

Факультет: інженерії транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

Пояснювальна записка

До дипломної роботи

ОКР – бакалавр

Галузь знань: 13

Спеціальність: 131 «Прикладна механіка»

На тему: «Технологія виготовлення деталі «Вилка МПБ 51.02.018» з
використанням верстатів з ЧПК

Виконав студент групи ПМТ-18-1 _____ (Р.В. Йолтухівський)

Керівник бакалаврської роботи _____ (В.П. Ткачук)

До захисту допускаю:

Зав.кафедри _____ (В.П. Ткачук)

29 06 2022 р.

Хмельницький 2022

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування
Спеціальність «Прикладна механіка»

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ
ДИПЛОМНУ РОБОТУ

бакалавру Йолтухівському Ростиславу Володимировичу

Тема затверджена наказом ректора

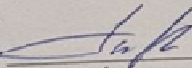
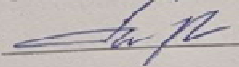

№ 18 від " 1 березня " 2022 р.

Тема роботи: Технологія виготовлення деталі " Вилка МПБ 51.02.018"
з використанням верстатів з ЧПК

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 31.03.2022
Розділ II _____ 30.04.2022
Розділ III _____ 31.05.2022
Розділ IV _____ 10.06.2022

Перелік графічних матеріалів: 1.Кресленія заданої деталі 1 лист – А4; 2.Графотехнологія 1 лист – А4; 3. Кресленія РТК 1 лист – А2; 4. Кресленія верстатного пристрою 1 листи- А2; 5. Кресленія вимірювального пристрою 1 лист – А4.

Зав. кафедри  В.П. Ткачук
Керівник  В.П. Ткачук
Бакалавр  Р.В. Йолтухівський

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ
МАШИНОБУДУВАННЯ

ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

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

Назва: «Технологія виготовлення деталі "Вилка МПБ 51.02.018" з використанням верстатів з ЧПК»

Автор: Йолтухівський Ростислав Володимирович

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

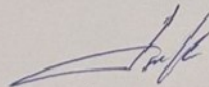
Науковий керівник: Ткачук Віталій Павлович

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

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

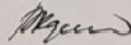
Підтвердження:

завідувач кафедри



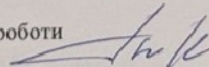
Віталій ТКАЧУК

гарант освітньої програми



Віталій КАРАЗЕЙ

керівник кваліфікаційної роботи



Віталій ТКАЧУК

Дата

Підписи

Завідувачу кафедри

Геннадій Машинюк
к.т.н. доцент Віталій Іванюк
здобувача вищої освіти (студента
ПБ, факультет, «курс», «група»)

Ветислава Йоганнська
ФТБ зр РАТ-18-1

ЗАЯВА

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

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

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

17.06.22

дата



підпис

Зміст

ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	Ошибка! Закладка не определена.
ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ	Ошибка! Закладка не определена.
1.2. Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі	5
1.3. Аналіз технічних вимог деталі	7
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Вилка»	7
Визначення типу виробництваВизначення типу виробництва провадиться залежно від річного обсягу випуску та маси деталі (таблиця 1.1).	9
2.1Вибір методу одержання заготовки	11
2.3. Розрахунок параметрів та конструювання заготовки	11
2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні	16
2.4. Вибір та обґрунтування технологічних баз	21
2.5. Технологічний маршрут обробки деталі	22
2.6. Вибір обладнання	25
2.7. Вибір різального інструменту	27
2.10. Розрахунок та призначення режимів різання	33
2.11. Розробка керуючої програми для верстата з ЧПК за допомогою САМ ESPRIT	35
2.12 Створення технологічної документації	40
3. Технологічний розділ	41
3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при фрезеруванні площини та отворів на верстаті з ЧПК	42
3.2.Розрахунок сил закріплення деталі та приводу пристрою	43
3.2 Проектування калібру – пробки	50
4. Охорона праці	53
Правила техніки безпеки.	53
Загальні	53
Початок роботи	56
Завершення роботи	56
Аварійна ситуація	56
Безпека електрообладнання	57
Висновок	57
ВИСНОВОК	58
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	59

1.2. Опис конструкції, технічних умов та службового призначення деталі

Деталь "Вилка" призначена для передачі осьових навантажень шарнірних з'єднаннях, використовуються обтискні преси. До таких виробів пред'являються підвищені експлуатаційні вимоги.

Трудомісткість їх виготовлення обумовлюють: вибір матеріалу, наявність значної кількості відповідальних поверхонь високої точності та складної форми.

3d модель деталі представлена на рисунку 1.1

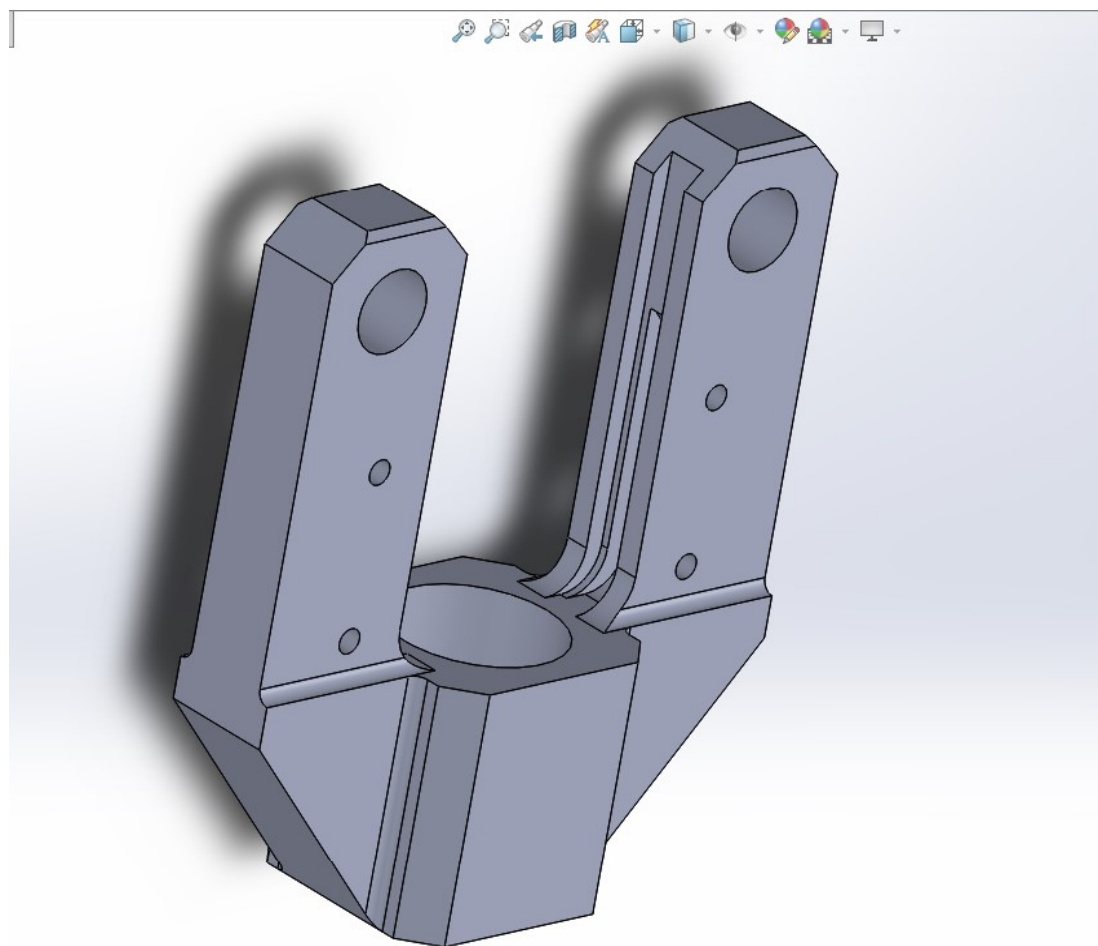


Рисунок 1 - 3d модель деталі "Вилка"

Креслення деталі "Вилка" представлений на Рисунку 1.1

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

5

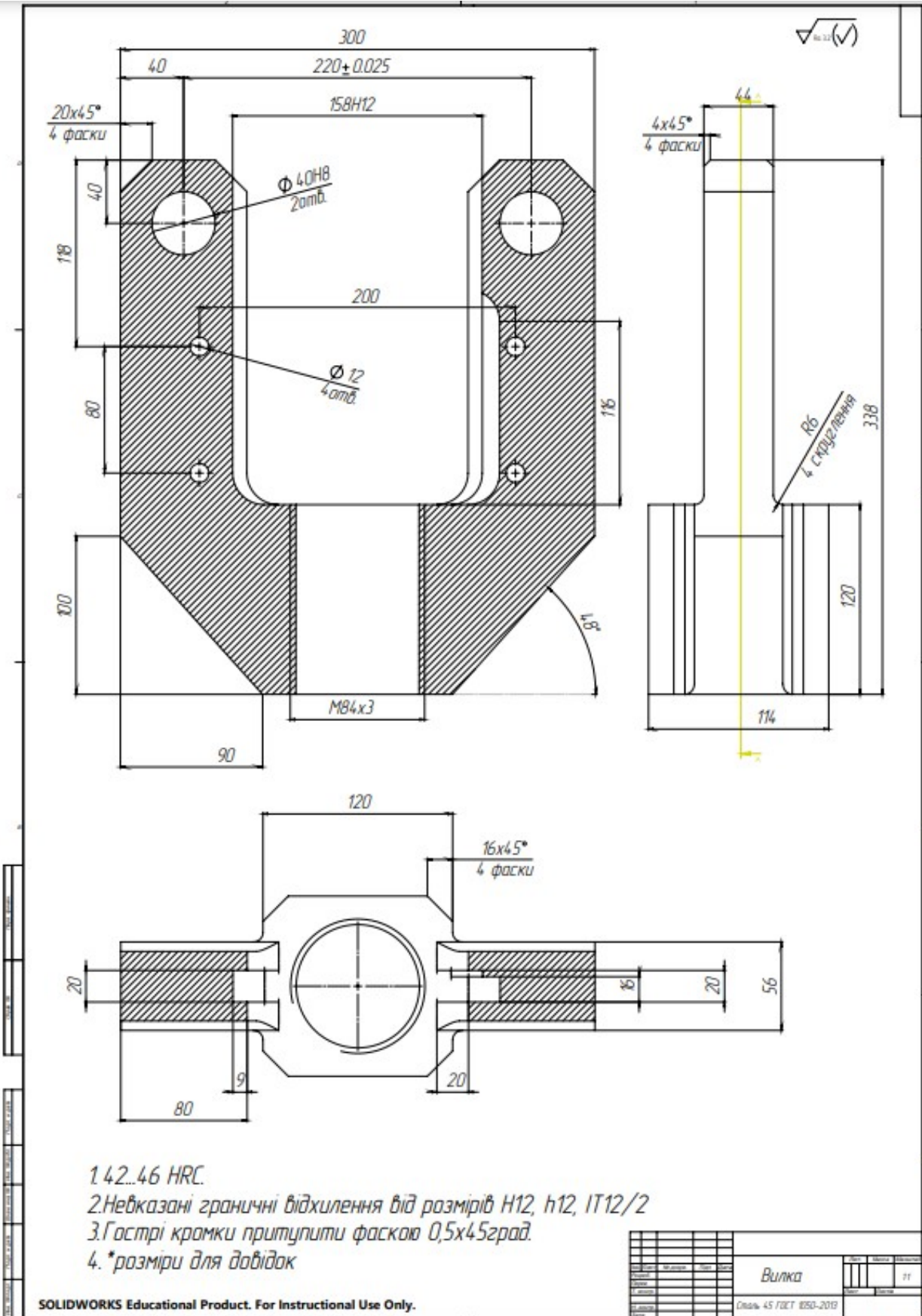


Рисунок 1.2-Деталь «Вилка»

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

6

1.3. Аналіз технічних вимог деталі

1. Допускається матеріал Сталь 45 ГОСТ 1050-2013.
2. Термообробка 45...46 HRC
3. Група контролю 4 ГОСТ 100021-78
4. Штампування за ГОСТ 7505-89
5. Допускається заокруглення кромки по зовнішньому контуру деталі радіусом не більше 10мм
6. ГОСТ 30893.1: H14, h14; ± IT14/2

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Вилка»

Конструкція деталі технологічна, якщо вона забезпечує просте та економічне виготовлення деталі з мінімальними витратами та високою продуктивністю. Технологічність деталі оцінюється для конкретних умов виробництва.

Існує два види оцінки технологічності конструкції:

- Якісний
- Кількісний

Крім того, технологічність може бути оцінена додатковими технічними показниками:

- Коефіцієнтом використання матеріалу;
- Коефіцієнтом уніфікації та стандартизації;
- коефіцієнтом точності та шорсткості поверхонь

Якісний аналіз технологічності деталі

Робоче креслення оброблюваної деталі містить всі необхідні проекції, розрізи, перерізи, що чітко і однозначно пояснюють її конфігурацію. На кресленні вказано всі необхідні відхилення.

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		7

Вказана необхідна шорсткість поверхонь, що обробляються, допускаються відхилення від правильних геометричних форм, а також взаємне положення поверхонь. Містить всі необхідні відомості про матеріал деталі, термічну обробку, твердість поверхонь, масу деталі.

При конструюванні деталі використовувалися прості геометричні форми, що дозволяють застосовувати високопродуктивні методи обробки.

Деталь є Вилкою з точними внутрішніми отворами, декількома групами позиційних, кріпильних та інших технологічних отворів. А також має точні пази та канавки для ущільнювальних гумок. Найточнішою поверхнею є два отвори $\square 40$, які виконуються за 8-м квалітетом та шорсткістю Ra2,5мкм. Деталь має складний геометричний контур та шорсткість Ra3,2-6,3 мкм. Відстань між двома отворами має дуже точний допуск $225 \pm 0,025$. Паз вилки виконуються за 12 квалітетом. Деталь має різбовий отвір M84x3.

Кількісний аналіз технологічності деталі

Для проведення кількісного аналізу розглянемо такі показники технологічності: маса деталі, коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності обробки, коефіцієнт шорсткості поверхонь.

а) за коефіцієнтом використання матеріалу:

$$K_{в.м.} = m_d / m_z, \quad (1.1)$$

де m_d – маса деталі, кг;

m_z – маса заготовки, кг.

$$K_{в.м.} = 15 / 21 = 0,71 \quad (1.2)$$

б) Коефіцієнт точності обробки деталі:

$$K_T = T_n / T_o, \quad (1.3)$$

де T_n - число розмірів необґрунтованого ступеня точності обробки;

T_o – загальна кількість розмірів, що підлягають обробці.

Загальна кількість розмірів, що підлягають обробці, становить 35. Серед них немає розмірів необґрунтованої точності, тому:

$$n = \frac{N \cdot a}{254} = \frac{2000 \cdot 5}{254} = 39 \text{ шт.},$$

(1.6)

де N - Річний обсяг випуску деталей;

a = 6...10 – число днів запасу деталей на складі задля забезпечення ритмічності складання;

254 - кількість робочих днів на рік.

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	<i>Лист</i>
<i>Змін</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір методу одержання заготовки

Правильно вибрати заготовку – це визначити раціональний метод отримання. Встановити припуски на механічну обробку кожної з поверхонь, що обробляються.

Особливо важливо вибрати вид заготовки та призначити найбільш оптимальні умови для її виготовлення у серійному виробництві, коли розміри деталі отримують автоматично, на налаштованих верстатах. Важливу роль при виборі заготовки грає розмір і форма деталі, щодо яких вибирають той чи інший спосіб одержання заготовки. В даному випадку, враховуючи форму деталі, матеріал, обсяг випуску найбільш раціональним способом одержання заготовки є штампування на КГШП.

Штампування на КГШП рентабельне в умовах серійного виробництва. З поковки виходять досить точні заготовки, з невеликими припусками на механічну обробку.

Для остаточного прийняття рішення порівняємо штампування на КГШП та сортовий прокат.

2.3. Розрахунок параметрів та конструювання заготовки

Ескіз заготовки з прокату представлений на малюнку 3.

Обсяг заготовки прямокутного перерізу знайдемо за формулою:

$$V = a \cdot b \cdot h, \quad (2.1)$$

де a – ширина заготовки, мм

b – довжина заготовки, мм

h – висота заготовки, мм

$$V \cdot 125 \cdot 320 \cdot 360 \cdot 14400000 \text{мм}^3$$

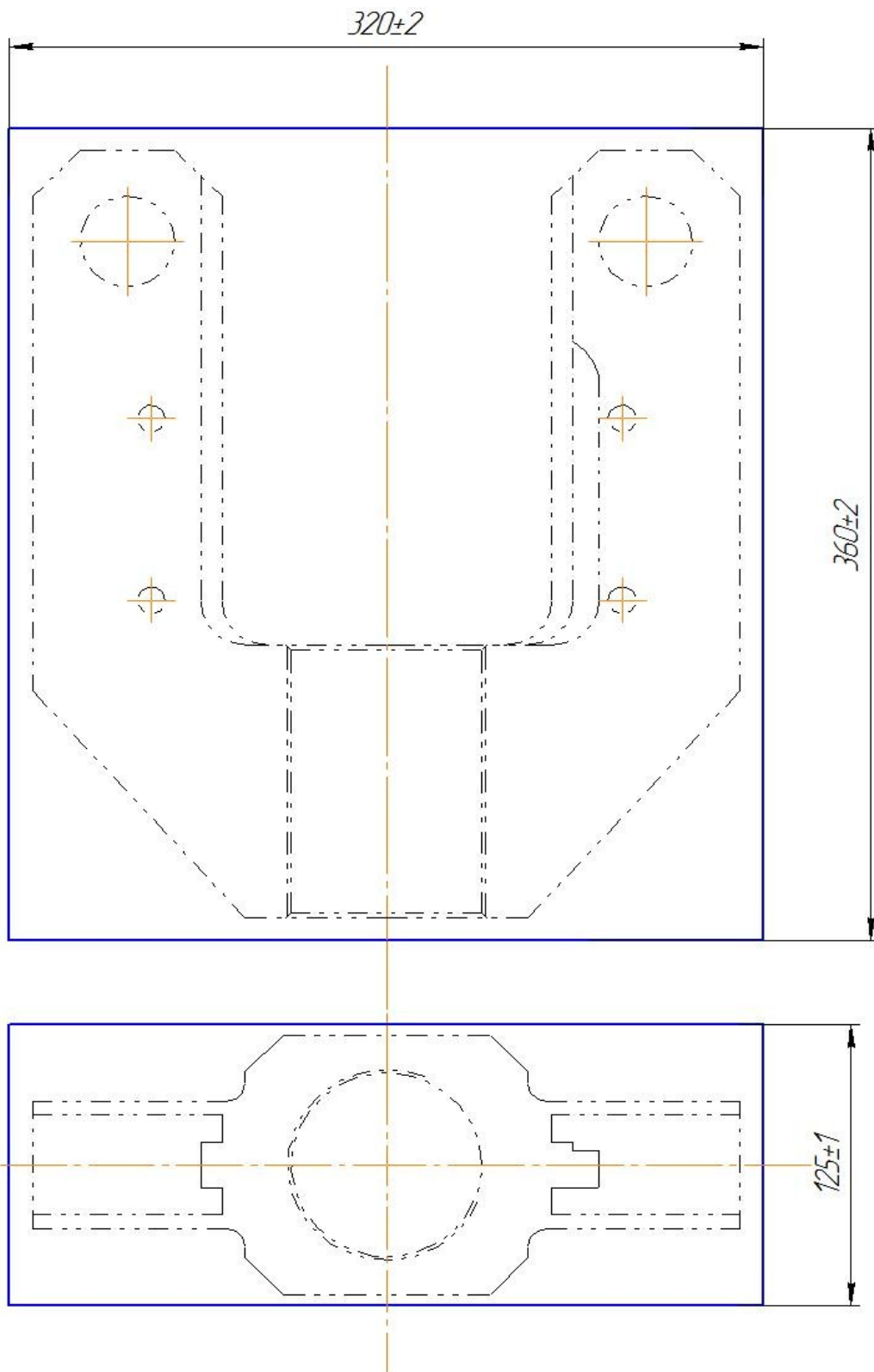
Масу заготовки з прокату знайдемо за формулою:

$$m = V \cdot \rho, \quad (2.3)$$

де V – обсяг заготовки, мм

ρ – густина матеріалу заготовки, кг/мм³

$$m = 14400000 \cdot 7,86 \cdot 10^{-6} = 113,2 \text{ кг}$$



Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ЛМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

12

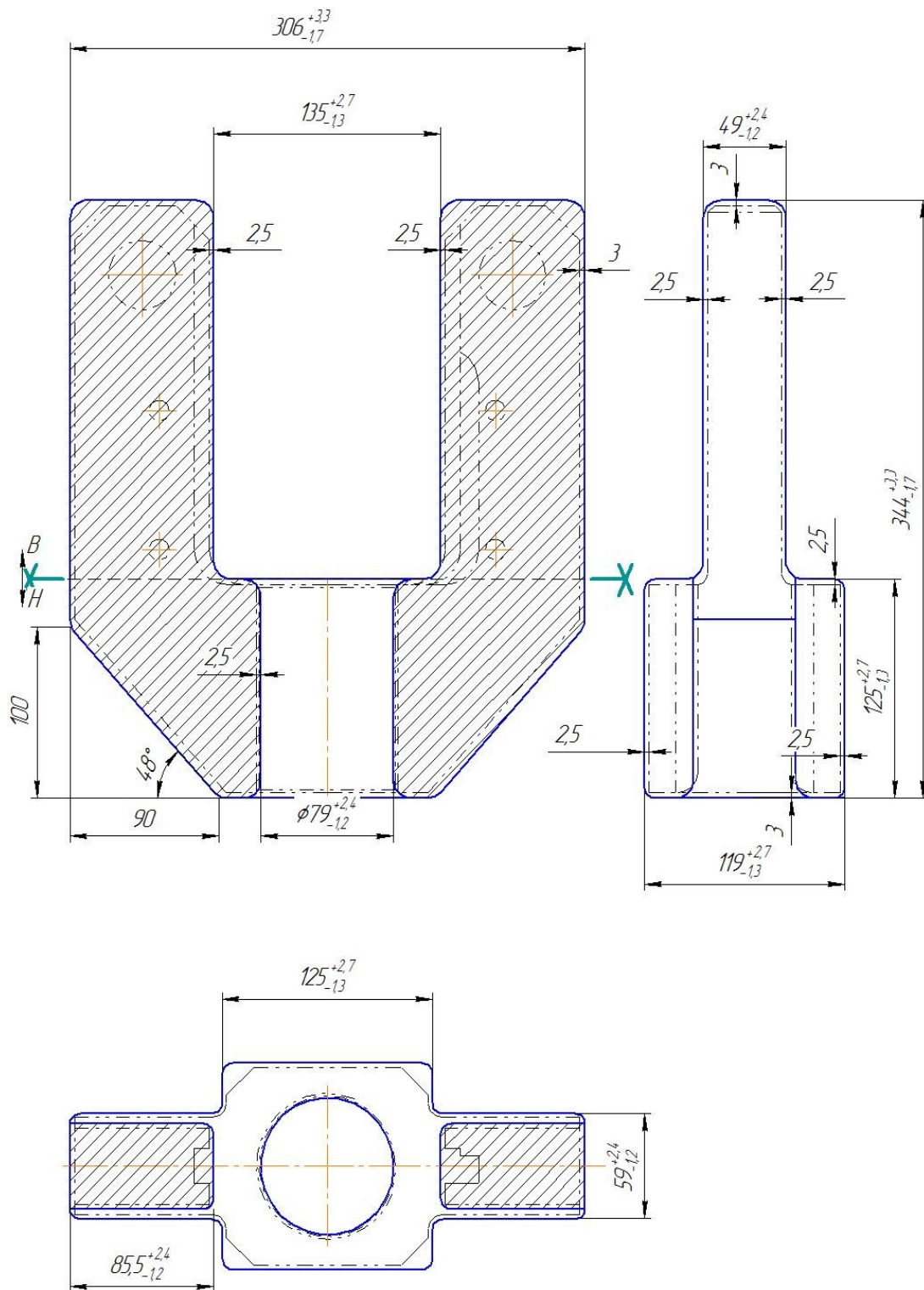
Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки з прокату
Заготовку за другим варіантом отримуватимемо штампуванням за ГОСТ
7505-89 [7]

(Таблиця 5).

Початкові дані:

- заготовка – штампування на КГШП;
- максимальний габаритний розмір деталі – 338мм;
- матеріал деталі-сталь 45;
- група сталі – М2
- складність поковки - С3
- точність поковки-Т4
- вихідний індекс – 16

					<i>ДРБ.ЛМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		13



Ескіз заготовки представлений рисунку 2.2.

При виборі виду заготовки для технологічного процесу, що знову проектується, можливі наступні варіанти:

1. Метод отримання заготовки приймається аналогічним існуючому цьому виробництві.

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ЛМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

14

2. Метод змінюється, що, однак, не викликає змін у технологічному процесі механічної обробки.

3. Метод змінюється, і це спричиняє зміни у ряді операцій механічної обробки деталі.

У цьому проекті ми маємо справу з третім варіантом. У цьому випадку перевагу слід віддати заготовці, що характеризується найкращим використанням металу та меншою вартістю.

Порівняння проведемо у два етапи:

1-ий етап: Порівняння методів отримання заготовки за коефіцієнтом використання металу.

Прокат – $K_{\text{вм}} = 0,13$; Штамповка КГШП – $K_{\text{вм}} = 0,71$.

2-ий етап: Порівняння методів отримання заготовок на підставі розрахунку вартості заготовки (у гривнях) з урахуванням її чорнової обробки:

$$C_3 = M \cdot C_M - M_B \cdot C_C + C_{3,ч} \cdot T_{шт.} (1 + \frac{C}{100}), \quad (2.4)$$

де M – маса вихідного матеріалу однією заготовку, кг;

C_M – оптова вартість матеріал залежно від способу отримання заготовки

M_B – маса відходів матеріалу, кг;

C_C – ціна 1 кг. відходів,

$C_{3,ч}$ – середня часова з/п основних робочих за тарифом, грн./чол. - Год;

$T_{шт.}(ш-к)$ – штучне або штучно-калькуляційний час чорнової обробки заготовки,

C – цехові накладні витрати (для механічного цеху можуть бути прийняті в межах 80-100%).

Економічний ефект при зіставленні способів отримання заготовки, при яких технологічний процес механічної обробки не змінюється, може бути визначений за формулою:

$$E_3 = (C_{31} - C_{32}) \cdot N, \quad (2.5)$$

де C_{31} , C_{32} - вартості заготовок, що зіставляються, грн.;

N - річна програма, шт.; E_3 - економічний ефект, нар.

Порівняння способів отримання заготівлі представимо таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Порівняльний аналіз способів отримання заготовки

Общиеисходныеданные	Найменування показників	1-й варіант	2-й варіант
Матеріал деталі – сталь 45	Вид заготовки	Прокат	Штамповкана КГШП
Маса деталі - 15 кг	Массазаготовки,кг	113,2	21
Річна програма - 2000	Коефіцієнт використання матеріалу Квм	0,13	0,71
Тип виробництва – серійне			

$$C_{31} = 113,2 \cdot 90 - 98,2 \cdot 8 + 105 \cdot (134,65/60) \cdot (1+0,8) = 9406,4 \text{ грн.}$$

$$C_{32} = 21 \cdot 100 - 6 \cdot 8 + 105 \cdot (47,69/60) \cdot (1+0,8) = 2097,4 \text{ грн.}$$

$$E = (9406,4 - 2097,4) \cdot 2000 = 14618000 \text{ грн.}$$

В даному випадку, враховуючи форму деталі, матеріал, обсяг випуску найбільш раціональним способом одержання заготовки є штампування на КГШП.

Штампування на КГШП рентабельне в умовах серійного виробництва. Ковані заготовки виходять досить точні, з невеликими припусками на механічну обробку.

2.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів на основні поверхні

Табличним методом припуски вибирають за відповідними стандартами. Припуски та параметри виливки визначаємо за ГОСТ 26645-85. Табличні значення припусків занесені в таблицю 2.2.

Розрахунок припусків зведено до таблиці 2.2.

Таблиця 2.1 - Розрахунок розмірів заготовки

Розмір деталі по кресленню	Шорсткість поверхні, мкм	Допуск на розмір заготовки	Припуск на обробку (на сторону)	Розрахунок розміру заготовки	Прийнятий розмір заготовки з допуском
Ø80H14	Ra 6,3	$3,6 \begin{pmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{pmatrix}$	Z1=2,5	$D_1=80-2 \cdot Z1$ $D_1=80-2 \cdot 2,5=75$	$\varnothing 75 \begin{pmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{pmatrix}$
338h14	Ra 6,3	$5,0 \begin{pmatrix} +3,3 \\ -1,7 \end{pmatrix}$	Z3= 3,2 Z4= 3,2	$l1=338+Z3+Z4$ $l1=338+3,2+3,2=344,4$	$344 \begin{pmatrix} +3,3 \\ -1,7 \end{pmatrix}$
300h14	Ra 6,3	$5,0 \begin{pmatrix} +3,3 \\ -1,7 \end{pmatrix}$	Z5= 3,2 Z6= 3,2	$l2=54+Z5+Z6$ $l2=300+3,2+3,2=306,4$	$306 \begin{pmatrix} +3,3 \\ -1,7 \end{pmatrix}$
140h12	Ra 6,3	$4,0 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$	Z7= 2,7 Z8= 2,7	$l3=140-Z7-Z8$ $l3=140-2,7-2,7=134,6$	$135 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$
120h14	Ra 6,3	$4,0 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$	Z4=3,2 Z9=2,7	$l4=120+Z4-Z9$ $l4=120+3,2-2,7=120,5$	$121 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$
114h14	Ra 6,3	$4,0 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$	Z10=2,7 Z11=2,7	$l5=114+Z10+Z11$ $l5=114+2,7+2,7=119,4$	$119 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$
44h14	Ra 6,3	$3,6 \begin{pmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{pmatrix}$	Z12 = 2,5 Z13= 2,5	$l5=44+Z12+Z13$ $l5=44+2,5+2,5=49$	$49 \begin{pmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{pmatrix}$
120h14	Ra 6,3	$4,0 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$	Z14=2,7 Z15=2,7	$l6=120+Z14+Z15$ $l6=120+2,7+2,7=125,4$	$125 \begin{pmatrix} +2,7 \\ -1,3 \end{pmatrix}$
56h14	Ra 6,3	$3,6 \begin{pmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{pmatrix}$	Z16= 2,5 Z17=2,5	$l7=56+Z16+Z17$ $l7=56+2,5+2,5=61$	$61 \begin{pmatrix} +2,4 \\ -1,2 \end{pmatrix}$

Розрахунок припусків заготівлі розраховково-аналітичним методом.

Розрахуємо припуски на механічну обробку отвору Ø40H8.

Технологічний маршрут обробки складається з наступних етапів:

1. Фрезерування;
2. Розвірчування попереднє;
3. Розвірчування остаточне; Заготовка-штампування.

Елементи припуску Rz та h визначаються за довідковими даними та заносяться до табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків та граничних розмірів за технологічними переходам на обробку

Технологічні переходи обробки отвору Ø40H8	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск 2Z _{min} , мкм	Розрахунковий розмір Д _p , мм	Допуск Т, мм	Граничний розмір, мм		Граничні значення припусків, мм	
	R _z	h	ρ	ε				Д _{min}	Д _{max}	2Z _{min} ^{пр}	2Z _{max} ^{пр}
Заготовка	250	300	3027	30		34,95	3,2	35	38,2	-	-
Фрезерування	125	150	151,4	0	4127	39,08	0,25	39,1	39,35	1,15	4,1
Розточування	63	75	7,56	0	701	39,78	0,10	39,8	39,9	0,55	0,7
Разом:										1,84	5

Сумарне значення просторових відхилень для заготівлі даного типу визначається за такою формулою:

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{1600^2 + 1200^2 + 2272^2} = 3026,9 \approx 3027 \text{ мкм} \quad (2.5)$$

$$\Delta_{\Sigma} = 3027 \text{ мкм} \quad (2.6)$$

де K_y - коефіцієнт уточнення = 0,05

$$\Delta_{\Sigma \text{чорн.розточ.}} = 3027 * 0.05 = 151.35 \text{ мкм} \quad (2.7)$$

K_y - коефіцієнт уточнення = 0,04

$$\Delta_{\Sigma \text{чист.розточ.}} = 151.35 * 0.04 = 7.56 \text{ мкм}$$

Похибка установки при чорновій обробці дорівнює:

$$\epsilon = 30 \text{ мкм}$$

скільки решта обробки отвору проводиться в одній установці,

$$\epsilon_{\text{нд}} = 0.$$

Розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків зробимо за такою формулою:

$$2Z_{i\min} = \left(\frac{R}{Z_{i-1}} + \frac{h}{i-1} + \sqrt{\frac{\rho^2}{i-1} + \frac{\varepsilon^2}{yi}} \right)$$

$$2Z_{\text{Чорнове розточування}} = 2 \left(200 + 100 + \sqrt{3027^2 + 30^2} \right) = 4127,15 \text{ мкм}$$

$$2Z_{\text{мкм}}^{i\min}_{\text{чист.рострч.}} = 2 \left(50 + 50 + \sqrt{151,35^2} \right) = 701,35$$

$$2Z_{\text{м}}^{i\min}_{\text{тон.росточ.}} = 2 \left(20 + 20 + \sqrt{7,56^2} \right) = 220,56 \text{ мкм}$$

Розрахунок мінімальних розмірів

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

(2.8)

$$D_{\min} = 40 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ попер.розвір.}} = 40 - 0,22 = 39,78 \text{ мм} \quad D_{\min \text{ фрезер.}} = 39,78 - 0,7 = 39,08 \text{ мм}$$

$$D_{\min \text{ заг.}} = 39,08 - 4,13 = 34,95 \text{ мм}$$

Розрахунок максимальних розмірів:

$$D_{\max} = D_{\min} + T$$

(2.9)

$$D_{\max} = 40 + 0,039 = 40,039 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ попер.розвірч.}} = 39,8 + 0,10 = 39,9 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ фрезер.}} = 39,1 + 0,25 = 39,35 \text{ мм}$$

$$D_{\max \text{ заготовки}} =$$

35+3,2=38,2ммВизначення

крайніх припусків:

$$2Z \begin{matrix} =D \\ (13) \end{matrix} -D$$

$$\min_i \quad \max_i \quad \max_{i-1}$$

$$2Z^{np} = 40,039 - 39,9 = 0,139 \text{ мм}$$

мінкінц.розвірч..

$$2Z^{np} = 39,9 - 39,35 = 0,5$$

5мммінлонер.розв.

$$2Z^{np} = 39,35 - 38,2 = 1,15 \text{ мм}$$

мінчорн.розт.

$$2Z \begin{matrix} =D \\ \max_i \end{matrix} -D \begin{matrix} \\ \min_i \end{matrix} \min_{i-1} \quad (2.10)$$

$$2Z^{np} = 40 - 39,8 = 0,2 \text{ мм}$$

махтонк.розвірч.

$$2Z^{np} = 39,8 - 73,1 = 0,7 \text{ мм}$$

махчист.розвірч

$$2Z^{np} = 39,1 - 35 = 4,1 \text{ мм}$$

Визначимо загальні припуски $Z \frac{np}{\max_o} I Z \frac{np}{\min_o}$

Проміжні припуски на обробку:

$$Z^{np} = \sum_{i=1}^n Z^{np} \quad (2.11)$$

$$\max_o \quad \max_i$$

$$Z^{np} = \sum_{i=1}^n Z^{np}$$

$$\min_o \quad \min_i \quad (16)$$

Перевіримо правильність здійснених розрахунків за формулою:

$$Z^{np} \max_o - Z^{np} \min_o = T_{заг} - T_{дет} \quad (2.12)$$

$$5 - 1,84 = 3,2 - 0,039$$

$$3,16 = 3,16$$

Розрахунок зроблений правильно

Результати розрахунків зведено до таблиці 9.

На решту розмірів припуски взято за ГОСТ 7505-89 (див. пункт 2.3).

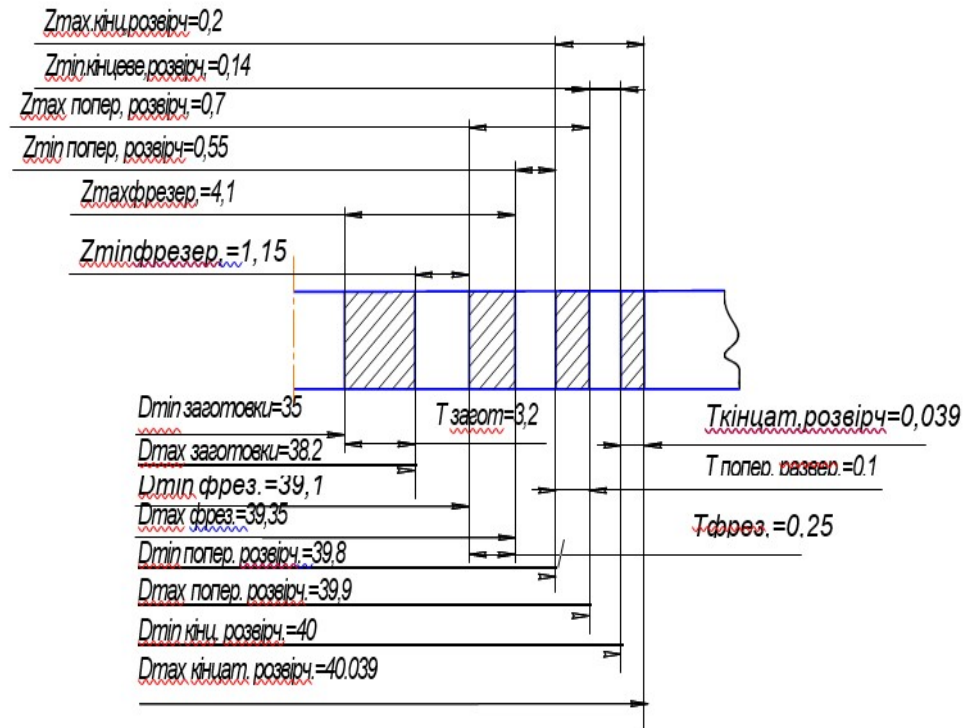


Рисунок 2.3 – Схема графічного розташування припусків на обробку поверхні Ø40H8

2.4. Вибір та обґрунтування технологічних баз

Вибір технологічних баз значною мірою визначає точність лінійних розмірів відносного положення поверхонь, одержуваних у процесі обробки, вибір ріжучих та вимірювальних інструментів, верстатних пристроїв, продуктивність обробки.

Вихідними для вибору баз є: креслення деталі з усіма необхідними технічними вимогами; вид та точність заготівлі; умови розташування та роботи деталі в машині.

Базування вирішує завдання взаємної орієнтації деталей та вузлів під час обробки заготовок на верстатах.

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

21

Продовження таблиці 2.5

1	2	3	4	5
010(Устано вБ)	Комплексна	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити 2. Попередня контурна обробка поверхонь 16,4,14,2 3. Остаточна контурна обробка поверхонь 16,4,14,2 4. Повернути заготовку на 180° 5. Попередня контурна обробка поверхонь 15,4,13,1 6. Остаточне контурне оброблення поверхонь 15,4,13,1 7. Повернути заготовку на 90° 8. Попередня контурна обробка поверхонь 26,36,27 (2 вуха послідовно) 9. Остаточна контурна обробка поверхонь 26,36,27 (2 вуха послідовно) 10. Змінити інструмент 11. Фрезерувати 2 отвори 34 12. Змінити інструмент 13. Розвірчувати 2 отвори 34 попередньо 14. Змінити інструмент 15. Розвірчувати 2 отвори 34 остаточно 16. Змінити інструмент 17. Свердлиги 4 отвори поверхню 33 послідовно 18. Повернути заготовку на 180° 19. Попередня контурна обробка поверхонь 25,35,28 (2 вуха послідовно) 20. Остаточна контурна обробка поверхонь 25,35,28 (2 вуха послідовно) 21. Змінити інструмент 22. Повернути заготовку на 90° 22. Фрезерувати поверхні 21,22 попередньо 23. Змінити інструмент 24. Фрезерувати 2 пази поверхні 23, 24, 30, 31 25. Змінити інструмент 26. Фрезерувати паз 29 27. Змінити інструмент 28. Фрезерувати фаску в отворі 32 29. Змінити інструмент 30. Нарізати різьбу в отворі 32 		Універсальний оброблювальний центр з ЧПК HAAS VF 1

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

2.6. Вибір обладнання

Для обробки застосовується універсальний обробний центр з ЧПК
HAASVF-1



Рисунок 2.5 Центр HaasVF-1

Кожен вертикальний обробний центр серії VF виконує головні функції, продається за чудовою ціною та пропонує широкий вибір опцій для того, щоб індивідуалізувати ваш верстат відповідно до ваших потреб. Всі верстати Haas розроблені та виготовлені в Окснарді, штат Каліфорнія, США.

VF-1 ліг основою наших популярних верстатів серії VF.

- Високотужний безредукторний шпиндель.
- Індивідуалізуйте відповідно до ваших потреб.
- Наша флагманська модель.
- Зроблено у США.

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

25

Технічні характеристики :

ХОДИ

Вісь X 508 mm

Вісь Y 406 mm

Вісь Z 508 mm

Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ макс.) 24.0 in 610 mm

Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ хв.) 4.0 in 102 mm

Максимальна потужність 29 kW

Максимальна швидкість 8100 rpm 8100 rpm

Максимальний крутний момент 90.0 ft-lbf @ 2000 rpm 122.0 Nm @ 2000 rpm

Максимальний крутний момент з опціональним редуктором 250 ft-lbf @ 450 rpm 339 Nm @ 450 rpm

Система приводу Inline Direct-Drive Inline Direct-Drive

Конус СТ або ВТ 40 СТ або ВТ 40

Змащування підшипників Air/Oil Injection Air/Oil Injection

Охолодження Liquid Cooled Liquid Cooled

S.A.E METRIC

Необхідна кількість стисненого повітря 4 scfm @ 100 psi 113 L/min @ 6.9 bar

Вбудований повітряний шланг 3/8 in 3/8 in

Муфта (пневматична) 3/8 in 3/8 in

Мінімальний тиск повітря 80 psi 5.5 bar

DIMENSIONS - SHIPPING S.A.E METRIC

Супутник для внутрішніх перевезень 101 in x 99 in x 101 in 257 cm x 251 cm x 257 cm

Експортний супутник 98 in x 92 in x 100 in 249 cm x 232 cm x 254 cm

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		26

- розмірів та якості оброблюваних поверхонь;
- оброблюваності матеріалу;
- стійкості інструменту, його ріжучих властивостей та міцності;
- стадії обробки – чорновий, чистовий, оздоблювальний.

У цьому технологічному процесі використовується наступний ріжучий інструмент.

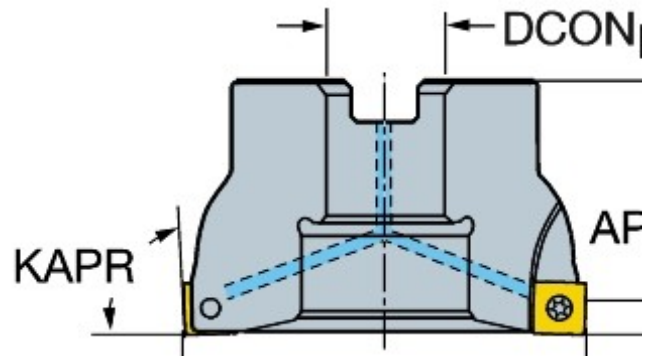


Рисунок 2.6. 1.Фреза Ø125 A490-125J38.1-14L

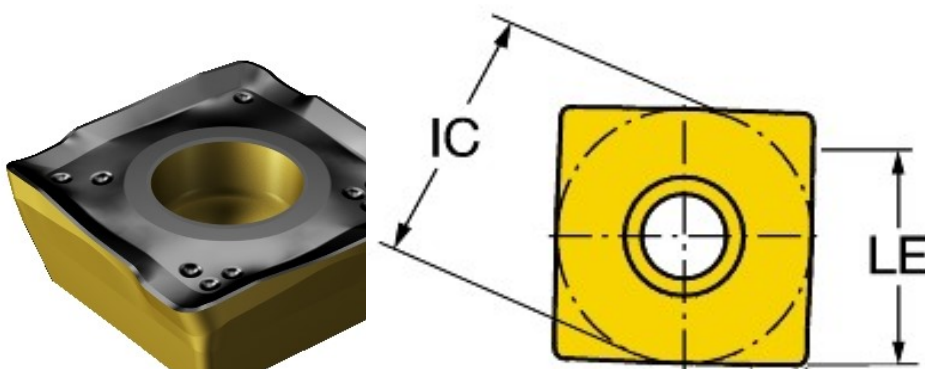


Рисунок 2.7 - Пластина 490R-140420M-РН 4330

2. Фреза дискова Ø80 R331.32С-080Q27ЕМ. Пластина N331.1А-08 45 08М-PM4330 Сплав Т350М (Для обробки пазів 30,31).

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

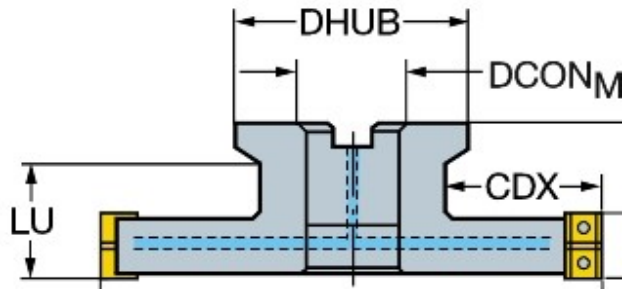


Рисунок 2.8 - Фреза дисковая

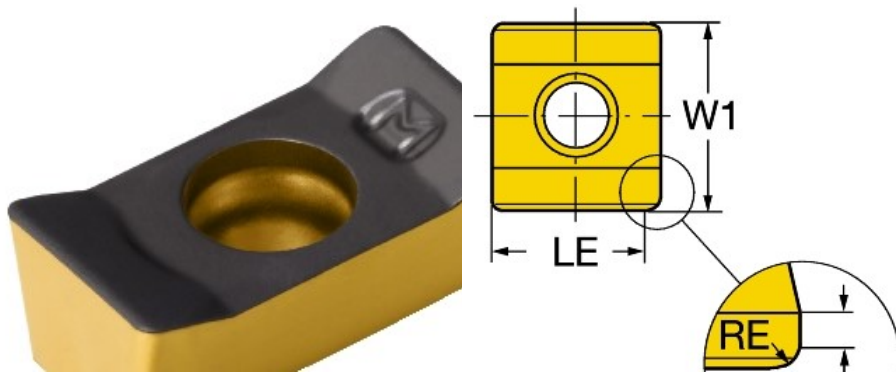


Рисунок 2.9 - Пластина N331.1A-08 45 08M-PM4330 Сплав Т350М

3. Фреза дискова Ø63 R331.32С-063Q27ЕМ.. Пластина N331.1A-08 45 08M-PM4330 Сплав Т350М (Для обробки паза 29).

4. Свердло Ø12 860.1-1200-053А1-PM P1BM Сплав Т2000D. (Обробка отворів 33).

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

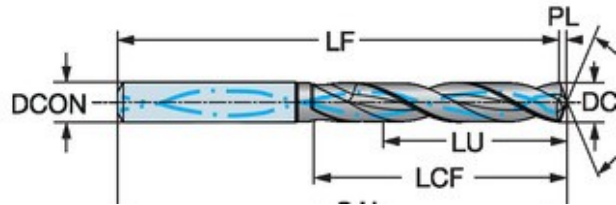


Рисунок 2.10 Свердло Ø12 860.1-1200-053A1-PM P1BM

5. Фреза кінцева Ø38 880-D3800L40-02 Пластина 880-07 04
W12H-P-GR 4334

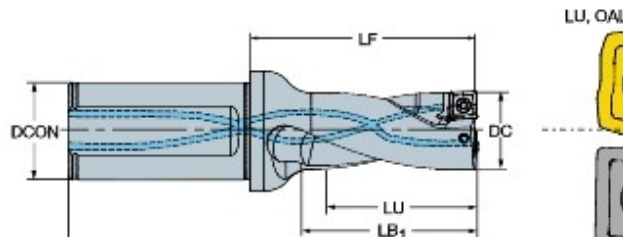


Рисунок 2.9 – Фреза кінцева Ø38 880-D3800L40-02

6. Спіральна (кукурудзяна) фреза Ø80 R390-040C6-18M100. Пластина R390-18 06 20M-PM 4330 Сплав MP3000 (Для обробки отвору 32 під різьбу).

7. Фреза фасочна Ø84 495-063C6-4509H Пластина 495-09T3M-MM 1040. Сплав MP2500 (для сняття фасок в отворі 32).

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

30

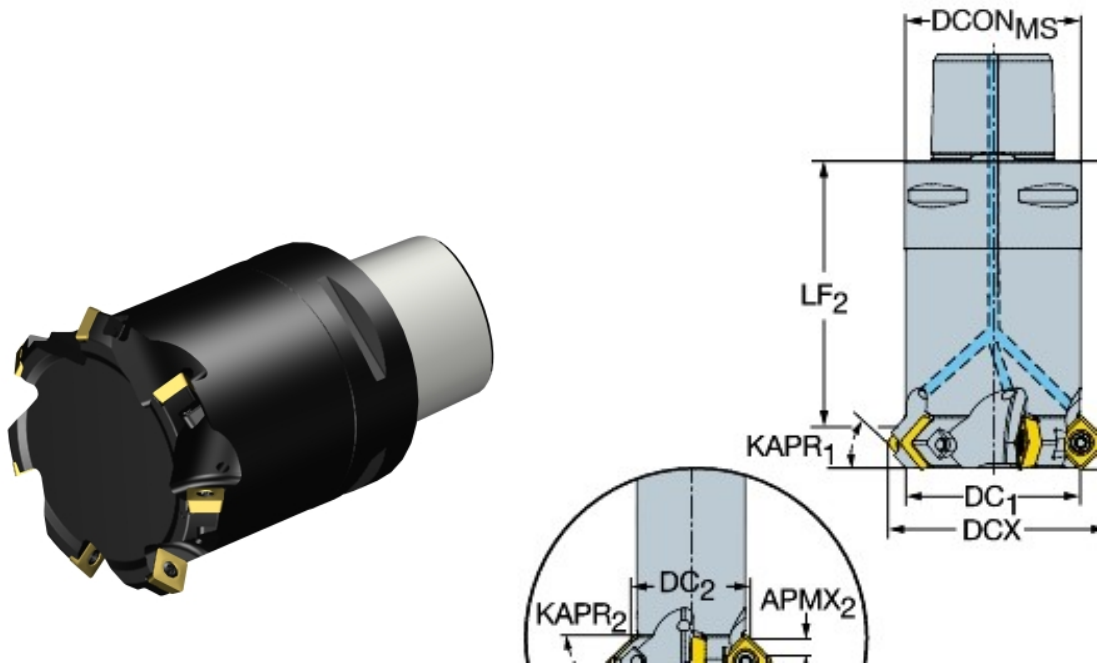


Рисунок 2.10- Фреза фасочная

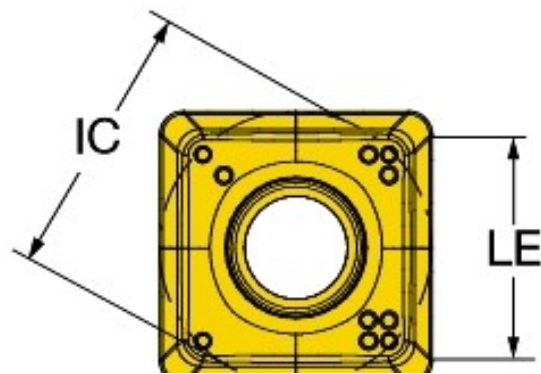


Рисунок 2.11 – Пластина 495-09ТЗМ-ММ 1040.

8. Фреза різьбова R396.20-02.478-4005-9AW. Сплав CP500 (Для нарізування різьби в отворі 32)
9. Спиральна (кукурудзяна) фреза Ø80 R215-050C5-100L Пластина LDHT 19 04 00-AL B28C. Сплав MP3000 (Для фрезерування поверхонь 21,22).

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

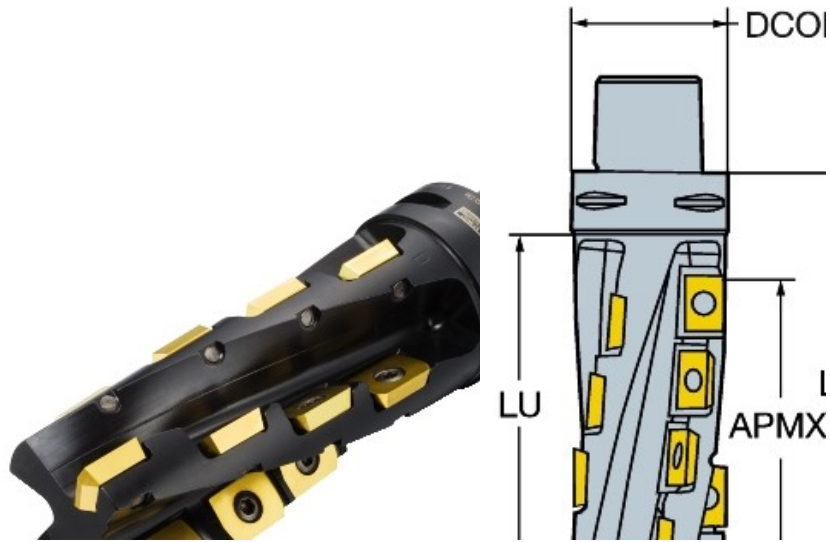


Рисунок 2.12 фреза

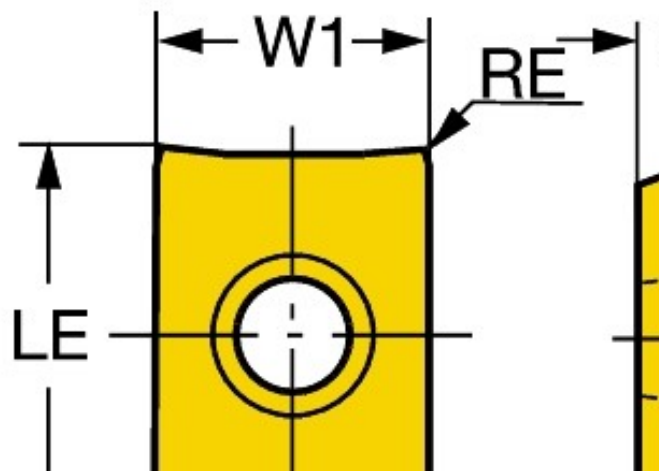


Рисунок 2.13 пластина

10. Інструмент CoroBore BR20-45TC11F-C3

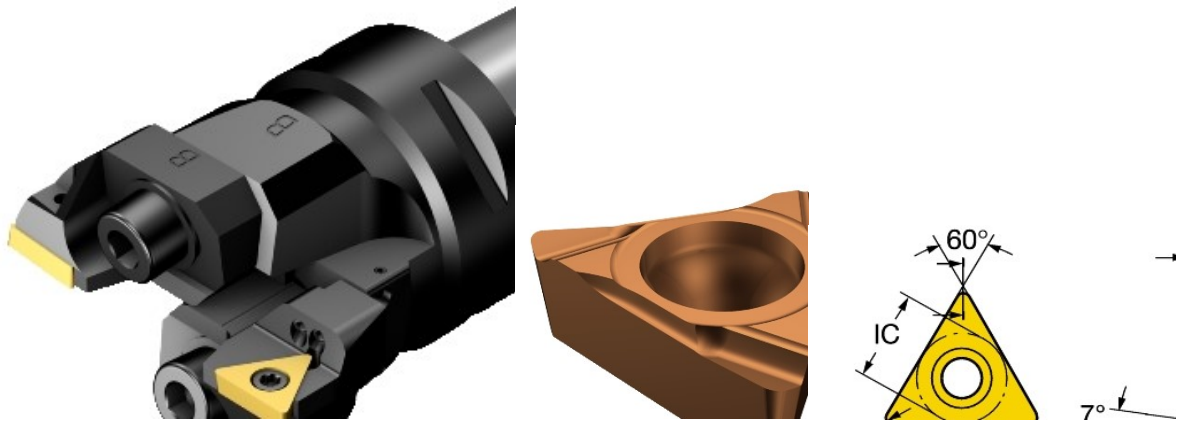


Рисунок 2.14 Інструмент CoroBore

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ЛМ.ФІТА.22.03.01.00

2.10. Розрахунок та призначення режимів різання

Існує два методи для визначення режимів різання:

- Розрахунково-аналітичний метод;
- Дослідно-статистичний метод.

Розрахунково-аналітичний метод заснований на розрахунку режимів різання за емпіричними формулами, які враховують велику кількість факторів, що впливають на процес різання.

Аналітичний розрахунок режимів різання виконується з метою показати суть методики розрахунку. Дані інших операцій беруться з довідників.

Розрахунок режимів різання ведемо згідно з рекомендаціями, представленими в каталогах SandvikCoromant.

Наведемо приклад розрахунку режимів різання.

Операція 010 Комплексна на ОЦ із ЧПК. Перехід 11. Фрезерувати поверхню 3

Спиральна (кукурудзяна) фреза Ø80 R215-050C5-100L

Пластина LDHT 19 04 00-AL B28C. Сплав MP3000

Глибина різання: $t = 25$ мм.

Призначаємо подачу $S = 0,15$ мм/об.

Період стійкості фрези $T = 45$ хв.

Початкова швидкість різання $V_{C0} = 180$ м/хв.

Справжня швидкість різання $V_C = V_{C0} \cdot k_{HB} \cdot k_t$,

де k_{HB} – поправочний коефіцієнт, що залежить від різниці реальної твердості оброблюваного матеріалу та табличного значення;

k_t – поправочний коефіцієнт для періодів стійкості.

$$VC = 180 \cdot 1,15 \cdot 1 = 207 \text{ м/хв.}$$

Число оборотів шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad \text{об/хв,} \quad (2.13)$$

де V – швидкість різання, м/хв

D – діаметр фрезимм

$$n = \frac{1000 \cdot 207}{\pi \cdot 81} = 814 \text{ об/хв}$$

Решту результатів обчислень занесемо в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6 – Режими різання

№ операції	№ назва операції	№ переходу та зміст	Матеріал ріжучої частини	Розмір поверхні, що обробляється, мм діаметр (довжина)	Елементи режиму різання				
					Глибина різання, t , мм	Подача на оерт S , мм/об (S_z , мм/зуб)	Частота обертання шпинделя, n , об/хв	Швидкість різання, V , м/хв	Подача хвилинна, $S_{хв}$, мм/хв
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
010 (Установа)	Комплексує на ОЦ з ЧПК	1. Установити та закріпити							
		2. Попередня контурна обробка поверхонь 3,7,8,9,10,11,12,17,18,19,20	MP3000	Ø60(1000)	2,0	0,15	1678	220	251,7
		3. Остаточна контурна обробка поверхонь 3,7,8,9,10,11,12,17,18,19,20	MP3000	Ø60(1000)	1,0	0,1	1327	250	132,7
		4. Змінити інструмент							
		5. Фрезерувати отвір 32	MP3000	Ø81(120)	2,5	0,15	814	207	122,1
		6. Змінити інструмент							
		7. Фрезерувати фаску в отворі 32	MP2500	Ø84(3)	3	0,15	758	200	113,7
0	К	1. Встановити та закріпити							
		2. Попередня контурна обробка поверхонь 16,4,14,2	MP3000	Ø60(290)	2,0	0,15	1678	220	251,7
		3. Остаточна контурна обробка поверхностей 16,4,14,2	MP3000	Ø60(290)	1,0	0,1	1327	250	132,7
		4. Повернути заготовку на 180°							
		5. Попередня контурна обробка поверхонь 15,4,13,1	MP3000	Ø60(290)	2,0	0,15	1678	220	251,7
		6. Остаточна контурна обробка поверхонь 15,4,13,1	MP3000	Ø60(290)	1,0	0,1	1327	250	132,7

Обробка виконується на універсальному обробному центрі з ЧПК HaasVF-1.

За допомогою CAM ESPRIT розробляємо програму за такими діями:

Вибрано обробний центр з чпк

Рисунок 2.15 вибір верстата

1. Завантажено 3D модель

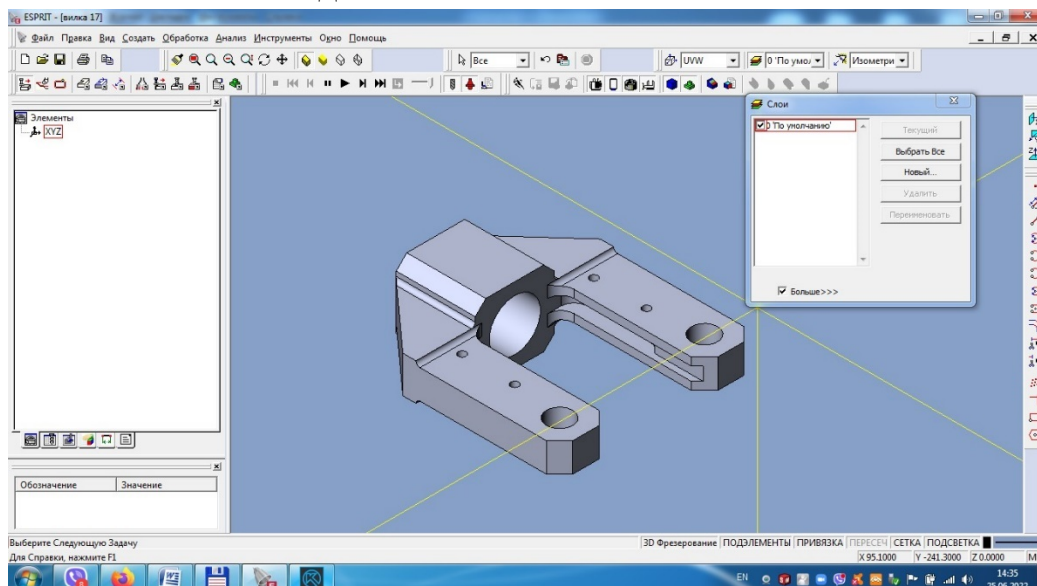


Рисунок 2.16 вилка установ А

2. Створено заготовку

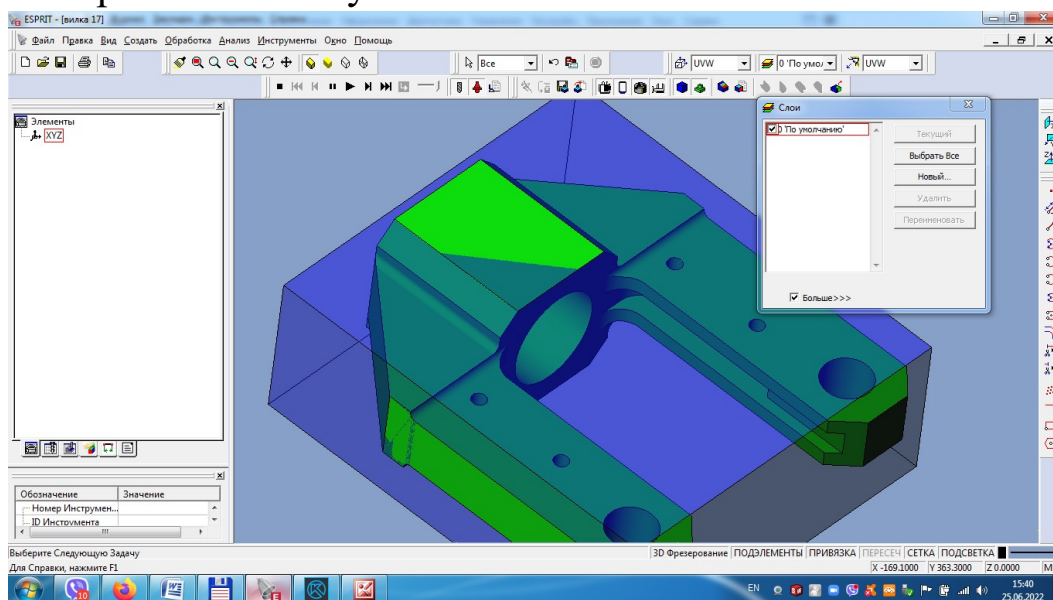


Рисунок 2.17 створення заготовки

3. Виконано розпізнання контуру деталі.

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

36

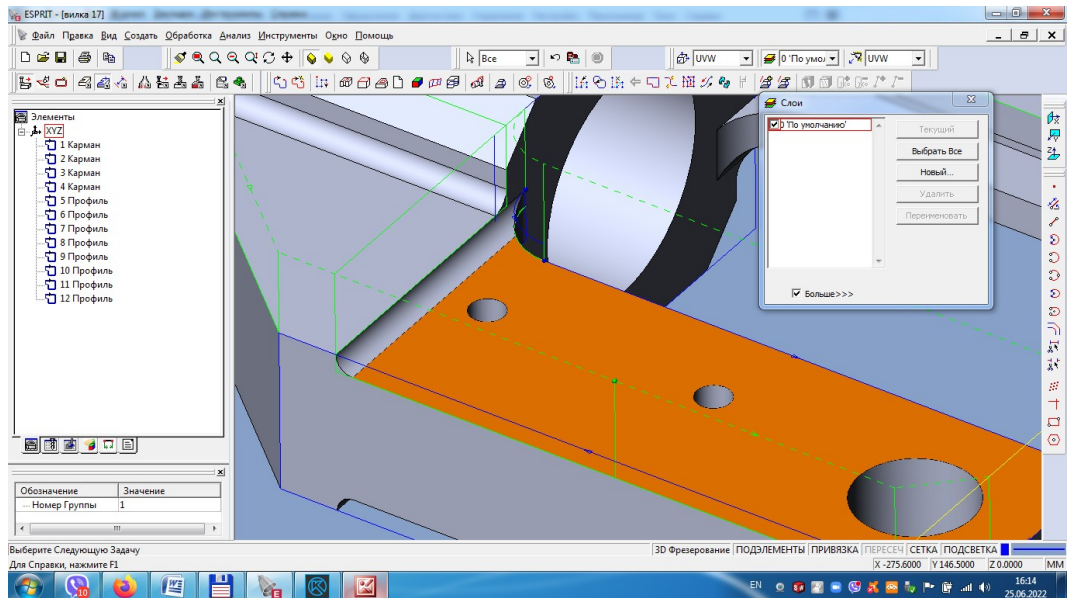


Рисунок 2.18 Розпізнавання елементів профілю

4. Вибір ріжучого інструменту

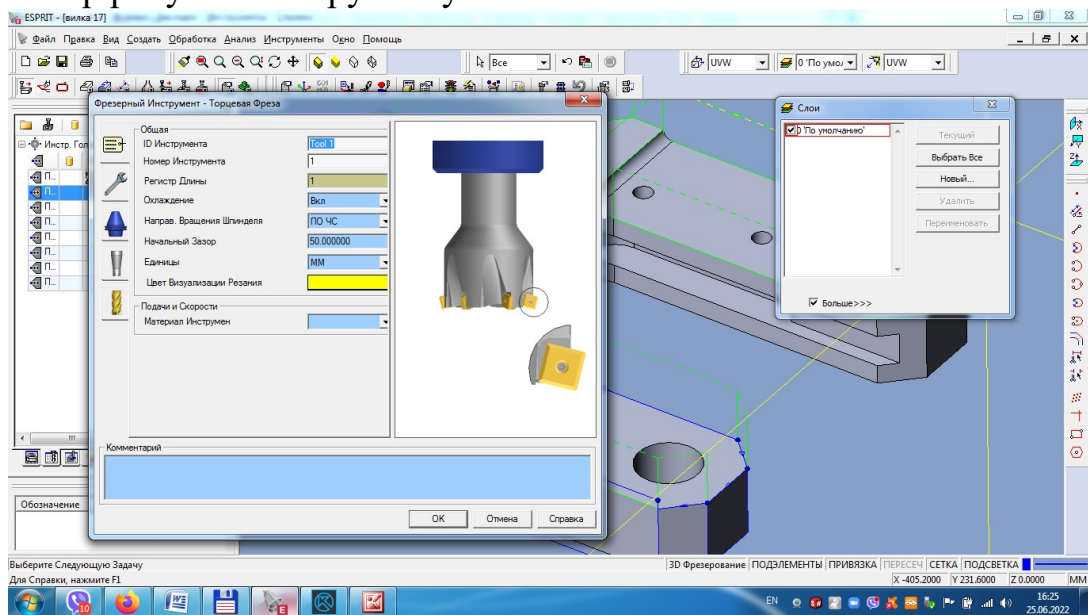


Рисунок 2.19 Ріжучий інструмент

5. Вибираємо тип оброблення

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

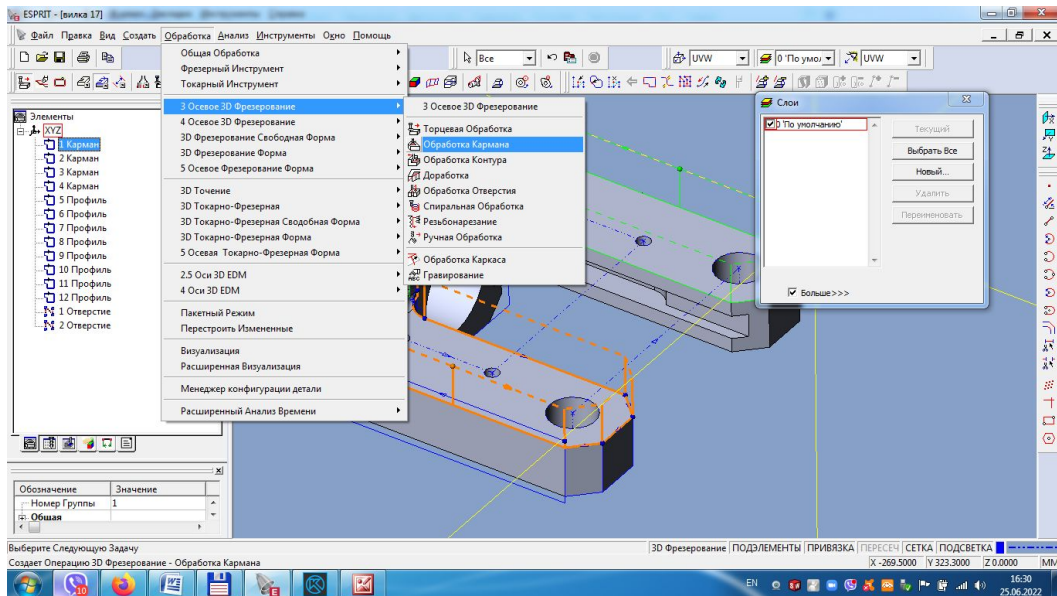


Рисунок 2.20 Вибір типу оброблення

6. Вибір режимів різання

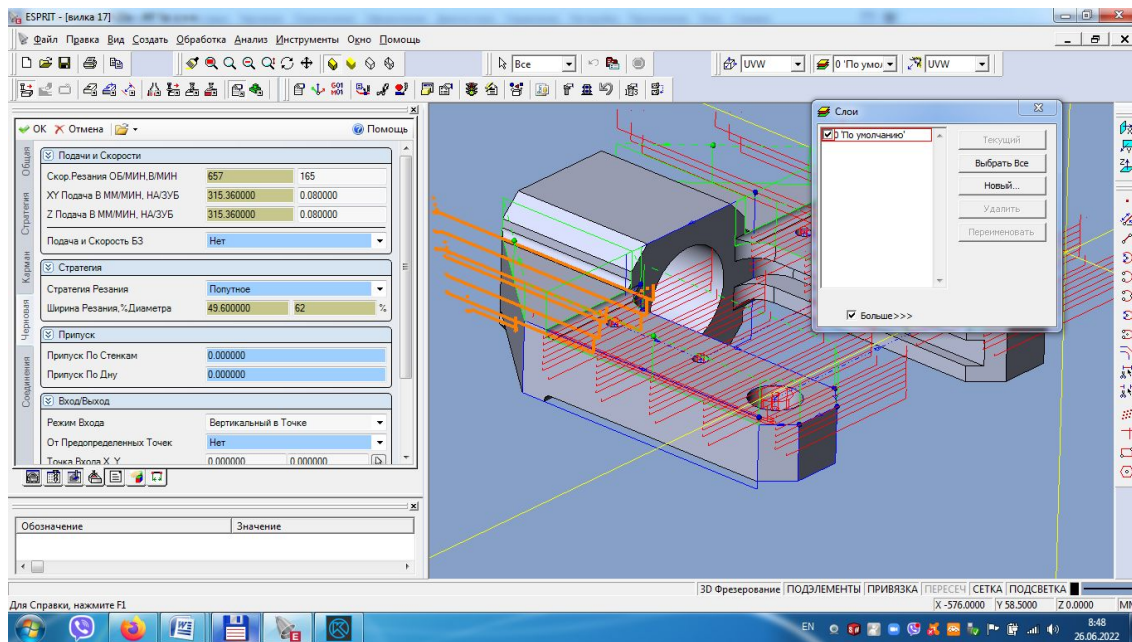


Рисунок 2.21 режим різання

7. CAMESPRIT візуалізує обробку деталі

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

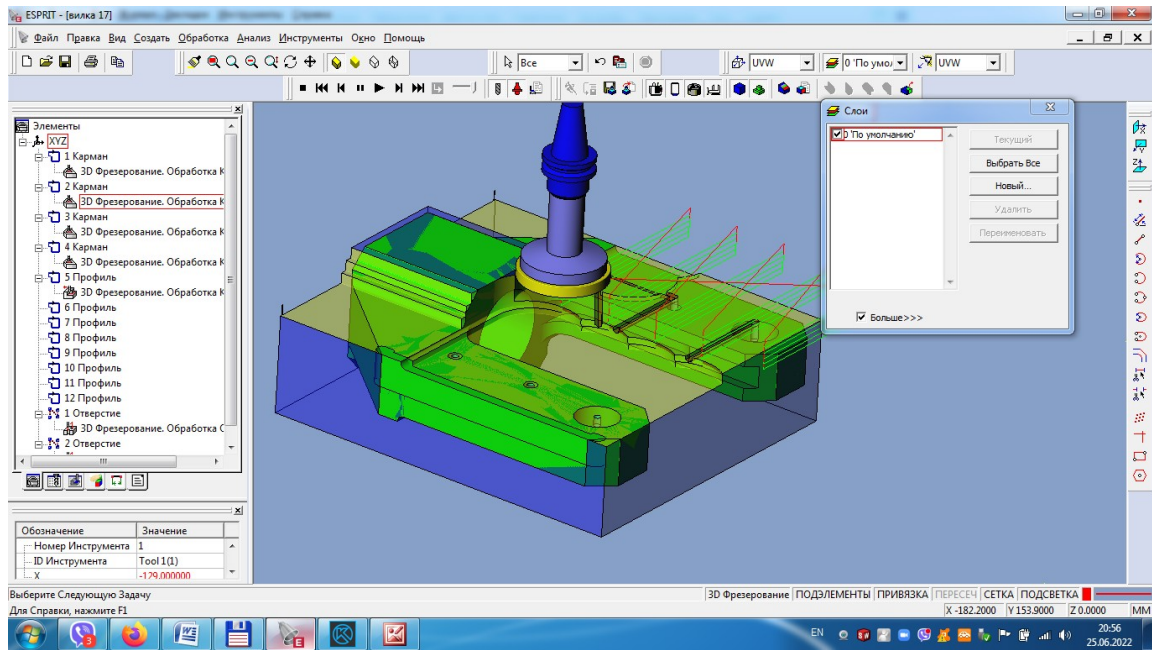


Рисунок 2.22 візуалізація

8. Автоматично генеруємо код

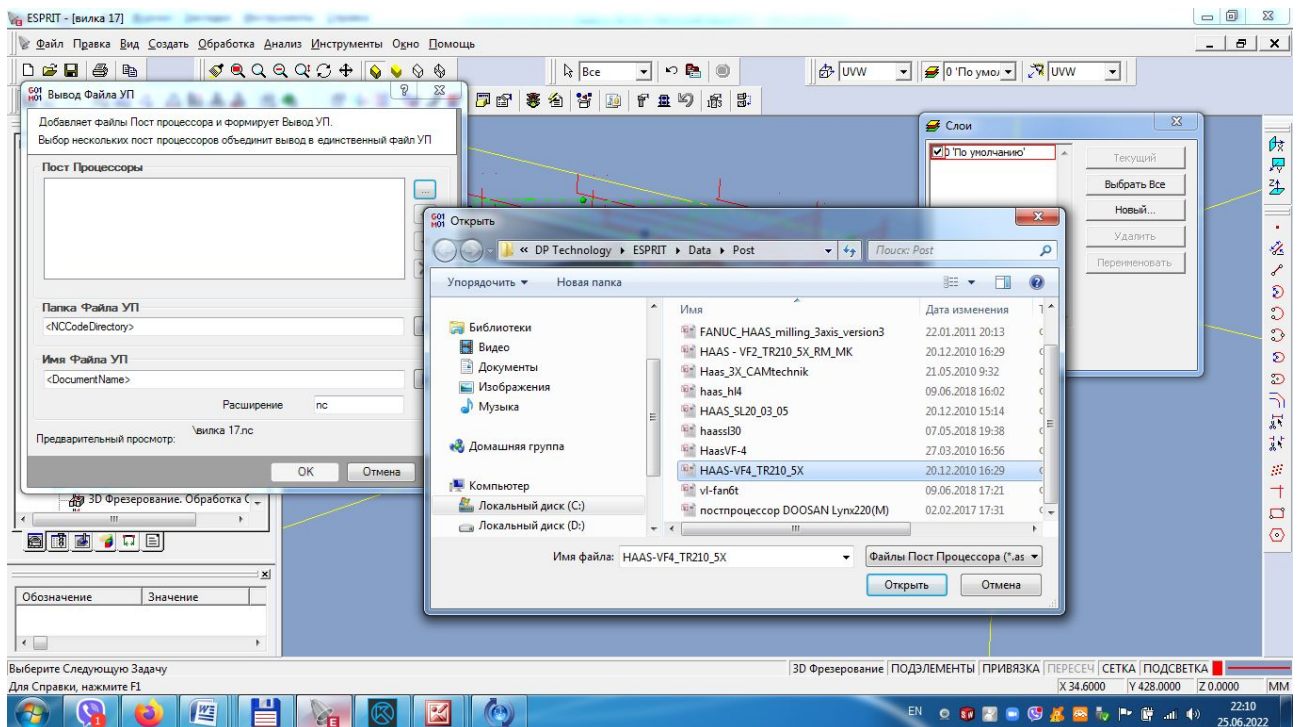


Рисунок 2.23 код

9. По завершенню отримуємо програмний код, який керуватиме

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

39

обробкою деталі.

```
O1  
(25.06.2022 22:30:08)  
(Achtung G126= Position Wrk Wechsel)  
(Bitte Pruefen ob Position OK Ist)  
(Wechselposition Anfahren)  
(-----)  
G49 G126 G00 Z0.  
(-----)  
M1 T1 M06  
N2 G00 G90 G54 G40  
N3 S657 M03  
N4 G43 H1 D1  
N5 X-191.104 Y-20.4 A0. B0. M08  
N7 Z2.  
N8 X-191.104 Y-20.4  
N9 G01 Z-5. F315.  
N10 X-328.896  
N11 Z-3.  
N12 G00 Z2.  
N13 X-171. Y29.2  
N14 G01 Z-5.  
N15 X-349.  
N16 Z-3.  
N17 G00 Z2.  
N18 X-171. Y78.8  
N19 G01 Z-5.  
N20 X-349.  
N21 Z-3.  
N22 G00 Z2.  
N23 X-171. Y128.4  
N24 G01 Z-5.  
N25 X-349.  
N26 Z-3.  
N27 G00 Z2.
```

Рисунок 2.24 Код для обробки

2.12 Створення технологічної документації

Карта наладки

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		40

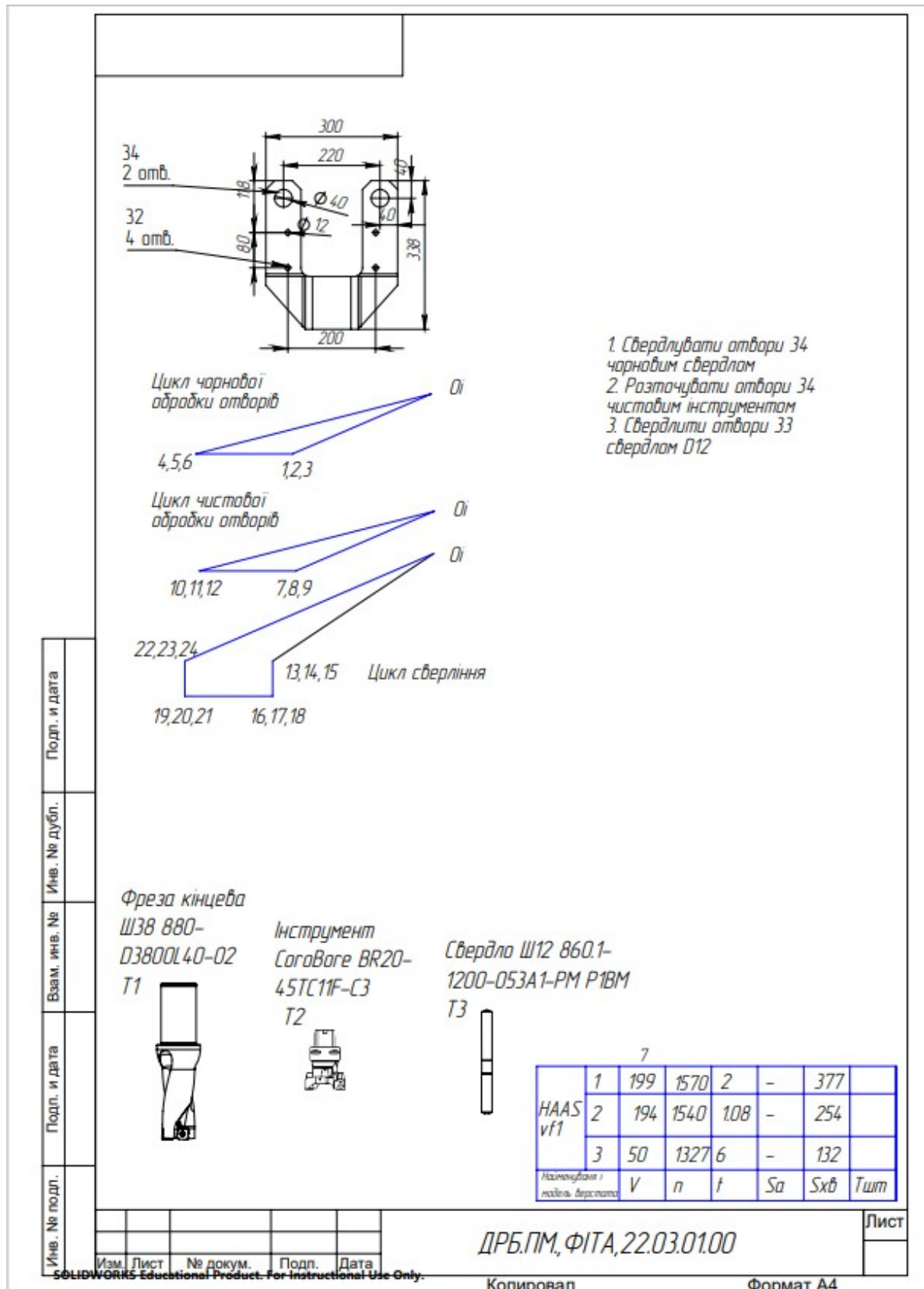


Рисунок 2.25

3. Технологічний розділ

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

41

3.1 Проектування верстатного пристрою для закріплення деталі при фрезеруванні площини та отворів на верстаті з ЧПК

Вибір установочних елементів, схеми базування та закріплення деталі в пристрої

Згідно із завданням необхідно спроектувати пристрій для затиску і базування деталі матриця при фрезеруванні площини. Зусилля затиску буде прикладатися на бокові поверхні деталі (див. рис.3.1.)

Схему базування та закріплення деталі показано на рисунку 3.1

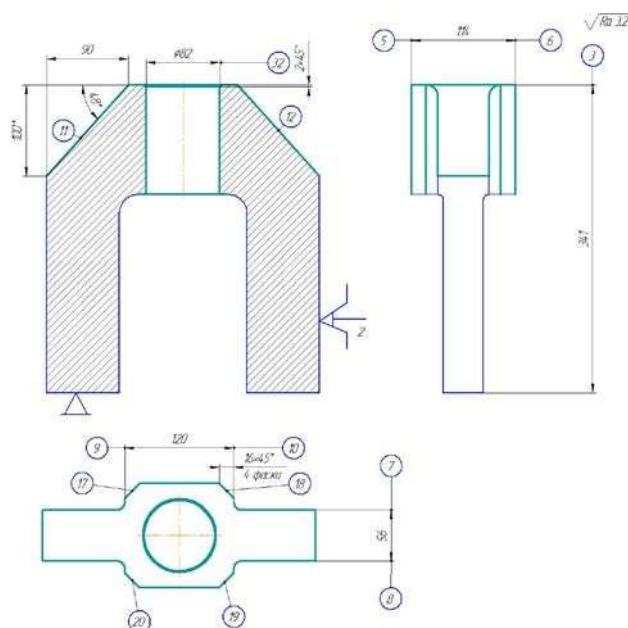


Рисунок 3.1. Схема базування та закріплення деталі

Установчим елементом буде плита пристрою, на яку встановлюється деталь площиною вух, а бокові частини вух

притискаються губками, які не дають деталі прокручуватись під час обробки.

3.2. Розрахунок сил закріплення деталі та приводу пристрою

При фрезеруванні на деталь діють два силові фактори: крутний момент і осьова сила. При показаній схемі закріплення й базування лишт складова P_z впливатиме на силу крутного моменту, тому що осьова сила діє вниз і буде сприйматися установочною поверхнею, який жорстко зв'язаний із столом верстата. Умова рівноваги заготовки :

$$W = P_z \cdot k + 2F_{np}, (3.1)$$

де W - сила затиску;

P_z - складова сила моменту кручення,

$$P_z = \frac{M_{кр}}{d/2}, (3.2)$$

де $M_{кр}$ - крутний момент, при фрезеруванні, $M_{кр} = 9,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$;

d - діаметр фрези, $d = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м}$,

$$P_z = \frac{9,2}{\frac{0,12}{2}} = 15300 \text{ Н};$$

K - коефіцієнт запасу.

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, (3.3)$$

де k_0 - коефіцієнт гарантованого запасу;

$k_1, k_2, k_3, k_4, k_5, k_6$ - коефіцієнти, що відповідно, враховують: збільшення сили різання при чорновій обробці; при

затупленні інструменту; при переривчастому різанні; нестабільність сили закріплення; незручність розташування рукоятки; наявність моментів, що можуть розвернути заготовку.

Значення коефіцієнтів приймаємо по [6], с. 84 – 85.

$$k_0 = 1,15; k_1 = 1,2; k_2 = 1; k_3 = 1; k_4 = 1,08; k_5 = 1,0; k_6 = 1,0.$$

$$k = 1,15 \cdot 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,08 \cdot 1 \cdot 1 = 1,49$$

Приймаємо $k = 1,5$;

F_{np} – сили опору пружин, які повертають рухому призму в початкове положення; конструктивно вибираємо дві пружини, що працюють на розтяг, із тяговим зусиллям $F_{np} = 50$ Н;

$$W = 1840 \cdot 1,5 + 2 \cdot 50 = 2860 \text{ Н.}$$

Розрахунок силового приводу пристрою

Для затиску деталі використовуємо ексцентрик.

Розраховуємо величину ексцентриситету e за формулою:

$$e = \frac{s_1 + \delta + \frac{W}{J}}{1 - \cos}, \quad (3.4)$$

де s_1 – зазор для вільного вводу заготовки під ексцентрик, $s_1 = 0,2 \dots 0,4$, приймаємо $s_1 = 0,3$;

δ – допуск на розмір заготовки від її установочної бази до місця прикладання сили закріплення, $\delta = 0,62$ мм;

W - сила затиску, $W = 5150$ Н;

J - жорсткість затискного пристрою, $J = 12\,000$ Н/мм;

β – кут повороту ексцентрика від початкового положення,
приймаємо

$$\beta = 70^\circ,$$

$$e = \frac{0,3+0,62+\frac{5150}{12000}}{1-\cos 70^\circ} = 3.24 \text{ мм},$$

призначаємо $e = 3.2$ мм.

Діаметр цапфи ексцентрика, визначаємо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{W}{\sigma_{3M}}}, \quad (3.5)$$

де σ_{3M} – допустима напруга на зминання, $\sigma_{3M} = 15...20$

МПа, приймаємо $\sigma_{3M} = 20$ МПа,

$$d = \sqrt{\frac{5150}{20}} = 21.5 = 22 \text{ мм}.$$

Радіус кола тертя:

$$\rho = f' \cdot r, \quad (3.6)$$

де f' - коефіцієнт тертя спокою в цапфі, $f' = 0,1$;

r – радіус цапфи, $r = 6$ мм,

$$\rho = 0,1 \cdot 6 = 0,6 \text{ мм}.$$

Радіус зовнішньої поверхні ексцентрика знаходимо із умови самогальмування:

$$R = \frac{e-\rho}{\sin \varphi}, \quad (3.7)$$

де φ – кут тертя спокою, $\varphi = 6^\circ$,

$$R = \frac{1,8-0,6}{\sin 6^\circ} = 11,5 = 12 \text{ мм}.$$

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

Ширина робочої частини ексцентрика:

$$B = 0,175 \frac{WE}{R\sigma^2}, \quad (3.8)$$

де E – модуль пружності матеріалу, $E = 2 \cdot 10^5$ МПа;

σ – допустима напруга на зминання, $\sigma = 1000$ МПа,

$$B = 0,175 \frac{5150 \cdot 2 \cdot 10^5}{16 \cdot 1000^2} = 11.75 \text{ мм.}$$

Узгоджуючи обраховані розміри ексцентрика із ГОСТом 9061-68, беремо мінімальний стандартний радіус зовнішньої поверхні $R = 16$ мм та ширину робочої поверхні ексцентрика $B = 14$ мм.

Момент на рукоятці ексцентрика знаходимо для умови, коли $(\alpha' + \varphi)$ досягає максимуму. При закріпленні заготовки з найменшим граничним значенням кут повороту α ексцентрика від його нульового (початкового) положення буде найбільшою. Так як $\alpha' = 180^\circ - \alpha$, а $\alpha = 70^\circ$, то $\alpha' = 110^\circ$.

$$M = Fl = [1 + \sin(\alpha' + \varphi)]e \cdot W, \quad (3.9)$$

приймаючи $\varphi = 6^\circ$, вийде найбільший момент на рукоятці ексцентрика,

$$M = Fl = [1 + \sin(110^\circ + 6^\circ)] \cdot 1,8 \cdot 5150 = 27150 \text{ Н} \cdot \text{мм.}$$

При дії сили на рукоятку 150 Н її довжина:

$$l = \frac{M}{F} = \frac{27150}{150} = 181 \text{ мм.}$$

Якщо закріплюють заготовку найбільшого граничного розміру, то кут повороту ексцентрика можна визначити із виразу:

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\left(s_1 + \frac{W}{J}\right)}{e}, \quad (3.10)$$

$$\cos \alpha = 1 - \frac{\left(0,3 + \frac{9775}{12000}\right)}{1,8} = 0,3808,$$

$$\alpha = 67,62^\circ = 67^\circ 37'.$$

Для цього кута повороту ексцентрика момент на його рукоятці

$$M = Fl = [1 + \sin(180^\circ - \alpha + \varphi)]e \cdot W, \quad (3.11)$$

$$M = Fl = [1 + \sin(180^\circ - 67,62^\circ + 6^\circ)] \cdot 1,8 \cdot 2860 = 9677 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Отже можна зробити висновок що пристрій виконує всі умови.

Розрахунок осі (гвинта) ексцентрика.

На вісь ексцентрика діє крутний момент, що діє на зріз, тому розрахунок будемо проводити, виходячи з умови міцності гвинта на зріз.

Приймаємо матеріал гвинта – Сталь 35 нормалізована ГОСТ 11042-78.

Умова міцності гвинта на зріз:

$$\tau = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot i \cdot d^2 \cdot n} \leq [\tau], \quad (3.12)$$

де W – сила закріплення;

i – кількість площин зрізу, $i = 1$;

d – діаметр гвинта, мм;

n – кількість елементів, $n = 1$;

$[\tau]$ – допустиме напруження матеріалу осі на зріз, $[\tau] = 75$

МПа.

З формули (2.16) визначаємо необхідний діаметр осі упора:

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot W}{\pi \cdot i \cdot n \cdot [\tau]}} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 5150}{3,14 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 75}} \geq 15,7 \text{ мм}, \quad (3.13)$$

Приймаємо діаметр різьби гвинта М16.

3.1.4 Розрахунок пристрою на точність

Похибку установки визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\bar{o}}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, \quad (3.14)$$

де $\varepsilon_{\bar{o}}$ – похибка базування деталі,

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right); [14], \quad (3.15)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі, $TD = 0,62$ мм,

$$\varepsilon_{\bar{o}} = 0,5TD \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) = 0,5 \cdot 0,62 \cdot \left(\frac{1}{\sin 45^\circ} - 1 \right) = 0,128 \text{ мм};$$

ε_3 - похибка закріплення, $\varepsilon_3 = 0,09$ мм [3], с. 113, табл. 4.37

(затиск ексцентриком);

ε_{np} - похибка пристрою:

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + \varepsilon_{фікс}^2}, \quad (3.16)$$

де $\varepsilon_{виг}$ - похибка виготовлення установочних елементів, $\varepsilon_{виг} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{зн}$ - похибка зношення установчих елементів, $\varepsilon_{зн} = 0,01$ мм;

$\varepsilon_{фікс}$ - похибка фіксації пристрою на столі верстата, $\varepsilon_{фікс} = 0$ для ВЧПК.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{0,01^2 + 0,01^2 + 0^2} = 0,014 \text{ мм.}$$

$$\varepsilon_y = \sqrt{0,128^2 + 0,09^2 + 0,014^2} = 0,157 \text{ мм.}$$

Допустиму підсумкову похибку пристрою визначаємо за формулою:

$$\varepsilon_{дон} = TD - \kappa \cdot \omega, \quad (3.17)$$

де TD – поле допуску на виконуваний розмір деталі,

$TD = 0,62$ мм;

κ – поправочний коефіцієнт, $\kappa = 0,8$ [1], с. 52;

ω – точність обробки на вибраному верстаті, $\omega = 0,005$ мм, [5], с. 14, табл.2.

$$\varepsilon_{дон} = 0,62 - 0,8 \cdot 0,005 = 0,616 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_{дон} \geq \varepsilon_y$ ($0,616 > 0,157$) виконується.

Специфікація верстатного пристрою знаходиться в додатках

Корпусними елементами пристрою будуть плити, що зварюються між собою. Цей метод є найдешевшим, але й найбільш неточним в результаті термічних деформацій через зварювання.

Але цей недолік повністю перекривається досить великим полем допуску на розмір що обробляється $T = 0,62$ мм.

Виходячи із умов експлуатації та вимог до якості деталі, що отримуємо, до пристрою висуваються наступні вимоги:

1. Рухомі частини пристрою повинні переміщуватись плавно, без заїдання.

2. Поверхні, що труться треба змащувати мастилом ЦИАТИМ 201.

3. Відхилення від співвісності не повинне перевищувати встановлені межі.

4. Відхилення від паралельності поверхонь, якою пристрій базується на столі верстата та по якій на пристрої базується заготовка, не повинно перевищувати встановленої величини.

Деталь встановлюється на опорну площину пристрою і базується призмиами. Після чого рукоятка ексцентрика повертається за годинниковою стрілкою на деякий кут. Ексцентрик переміщує рухому призму на довжину ексцентриситету, і затискає заготовку., після чого ведеться обробка. По закінченню обробки рукоятка повертається в початкове положення, звільнюючи тим самим рухому призму, яка під дією сил стискання пружин відходить у вихідне положення, тим самим даючи можливість деталі звільнитись.

3.2 Проектування калібру – пробки

Розрахунок будемо проводити для калібру D40H8

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		50

За таблицею допусків і посадок визначаємо відхилення:

$$ES = + 0,033, EI = 0,000$$

За ДСТУ 24853-81 визначаємо вихідні параметри:

$$Z = 6 \text{ мкм}$$

$$H = 4 \text{ мкм}$$

Розрахунки проведемо за формулами з ГОСТ 24853-81

$$PP_{\max} = D_{\min} + Z + H/2 = 40 + 0,006 + 0,004/2 = 40,008 \text{ мм}$$

$$PP_{\min} = D_{\min} + Z - H/2 = 40 + 0,006 - 0,002 = 40,004 \text{ мм}$$

На кресленні розмір калібру ПР проставляється рівним 40.004

Клібр HE

$$HE_{\max} = D_{\max} + H/2 = 40,033 + 0,004/2 = 40,035$$

$$HE_{\min} = D_{\max} - H/2 = 40,033 - 0,004/2 = 40,031$$

Поля допусків показані на рисунку 3.1

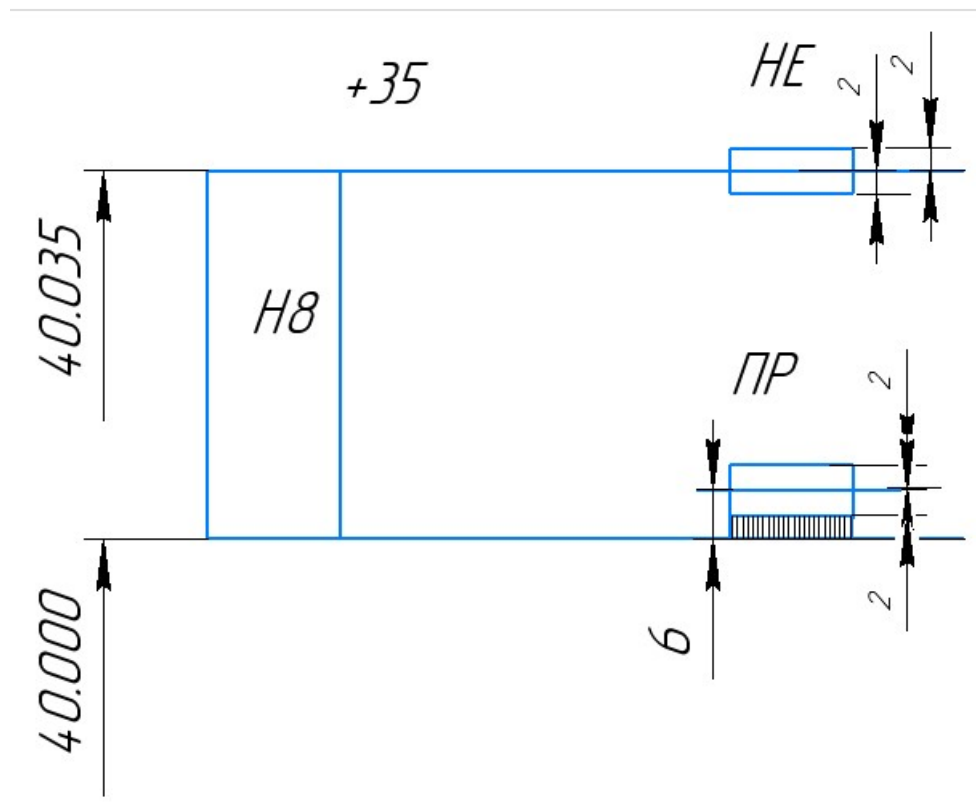


Рисунок 3.2 Схема розташування поля допуску калібру пробки D40H8

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

51

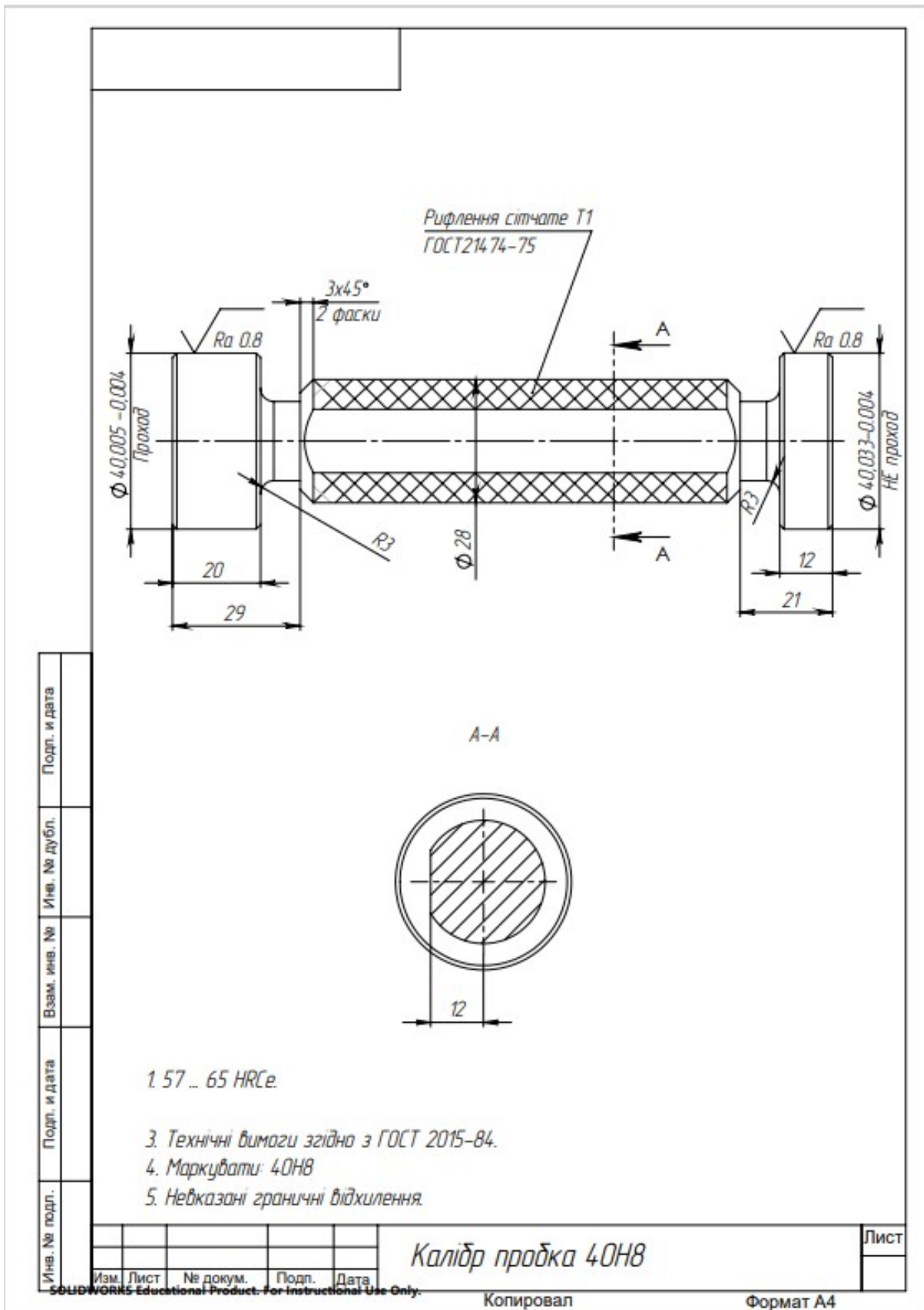


Рисунок 3.3 Калібр пробка 40H8

4. Охорона праці

Охорона праці під час роботи на верстатах із ЧПК — одна з умов безаварійної експлуатації обладнання та відсутності нещасних випадків. Яких правил необхідно дотримуватися оператора, щоб унеможливити ризик отримання виробничої травми?

Оператор верстата з числовим програмним керуванням повинен дотримуватися правил техніки безпеки під час роботи на обладнанні. Якщо недбало поставитися до їх виконання, це може коштувати робітнику здоров'я, а то й життя.

Найважчі травми, іноді зі смертельними наслідками, працівники отримували через недотримання цих простих правил. За статистикою лише 3,6% нещасних випадків у промисловості відбувається через відмову обладнання, все інше — людський фактор.

Правила техніки безпеки.

При експлуатації верстатів з ЧПК кожному етапу виробничого процесу відповідають свої правила, дотримуючись яких можна мінімізувати ризик отримання виробничої травми чи професійного захворювання.

Загальні.

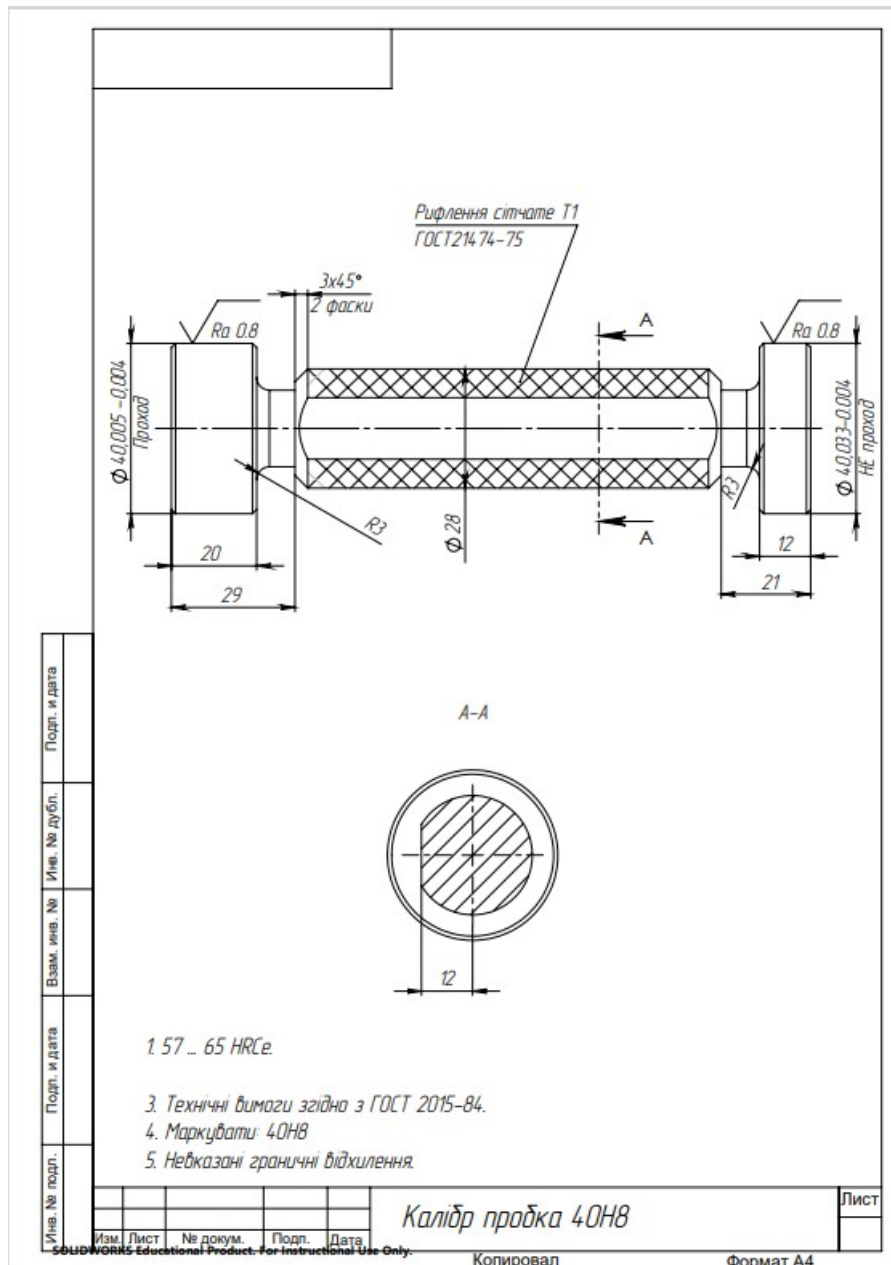
Щоб бути допущеним до керування верстатом, оператор повинен пройти медогляд та підтвердити знання правил експлуатації обладнання. Присвоєний робочому розряд вказується у кваліфікаційному свідоцтві.

Приводи верстата потрібно відключати щоразу, коли необхідно

встановити заготовку або зняти готовий виріб. Це правило слід дотримуватися при прибиранні стружки, проведенні вимірів і зміні інструменту.

Коли під час обробки металевих заготовок утворюється дрібна стружка, оператор повинен користуватися захисними екранами чи окулярами. Заборонено видувати стружку ротом або зчищати її з верстата руками. Для цього треба використовувати щітки чи спеціальні гачки. Оператор верстата повинен знати: будову верстата, включаючи органи управління; основні несправності; вимоги санітарних норм; правила розпорядку у цеху. Заборонено на робочому місці вживати спиртні напої чи наркотичні речовини. Оператор, що у п'яному вигляді, може бути не

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		54



допущений до

експлуатації устаткування.

До початку роботи верстатник повинен провести перевірку: надійності огорож; наявності та працездатності інструменту; заземлення; функціонування на холостому ході; цілісності мастильної системи та трубопроводів охолодження. Верстатнику необхідно міцно закріпити оброблювану заготовку. Для цього потрібно використовувати призначені для цього пристосування. Необхідно закріпити робочий інструмент таким чином, щоб унеможливити його розкріплення та поломки. Якщо затискний механізм зношений, потрібно замінити кулачки або губки.

Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата

ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00

Лист

55

У процесі роботи Оператору обладнання заборонено розмішувати на вібруючому верстаті заготовки або інструмент - вони можуть завдати травми працівникові у разі падіння. Привід верстата необхідно відключати у таких ситуаціях: якщо виявлено несправність обладнання; при коротких перервах у роботі; на період змащення або верстатів; при збоях в живильній електромережі. Якщо при роботі відбулося захоплення ганчірки деталями, що обертаються, треба зупинити верстат. Не можна намагатися її витягнути.

Початок роботи

На початку роботи оператор повинен виконувати операції в наступній послідовності: Спочатку включити привід інструмента, потім подавати його на заготівлю; Після завершення операції відвести робочий інструмент від деталі, а потім зупинити обертання шпинделя. Не можна натискати руками на частини обладнання, що обертаються, щоб загальмувати шпиндель. Верстатнику заборонено на працюючому обладнанні виконувати такі операції: змащувати та чистити верстат; прибирати стружку, що утворилася; вимірювати деталі; перевіряти рукою оброблювану поверхню.

Завершення роботи.

Після завершення технологічних операцій верстатнику потрібно вимкнути електропривод обладнання. Потім необхідно видалити стружку, скласти заготовки та готові вироби. Інструмент треба забрати на штатне місце. Якщо протягом робочої зміни були неполадки обладнання або з верстатом проводилися ремонтні операції, необхідно передати цю інформацію наступному верстатнику або майстру. Після зупинки рухомих частин верстата потрібно провести їх змащення. При цьому використане ганчір'я треба помістити в сталевий ящик, що закривається.

Аварійна ситуація

За будь-якої технічної несправності, яка може спричинити аварію, треба зупинити роботу і сповістити майстра цеху. Зупиняти верстат потрібно у разі наступних подій: нещасний випадок; займання; вибух;

стихійне лихо - ураган, затоплення, землетрус; поломка обладнання - знеструмлення, заклинювання, обрив приводного ременя. При настанні нещасного випадку потрібно викликати медиків, надати долікарську допомогу та доповісти про подію керівництву.

Безпека електрообладнання.

Для виключення нещасних випадків, викликаних ураженням електричним струмом, оператори верстатів з ЧПК повинні дотримуватись правил електробезпеки при експлуатації обладнання. Підключати верстат до електричної мережі можна лише після того, як станина та електродвигун заземлені. Оператор зобов'язаний відключити електроживлення у таких обставинах: при виявленні напруги на сталевих частинах машини; електропривід видає звук, що гуде - робота на 2 фази; ланцюг заземлення розімкнуто. Під час проведення ремонту та налагоджувальних робіт потрібно встановлювати огорожі та знаки безпеки. Електробезпека верстата забезпечується шляхом від'єднання кінців живильних ліній.

Висновок

Ділова репутація виробничої компанії тепер залежить не тільки від обсягу та якості продукції, а й від терміну безаварійної роботи, відсутності нещасних випадків і виробничих травм. Правильна організація заходів з охорони праці та суворе дотримання техніки безпеки під час роботи на верстатах з ЧПК – запорука успішної іміджевої політики та конкурентна перевага сучасного металообробного підприємства.

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		57

ВИСНОВОК

У випускній кваліфікаційній роботі бакалавра розроблено технологічний процес механічної обробки деталі «Вилка».

В результаті було проаналізовано службове призначення деталі та її технологічність. Вибрано метод отримання заготовлі та технологічні бази. Розроблено комплект документації технологічного процесу.

Було розроблено керуючу програму на комплексну операцію на ОЦ з ЧПК.

В конструкторській частині були розроблені затискний верстатний пристрій та пристрій контролю типу «калібр-пробка».

У частині охорони праці було наведено правила техніки безпеки при роботі на ОЦ з ЧПК.

					<i>ДРБ.ПМ.ФІТА.22.03.01.00</i>	Лист
Змін	Лист	№ докум	Підпис	Дата		58

Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. – Київ: НТУУ «КПІ», 2014 – 353 с., іл.

9. Справочник технолога-машиностроителя: в 2-х т. Т1. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова Т.1 / [А.М. Дальский и др.]. –М.: Машиностроение-1, 2001 – 912с.

10. Справочник технолога-машиностроителя : в 2-х т. Т2. / под ред. А.М. Дальского, А.Г. Сулова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова/ [А.М. Дальский и др.].–М.: Машиностроение — 1, 2001 – 944с.

11. Залога В.О. Сучасні інструментальні матеріали у машинобудуванні: навчальний посібник / В.О. Залога, О.О. Залога, В.Д.

Гончаров;

за загальн. ред. В.О. Залоги. – Суми: Сумський державний університет, 2013. – 371 с.

12. <https://www.sandvik.coromant.com/> (вибір металорізального інструм.)

13. Кириченко Л. С., Мережко Н. В. Основи стандартизації, метрології, управління якістю : навч. посіб. Київ: Київ. нац. торг-екон. ун-т, 2011. 446 с.

14. 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.