаті захисне заземлення.

На токарних та свердлувальних операціях пристрій для затиску деталі має пневматичний привід, тому при миттєвому відключенні стиснутого повітря можливе розкріплення деталі, що може стати причиною травматизму або нещасного випадку. Для запобігання цього необхідно передбачити запобіжні пристрої, які б мали змогу захистити робітника чи попередити його про небезпеку.

Загалом, технологічний процес, що проектується, виконується без застосування високотоксичних, вибухонебезпечних та інших рідин, що можуть створити небезпеку для людини. Практично всі можливі ситуації небезпечні для здоров'я та праці робітників можна попередити дотримуючись правил експлуатації обладнання та безпеки праці.

Заходи по забезпеченню безпечних умов праці на робочих місцях дільниці.

Робоче місце це зона прикладання праці окремого робітника чи групи робітників, в якій розташовані матеріально-технічні засоби виробництва.

Організація робочого місця – комплекс організаційних заходів, що забезпечують раціональний трудовий процес та ефективне використання засобів та предметів праці.

Згідно ГОСТ 12.0.003-79 небезпечним виробничим фактором, називають фактор, дія якого на працівника призводить до травми чи до неочікуваного погіршення здоров'я.

Небезпечний виробничий фактор призводить до травм, а шкідливий виробничий фактор призводить до професійного захворювання.

Небезпечні виробничі фактори поділяють на:

1. Фізичні: транспортні засоби, що рухаються; рухомі елементи конструкцій обладнання; пересувні вироби та заготовки; конструкції споруд, що руйнуються; стружка; низька або підвищена температура; недостатня освітленість робочого місця; рівень та інше.

2. Хімічні.

3. Біологічні.

4. Психофізіологічні.

При вірній організації робочого місця дія небезпечного виробничого фактора зводиться до мінімуму.

Для вірної організації робочого місця необхідно забезпечити:

1. Вірне планування робочого місця та раціональне оснащення його відповідним сучасним обладнанням та технологічною оснасткою.

2. Оптимальне просторове положення матеріальних засобів виробництва.

3. Раціональне кольорове фарбування обладнання.

4. Нормоване освітлення робочого місця.

При плануванні робочого місця необхідно передбачити:

1) Можливість виконання раціональних рухів, що необхідні для виконання трудового процесу;

2) Найбільш економне використання виробничої площі та скорочення шляхів переміщення робітника під час транспортування деталі;

3) Раціональне розташування обладнання та оснастки відповідно до послідовності технологічного процесу.

4) Загальні фізіологічні та антропометричні данні людини(зріст, розмах рук та інше).

Організація безпечної експлуатації обладнання

Загальні вимоги безпеки до метало ріжучих верстатів

Металорізальне обладнання: верстати, преси та інше, повинні бути встановлені на міцних основах або фундаментах. Допускається встановлення на віброопорах.

Всі дверцята та кришки, що мають змогу зніматися повинні мати пристрої, що запобігають їх самостійному відчиненню під час праці обладнання

Огородження, що можуть відкриватися під час роботи обладнання, мають бути заблоковані з пуском на верстаті.

Виступаючі частини валів та кінців, що обертаються мають бути закритими глухими нерухомими кожухами.

Всі верстати повинні бути оснащені екранами, що захищають робітників від стружки, що вилітає із зони обробки та брызів мастильно-охолоджуючої рідини.

Конструкція всіх пристроїв для закріплення обробляючих деталей та інструмента повинна забезпечувати закріплення інструмента, та виключати самовільне розкріплення його в процесі роботи.

Враховуючи те, що майже все обладнання на дільниці має електричний привід, варто розглянути засоби по безпечній експлуатації електричних установок. До засобів захисту від пошкодження струмом відносяться:

1) забезпечення неможливості доступу струмопровідних частин (ізоляція струмопровідних частин, розташування їх на недоступній висоті, огороження та ін.);

2) електричне розподілення мережі – це розподілення електричної мережі на окремі електричні, не пов'язані між собою, дільниці з допомогою спеціальних розподільчих трансформаторів;

3) використання малого напруження (характерно для ручного інструменту);

4) подвійна ізоляція – це електрична ізоляція, яка складається з робочої та додаткової ізоляції;

5) захисне заземлення;

- б) занулення;
- 7) захисне відключення.

Все обладнання, що використовується на ділянці повинно мати захисне заземлення. Не дозволяється працювати на обладнанні без заземлення чи з пошкодженням заземленням.

4.2 Мікроклімат

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 робота відноситься до робіт категорії II Б. До цієї категорії відносяться роботи, пов'язані з ходінням, переміщенням і пересуванням вантажів до 10 кг, які супроводжуються помірною фізичною напругою. Для роботи характерні непостійні робочі місця, тому що робітники на них знаходяться не більше 50% всього робочого часу, або не більше 2-х годин безперервно.

Температура, відносна вологість і швидкість руху повітря в робочій зоні повинні відповідати допустимим нормам, так як оптимальні підтримувати недоцільно. Допустимі значення параметрів мікроклімату досягаються за рахунок опалення приміщення, а також за рахунок приточно-витяжної вентиляції.

Підводячи висновок, можна сказати, що параметри мікроклімату відповідають нормам, які показані в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1- Мікроклімат

Період року	Категорії робіт	Температура, °C		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, %		
		Оптимальна	Допустима		Оптимальна	Допустима на роб. місцях	Оптимальна	Допустима на роб. місцях
			Верхня границя	Нижня границя				
		На роб. місцях						

			Постійні	Непостійні	Постійні	Непостійні				
холодний	Середня ПБ	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0.2	<0,4
теплий	Середня ПБ	20-22	27	29	16	15	40-60	75 при 25°	0.3	0,2-0,5

4.3 Розрахунок заземлення верстатів

Розраховуємо пристрій захисного виробничого заземлення, яке складається із з'єднаних між собою горизонтальною сталлюю стрічкою і заглиблених у землю вертикальних заземлювачів.

Вихідні дані:

грунт – суглинок;

заземлювач – кутникова сталь довжиною 3 м і шириною 0,06 м ($l = 3$ м; $b = 0,06$ м);

ширина сталюї горизонтальної полоси - $b_n = 0,06$ м;

глибина закладки полоси - $h = 0,95$ м;

питомий опір ґрунту - $\rho = 140$ Ом·м;

розміщення заземлювачів – у ряд.

Визначаємо опір розтіканню електричного струму від одиночного вертикального заземлювача:

$$R_1 = 0,366 \frac{\rho}{l} \left(\lg \frac{2l}{\alpha} + \frac{1}{2} \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

де t - глибина до середини вертикального заземлювача, м;

$$t = h + \frac{l}{2} = 0,95 + \frac{3}{2} = 2,45 \text{ м};$$

$$\alpha = 0,95 \cdot b = 0,95 \cdot 0,06 = 0,057 \text{ м}.$$

$$\text{Тоді } R_1 = 0,366 \frac{140}{3} \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,057} + \frac{1}{2} \lg \frac{4 \cdot 2,45 + 3}{4 \cdot 2,45 - 3} \right) = 36,9 \text{ Ом.}$$

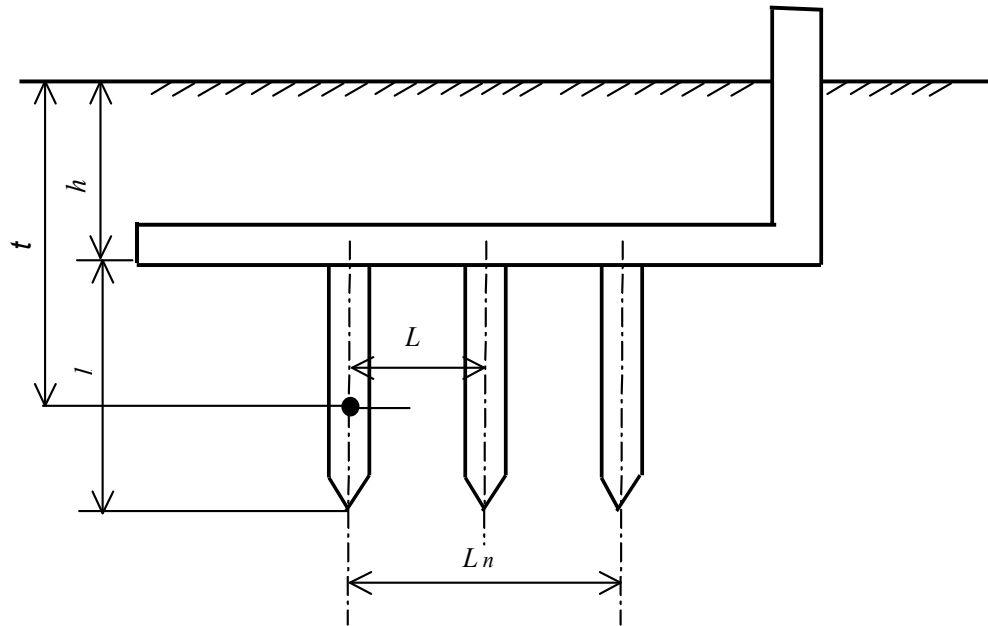


Рисунок 4.1 Схема розміщення заземлювачів

Так як величина R_1 перевищує максимально допустиму величину опору розтіканню електричного струму всієї системи захисного заземлення ($R_0 = 4 \text{ Ом}$), то визначаємо кількість вертикальних заземлювачів цієї системи заземлення.

Попередньо кількість вертикальних заземлювачів визначаємо за формулою:

$$n \geq \frac{R_1}{2 \cdot R_0} = \frac{36,9}{2 \cdot 4} = 4,6; \text{ приймаємо } n = 5.$$

Виходячи із величини n , визначаємо коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів:

$$\eta_e = 0,74.$$

Визначаємо загальний опір розтікання електричного струму усіх вертикальних заземлювачів

$$R_{\epsilon} = \frac{R_1}{n \cdot \eta_{\epsilon}} = \frac{36,9}{5 \cdot 0,74} = 9,9 \text{ Ом.}$$

Визначаємо довжину полоси, яка з'єднує вертикальні заземлювачі

$$l_n = 1,05 \cdot L(n-1),$$

де L - віддаль між двома сусідніми вертикальними заземлювачами, м;

$$L = 3 \cdot l = 3 \cdot 3 = 9 \text{ м.}$$

$$\text{Тоді } l_n = 1,05 \cdot 9(5-1) = 37,8 \text{ м.}$$

Визначаємо опір розтікання електричного струму з'єднувальної полоси

$$R_n = 0,366 \frac{\rho}{l_n} \cdot \lg \frac{2 \cdot l_n^2}{b_n \cdot h} = 0,366 \cdot \frac{140}{37,8} \cdot \lg \frac{2 \cdot 37,8^2}{0,06 \cdot 0,95} = 6,37 \text{ Ом.}$$

Визначаємо загальний розрахунковий опір розтікання електричного струму, який виникає у системі захисного заземлення:

$$R_p = \frac{R_{\epsilon} \cdot R_n}{R_{\epsilon} \cdot \eta_n + R_n},$$

де η_n - коефіцієнт використання полоси, який враховує взаємне екранування полоси і з'єднаних нею вертикальних заземлювачів, $\eta_n = 0,88$.

$$\text{Тоді } R_p = \frac{9,9 \cdot 6,37}{9,9 \cdot 0,88 + 6,3} = 3,87 \text{ Ом.}$$

Умова $R_p < R_0 - 3,87 < 4$ - виконується, отже, даний пристрій відповідає вимогам ПУЕ.

ВИСНОВКИ

В основі даного магістерської роботи розглянуто проектування технології оброблення деталі “фланець”.

В роботі розроблений технологічний процес на основі типового, приведено техніко-економічне обґрунтування вибору маршруту, яке 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.

Спроектовано контрольний пристрій для контролю торцевого биття.

За допомогою САМ програми Esprit створено керуючу програму на верстат HAAS ST-20.

У дослідницькому розділі викладені результати досліджень електро-механічного дорнування циліндричних поверхонь.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дипломное проектирование по технологии машиностроения: [Учебное пособие для вузов / В.В. Бабука, П.А. Горезко, К.П. Забродин и др.] Под общей ред В.В. Бабука. – Минск.: Высш. Школа, 1979 – 464 с.
2. Справочник технолога – машиностроителя, т.1. Под. ред. Косиловой А.Г. и Мещерякова Р.К., М., Машиностроение, 1986, - 656с.
3. Справочник технолога – машиностроителя, т.2. Под. ред. Малова А.Н., М., Машиностроение, 1973, - 568с.
4. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / За ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1993. – 300 с.
5. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: Учеб. пособ. / Н.А. Нефедов, К.А. Осипов. – М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.
6. Ковшов А.Н. Технология машиностроения.: Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1987. – 320 с., ил.
7. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении. Справочник технолога / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М.А. Калинин. – М.: Машиностроение, 1976. 288 с.
8. Гордеев А.І. Курсове та дипломне проектування з технології машинобудування та металорізальних верстатів: Навчальний посібник / А.І. Гордеев, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносков, В.Г. Мігаль. – Хмельницький: ХНУ, 2005. – 294 с.
9. Технологія конструкційних матеріалів: Підручник / За ред. М.А. Сологуба. – К.: Вища школа, 1993. – 300 с.
10. Допуски и посадки. Справочник / Под ред. В.Д. Мягкова. – Л.: Машиностроение, 1978. – Ч.2. – 542–1032 с.
11. Горбацевич А. Ф., Шкред В. А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения: Учебное пособие для вузов. — 5-е издание,

стереотипное. Перепечатка с четвертого издания 1983 г. - М.: ООО ИД «Альянс», 2007. - 256 с.

12. Бондаренко С.Г. Основи технології машинобудування : навч. посібник для студ. вищих техн. навч. закладів / С.Г. Бондаренко. – Львів : Магнолія, 2007. – 567 с.

13. 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.

14. Исаев, Ю.М. Температурное поле при воздействии концентрированных потоков энергии / Ю.М. Исаев, Л.В. Федорова, А.В. Морозов // Вестник СамГТУ, серия «Физико-математические науки». - 2006. - № 41.– С. 188-190.

15. <https://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/products/pages/tools.aspx>

16. Морозов, А.В. Повышение износостойкости тонкостенных втулок при объемном электромеханическом дорновании / А.В. Морозов // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. -2012.- № 2. - С 87-90.

17. Морозов, А.В. Расчет усилий при объемном электромеханическом дорновании тонкостенных втулок в замкнутом объеме / А.В. Морозов, Н.И. Шамуков // Научное обозрение. – 2012. - № 3. - С 136-141.

18. 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.