Хмельницький національний університет

Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури

Кафедра: Технології машинобудування

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи

ОКР- магістр

Галузь знань: 13

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Плита М13.433.007» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням CAM – пакету ESPRIT»

Виконав студент групи ПМТм-20-1_____(В.В. Симчак)

Керівник магістерської роботи:_____ (С.С.Бись)

До захисту допускаю:

Зав. кафедри _____(В.П.Ткачук)

_____ _____ 2021 р.

Хмельницький – 2021 року

Анотація

Тема проекту: «Удосконалення технології виготовлення деталі «Плита М13.433.007» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням CAM- пакету ESPRIT»

Автор Симчак В.В. . Керівник проекту : Бись С.С.

Об’єм пояснювальної записки.....стор. Графічна частина.....листів А1.

В загальному розділі виконано аналіз технологічності деталі, вибрано тип виробництва.

В технологічному розділі розглянуто призначення та конструкцію деталі «Плита», проаналізовано її технологічність, виконано розрахунки розрахунки собівартості заготовки, припусків, режимів різання, норм часу. Розроблена програма свердлувальної обробки деталі в середовищі ESPRIT

В конструкторському розділі виконано розрахунки пристроїв для обробки базової площини та для обробки отворів на верстатах фірми HAAS, контрольно-вимірювального пристрою, різального інструменту.

В дослідницькому розділі розглянуто зміцнення поверхні плоскої деталі за допомогою алмазного вигладжування , що забезпечує підвищення опору втоми та твердості поверхневого шару, а також дозволяє формувати напруги стиснення та створювати регламентований рельєф мікронерівностей на поверхні.

В розділі «Охорона праці» проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори при обробці різанням, наведено безпечні умови роботи на дільниці.

В додатках приведено технологічний процес виготовлення деталі «Плита», специфікації, керуюча програма на верстат з ЧПК.

Автор проекту: Симчак В.В. 2021 р.

/Підпис/ Дата

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1			Документація загальна		
2					
3					
4	А4	ДРМ.ФІМ.21.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка		
5	А2	ДРМ.ФІМ.21.02.02.00.00	Креслення заготовки	1	
6	А2	ДРМ.ФІМ.21.02.01.00.00	Креслення деталі	1	
7	А1	ДРМ.ФІМ.21.02.03.00.00	Графотехнологія	1	
8	А1	ДРМ.ФІМ.21.02.04.00.00	Карта наладки	1	
9	А1	ДРМ.ФІМ.21.03.05.00.00СК	Режими різання	1	
9	А1	ДРМ.ФІМ.21.03.01.00.00СК	Пристрій для фрезерування	1	
10	А1	ДРМ.ФІМ.21.03.02.00.00СК	Пристрій для свердлування	1	
11	А1	ДРМ.ФІМ.21.03.03.00.00СК	Пристрій контрольно - вимірювальний	1	
12	А2	ДРМ.ФІМ.21.03.04.00.00СК	Інструмент	1	
13	А1	ДРМ. ФІМ.21.04.01.00.00	Дослідницький лист	1	
14	А4		Завдання на ДП	1	
15	А4		Анотація	1	

Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	ДРМ.ФІМ.21.00.00ПЗ		
Розробив.		Симчак В.В..			Відомість роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Бись С.С.						
Н. Контр.		Бись С.С.				ХНУ-ПМТм-20-1 2		
Затвердив		Ткачук В.П.						

ЗМІСТ

		арк.
Вступ		6
1	Загальний розділ	7
1.1	Стан питання та визначення задач дипломного проектування.	7
1.2	Аналіз об’єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі	8
1.3	Аналіз технологічності конструкції деталі	11
1.4	Визначення типу та організаційної форми виробництва	13
2	Технологічний розділ	14
2.1	Вибір заготовки	14
2.2	Вибір технологічних баз	15
2.3	Вибір варіанта технологічного маршруту	15
2.4	Розробка технологічних операцій	18
2.5	Аналітичний розрахунок припуску на обробку торця деталі в розмір 190h12	18
2.6	Аналітичний розрахунок припуску на обробку площини основи плити в розмір 18h7	22
2.7	Вибір припусків табличним методом	27
2.8	Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання	28
2.9	Розрахунок технічних норм часу	40
2.10	Оформлення технологічної документації	43
2.10	Створення програми оброблення деталі «Плита» у програмі Esprit	43

3	Конструкторський розділ	48
3.1	Проектування верстатного пристрою для фрезерування площини основи плити.	48
3.1.1	Вибір схеми базування	48
3.1.2	Вибір установочних елементів	49
3.1.3	Розрахунок пристрою на точність	49
3.1.4	Розрахунок сили затиску	49
3.1.5	Розрахунок приводу пристрою	51
3.1.6	Розрахунок елементів пристрою на міцність	52
3.1.7	Опис конструкції і роботи пристрою	53
3.2	Проектування верстатного пристрою для оброблення отворів	54
3.2.1	Вибір схеми базування	54
3.2.2	Вибір установочних елементів	54
3.2.3	Розрахунок пристрою на точність	54
3.2.4	Розрахунок сили затиску	55
3.2.5	Розрахунок механізму затиску пристрою	57
3.2.6	Розрахунок елементів пристрою на міцність	58
3.2.7	Опис конструкції і роботи пристрою	59
3.3	Проектування контрольно-вимірювального пристрою	59
3.3.1	Вибір схеми вимірювання	59
3.3.2	Розрахунок пристрою на точність	60
3.3.3	Опис роботи пристрою	61
3.4	Проектування спеціального різального інструменту	61
4	Дослідницький розділ	63
5	Охорона праці	73
	Висновки	81
	Література	82
	Додатки	83

ВСТУП

Розвиток вітчизняного машинобудування в значній степені визначає темпи розвитку ливарного виробництва, що продукує деталі-виливки, які необхідні для виготовлення різноманітних механізмів та пристроїв. Річний обсяг виробництва відливок в світі перевищує 80 млн. т.

Методом литва виготовляються в середньому біля 40% (по масі) заготовок деталей машин, а в таких галузях, як верстатобудування - частка литих виробів складає 80%.

Формоутворення виробів під тиском різниться від інших способів отримання заготовок як найбільшим наближенням до форм і розмірів готових виробів, так і поліпшенням властивостей матеріалів.

Литво під тиском пластмас являється одним із найбільш економічних і продуктивних способів. Суть методу полягає в тому, що у прес-форму під високим тиском надходить термопластичний матеріал у рідкому стані, далі у прес-формі проходить швидке охолодження, що убезпечує дрібнозернисту будову та високі механічні якості відливки.

Розміри відливків, які отримуються таким литвом, є найбільш наближені до розмірів деталей, що дозволяє зменшити або зовсім виключити їх механічну обробку.

Тому розроблення простих та економічних конструкцій прес-форм, що дозволяють максимально швидко впровадити виготовлення деталей у виробництво є актуальною задачею.

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Стан питання та визначення задач дипломного проектування

Державне підприємство ДП «Новатор» (м. Хмельницький) здійснюючи конверсію виробництва виробляє засоби зв'язку і безпеки руху на залізничному транспорті, зокрема станцій РС-1 та СР-1 дуплексної системи локомотивного зв'язку, симплексні локомотивні станції коротко- і ультракороткохвильового діапазонів типу РЛ-1С, мікропроцесорної апаратури, безпеки руху АБ ЧКУ, АЛС МР.

На виробничих площах, які звільнились від скорочення об'ємів виробництва техніки військового призначення розгорнуте виробництво нової продукції:

- Побутових лічильників газу роторного типу G-2,5 РЛ, G-4 РЛ, G-6 РЛ , G-10 РЛ.
- Лічильники води ЛК-15, ЛК-20, ЛК-25, ЛК-32, ЛК-40, ЛТ-50.
- Лічильники електроенергії ЛО-1000, ЛТ-1, ЛТ-3.
- Світлодіодних світильників для офісного, вуличного, магістрального освітлення, робочих місць і ЖКГ.
- Медичної фізіотерапевтичної апаратури, яка застосовується для надання терапевтичного впливу на організм людини різноманітними фізичними факторами, як в стаціонарних так і в домашніх умовах: "Олімп-1", "Олімп-міні" "Корона-02", "Корона-05", "МАГ 30-04", "МАГ 30-04Т", "Уфіт СД", "УФІТ-СМ", "УФІТ-А(В)", "Корона-С", "Корона-С+У", "Простам", "Гемотон", "Апполон-1М", "Термолор", "Нітрат-тестер".

При випускові продукції підприємство застосовує багатоманітні гнучкі технологічні процеси, що дають змогу швидко вносити зміни в процес виробництва.

Тема дипломного проекту – «Удосконалення технології виготовлення деталі «Плита М13.433.007» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням CAM- пакету ESPRIT»

В дипломному проекті потрібно поліпшити технологічний процес оброблення деталі «Плита М13.433.007» із застосуванням металорізальних верстатів з ЧПК фірми HAAS; встановити послідовність виконання технологічних операцій; розробити основні операції оброблення.

Основними даними для розроблення являються:

- Робоче креслення деталі «Плита М13.433.007»
- Технічні умови на деталь.
- Фонд часу праці основного обладнання в рік - 4015 год.;
- Фонд часу праці робітників - 1860 год.

1.2 Аналіз об`єкту виробництва. Призначення та конструкція деталі.

Деталь “ Плита М13.433.007“ являється базовою деталлю у виробі « Прес-форма для литва під тиском». Деталь утворюється плоским простими поверхнями, має форму паралелепіпеда.

Робоче креслення має всі необхідні розміри з відхиленнями, на робочому кресленні проставлені відхилення, шорсткість поверхонь, вимоги до точності форми і відхилення поверхонь.

Матеріал деталі – якісна конструкційна сталь 45 ГОСТ 1050-2013. Сталь застосовується при виготовленні гарячекатаного і холоднокатаного плоского і сортового прокату і поковок, які згодом використовуються при створенні металоконструкцій і виробів машинобудівного призначення різних форм і розмірів. Також сталь 45 широко застосовується у виробництві шпинделів і кулачків, шестерень, кріпильних виробів, і валів різного призначення. З такої сталі виготовляються відповідальні вироби (консолі, осі, штоки, балки, плунжери та ін.), від яких вимагається підвищена міцність після термічної обробки.

За класифікацією фірми Sandvic Coromant ця сталь відноситься до сталей групи ISO P. Ця група матеріалів включає різні види сталей – від нелегованих до високолегованих, а також сталеве лиття, феритні та мартенситні нержавіючі сталі. Оброблюваність цих сталей, як правило, хороша, але сильно змінюється в залежності від твердості, вмісту вуглецю і т.д.

Хімічний склад сталі 45 дано в табл. 1.1, механічні властивості – в табл. 1.2.

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 45 ГОСТ 1050-2013

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
			Не більше			
0,40…0,5	0,17…0,3	0,5…0,8	0,045	0,045	0,3	0,3

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі 45 ГОСТ 1050-2013

σ_T МПа	$\sigma_в$ МПа	δ_5, %	ψ,%	$a_н$, кДж/см^2	*HB*
360	610	16	40	50	197…247

Ескіз деталі з позначенням поверхонь приведено на рис. 1.1.

Технологічні характеристики окремих поверхонь деталі (рис.1.1) приведені в табл. 1.3.

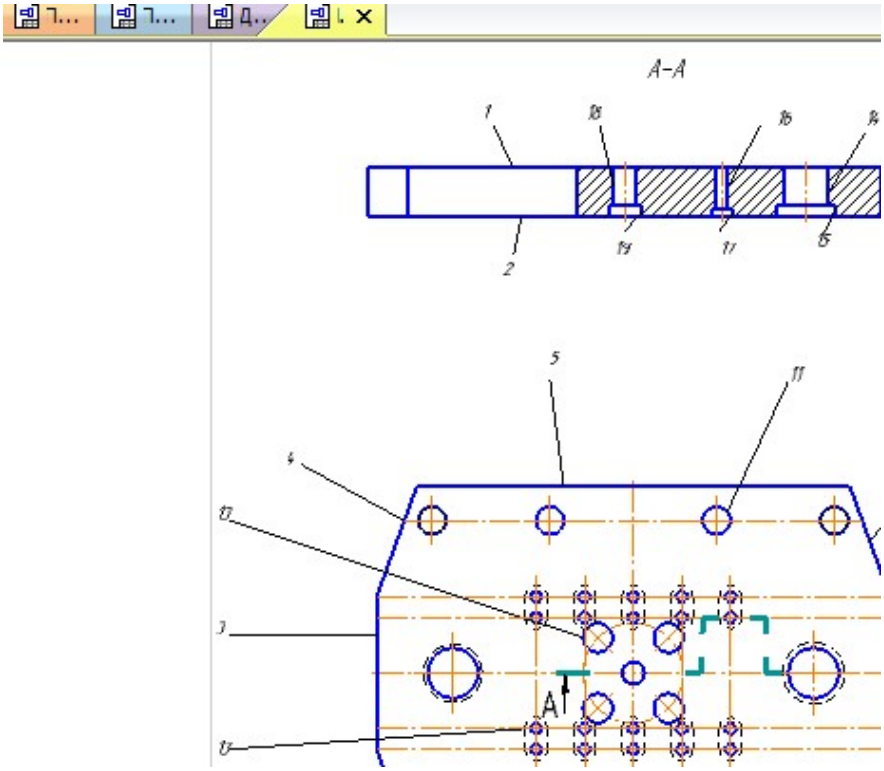


Рисунок 1.1 – Поверхні деталі «Плита»

Таблиця 1.3 - Характеристики поверхонь деталі «Плита»

№ п/п	Назва поверхні	Номінальний розмір, мм	Точність (квалітет) ,IT	Шорсткість, Ra, мкм	Інші т.у.
1	2	3	4	5	6
1	Площина основи	18	h7	1,0	
2	Площина основи	18	h7	1,0	
3	Торець	190	h12	6,3	
4	Скіс	45	h12	6,3	
5	Бокова поверхня	135	h12	6,3	
6	Скіс	45	h12	6,3	
7	Торець	190	h12	6,3	
8	Скіс	45	h12	6,3	
9	Бокова поверхня	135	h12	6,3	
10	Скіс	45	h12	6,3	
11	Отвір	М10	7Н	2,5	8 отв.

Закінчення табл. 1.3

12	Паз	R4	H12	6,3	20 пазів
13	Отвір	Ø10,5	H12	6,3	
14	Отвір	Ø 4	H7	0,63	20 отв.
15	Отвір	Ø16	H7	0,63	2 отв.
16	Отвір	Ø8	H7	0,63	
17	Отвір	Ø21	H12	6,3	2 отв.
18	Отвір	Ø12	H12	6,3	

1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі

Технологічність конструкції виробу - це набір властивостей конструкції виробу, що визначає можливість мінімізувати витрати коштів, праці та часу на всіх етапах створення, виробництва і експлуатації виробу. Технологічною буде та конструкція, що в найкращій мірі відповідає цим вимогам.

Якісний аналіз вказує, що деталь «Плита» створюється поверхнями простої форми (зовнішні поверхні – площини, внутрішні – циліндричні), діаметри ступенів отворів міняються в одному напрямку, усі поверхні обробляються на прохід та є вільно доступними для різальних інструментів; при обробленні застосовуються стандартні різальні інструменти та контрольно-вимірювальні засоби.

Деталь за класифікацією належить до класу “ Плити ” , виготовлюється із якісної конструкційної сталі 45 ГОСТ1050-2013.

При проведенні кількісного аналізу технологічності визначаються такі коефіцієнти: коефіцієнт використання матеріалу, коефіцієнт точності оброблення, коефіцієнт шорсткості поверхонь [4].

а). Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_м = \frac{M_д}{M_з},$$

де $M_д$ - маса деталі, $M_д = 2{,}93$ кг; $Mз$ - маса заготовки, $Mз = 4{,}1$ кг.

$$K_м = \frac{2{,}93}{4{,}10} = 0{,}72.$$

б). Коефіцієнт точності оброблення:

$$K_{тч} = 1 - \frac{1}{T_{ср}},$$

де $T_{ср}$ - середній коефіцієнт точності обробки деталі,

$$T_{ср} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_{i_з}},$$

де T_i - кваліет точності оброблення і-ї поверхні деталі; n_i - число поверхонь, що мають однакову точність.

$$T_{ср} = \frac{14 \times 10 + 7 \times 6}{18} = \frac{182}{18} = 10{,}11; \quad K_{тч} = 1 - \frac{1}{10{,}11} = 0{,}902.$$

в). коефіцієнт шорсткості:

$K_ш = \frac{1}{Ш_{ср}}$, де $Ш_{ср}$ - середня шорсткість оброблених поверхонь деталі,

$$Ш_{ср} = \frac{\sum R_{ai} \cdot n_i}{\sum n_{i_з}},$$

де R_{ai} - шорсткість і-ї обробленої поверхні деталі, мкм; n_i - число поверхонь, що мають рівну шорсткість.

$$Ш_{ср} = \frac{0{,}63 \times 3 + 1 \times 2 + 2{,}5 \times 1 + 6{,}3 \times 12}{18} = \frac{81{,}99}{18} = 4{,}56, \; K_ш = \frac{1}{4{,}56} = 0{,}22$$

Якісний та кількісний аналіз технологічності показує, що конструкцію деталі “ Плита “ можна вважати за технологічну.

1.3 Попередній вибір типу виробництва та організаційної форми

Тип виробничого процесу – це його організаційно-технічну характеристика, яка основана на спеціалізації та характері технологічних операцій, їх повторюваності, особливостях технологічного процесу. За цими ознаками розпізнають одиничне, серійне та масове виробництво.

По формі організації виробництво може бути потоковим або не потоковим.

Визначаємо попередньо тип виробництва згідно табл. 1.4 [4]. При масі деталі 2,93кг та випускові деталі N = 1шт. тип виробництва приймаємо одиничним.

Одиничне виробництво визначається дуже широкою номенклатурою виробів та малим розміром випуску.

Таблиця 1.4 – Залежність типу виробництва від обсягу випуску [4].

Маса деталі, кг	Річний обсяг випуску залежність від типу виробництва				
	Одиничне	Дрібно серійне	Середньо серійне	Крупно серійне	Масове
<1.0	<10	10-2000	2000-100000	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

Форма організації виробництва згідно ГОСТ 14.312-74 залежить від встановленого порядку реалізації операцій, способу розташування технологічного обладнання, кількості виробів та напрямку руху при виробництві.

Для одиничного виробництва вибираємо форму організації робіт – технологічну.

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Вибір заготовки

На основі вибраного типу виробництва - одиничне; матеріалу – сталь 45 та особливостей конструкції деталі приймаємо метод виготовлення заготовки із прокату (полоси гарячекатаної) [6] згідно ГОСТ 4405-75.

Товщина прокату згідно ГОСТ - 22 мм, ширина – 140 мм. Заготовка отримується із листового прокату при допомозі методу лазерного різання на установці для лазерного різання LTC75-2000. Ескіз заготовки представлено на рис. 2.1.

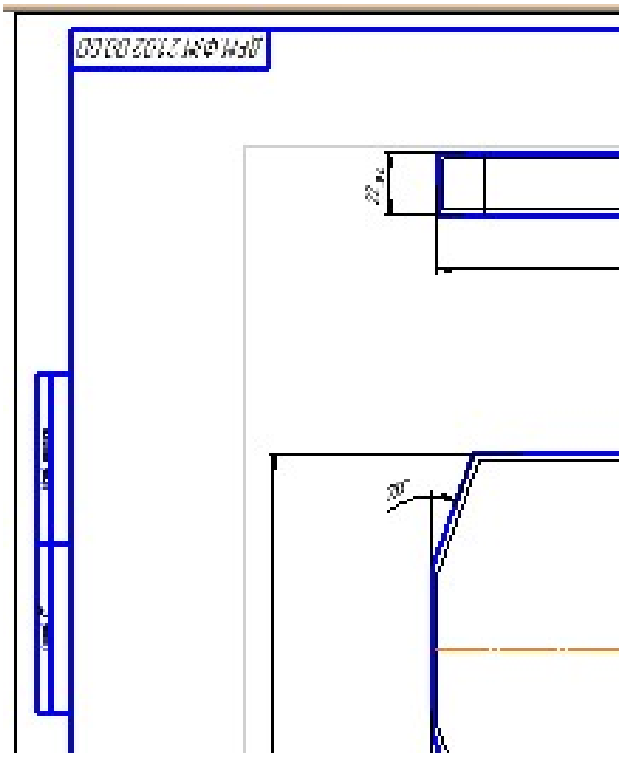


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки із прокату - полоси

Знаходимо вагу заготовки: $Q = V \cdot \rho,$

V – об’єм заготовки, $L_{заг} = L_{дет} + 2z = 190 + 2 \cdot 2{,}5 = 195$ мм

ρ - питома вага сталі, $\rho = 7{,}8 \cdot 10^3 \frac{кг}{м^3}$;

$$V = B \cdot H \cdot L,$$

де B - ширина, H - висота, L – довжина заготовки.

$B = 140$ мм, $H = 22$ мм, $L = 190$ мм

$$V = 0{,}14 \cdot 0{,}022 \cdot 0{,}195 = 5{,}46 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3,$$

$$Q = 5{,}46 \cdot 10^{-4} \cdot 7800 = 4{,}25 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_м = \frac{q}{Q},$$

де q – вага деталі, q = 2,93 кг; Q - вага заготовки , Q = 4,25 кг

$$K_м = \frac{2{,}93}{4{,}25} = 0{,}71$$

2.2 Вибір технологічних баз

При виборі технологічних баз для оброблення деталі «Плита» приймаємо рекомендації по базуванню деталей класу «Плити », що наведені у [1], тому що деталь має форму паралелепіпеда, зовнішній контур деталі створюється за рахунок плоских поверхонь.

2.2.1 Вибір баз для кінцевої обробки

Самою точною поверхнею деталі являється зовнішня плоска поверхня 1 ($18h6_{(-0,06)}$), на завершальній операції оброблення здійснюється тонке шліфування цієї поверхні.

При обробленні заготовка базується на попередньо оброблену протилежну площину 2. Схема базування наведена на рис. 2.2.

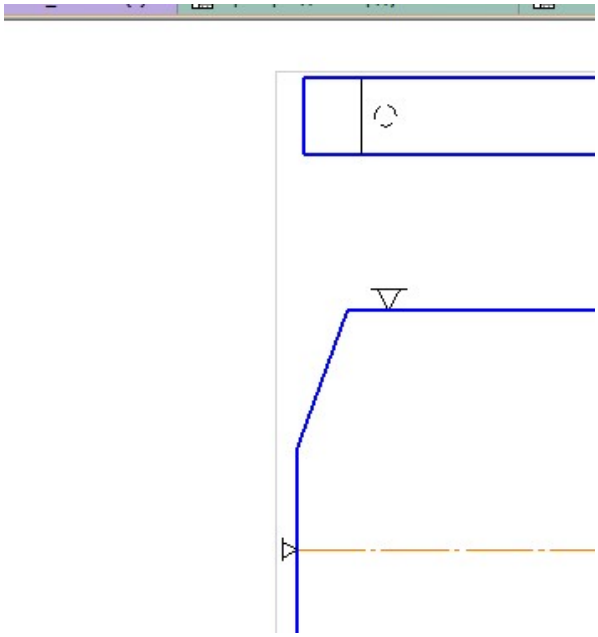


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки на шліфувальній операції

2.2.2 Вибір чорнової бази.

На першій чорновій операції обробляються поверхні, що будуть використані як бази для наступних операцій.

За чорнову бази для першої операції вибираємо зовнішню необроблену поверхню заготовки. Заготовка буде базуватися у координатний кут (по трьом поверхням). Схема базування така ж сама, що представлена на рис. 2.2.

2.3 Вибір варіанта технологічного маршруту

2.3.1 Вибір методів обробки окремих поверхонь заготовки

Методи оброблення окремих поверхонь заготовки залежать від конфігурації деталі, габаритів деталі, точності та якості оброблення [1]. Згідно таблиць

економічної точності оброблення приймаємо методи оброблення окремих поверхонь деталі, результати визначення вносимо у табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Методи оброблення поверхонь деталі

№ пов.	Номінальний розмір	Точність обробки	Шорсткість R_a ,мкм	МАРШРУТ ОБРОБКИ ПОВЕРХНІ
1	2	3	4	5
1	Площина основи,18	h12 (-0,3)	6,3	1.ФРЕЗЕРУВАННЯ
2	Площина основи,18	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
3	Торець, 190	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
4	Скіс, 45	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
5	Бокова поверхня, 135	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
6	Скіс, 45	h12 (-0,3)	6,3	1. Фрезерування
7	Торець, 190	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
8	Скіс, 45	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
9	Бокова поверхня, 135	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
10	Скіс, 45	h12 (-0,3)	6,3	1.Фрезерування
11	Отвір, М10	7Н	2,5	1.Свердлування 2.Нарізання різьби
12	Паз, R4	Н12	6,3	1.Фрезерування
13	Отвір, Ø10,5	Н12	6,3	1.Свердлування
14	Отвір, Ø 4	Н7	0,63	1.Свердлування
15	Отвір, Ø16	Н7	0,63	1.Свердлування 2.Розточування
16	Отвір, Ø8	Н7	0,63	1.Свердлування 2.Розточування
17	Отвір, Ø21	Н12	6,3	1.Розточування
18	Отвір, Ø12	Н12	6,3	1.Розточування

2.4 Розробка технологічних операцій.

При проектуванні окремої технологічної операції слід уточнити кількість переходів на операції; прийняти засоби технологічного оснащення; визначити розміри налагоджування інструментів; визначити режими різання та норми часу.

При проектуванні окремих операцій технологічного процесу враховуємо маршрут обробки, схеми базування, точність обробки поверхонь та їх якість.

Моделі верстатів вибираємо із умов забезпечення виконання необхідних технічних умов (точність розмірів, форми та розміщення поверхонь, їх якості).

Для обробки всіх поверхонь вибираємо вертикально-фрезерний верстат з ЧПК мод. HAAS VF-1, точної обробки площин основи – плоскошліфувальний верстат мод. 3П722.

Інструмент різальний приймаємо із врахуванням найбільшого примінення стандартного та нормалізованого інструменту, методів оброблення, якості поверхні та точності оброблення.

Тип установочних пристроїв вибирається в залежності визначається видом заготовки, її габаритними розмірами, точністю обробки, вибраними схемами обробки. В технологічному процесі, що проектується, будуть використовуватись спеціальні та стандартні пристрої.

На основі аналізу методів обробки окремих поверхонь, конструкції виробу, його технологічності, із урахуванням вибору методу отримання заготовки розробляємо технологічний маршрут обробки.

2.5 Аналітичний розрахунок припуску на обробку торця деталі в розмір $190h12_{(-0,46)}$ мм

Маршрут оброблення поверхні:

- чорнове фрезерування площини.

Найменший розрахунковий припуск визначаємо за формулою:

$$Z_{\min} = R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi},$$

де R_{zi-1} - висота нерівностей профілю (характеризує шорсткість поверхні) на попередньому переході, мкм, h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мкм; $\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне значення просторових відхилень для елементарної поверхні на попередньому переході, мкм; ε_{yi} - похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

Знаходимо величини елементів припуску.

Заготовка отримується із листового прокату при допомозі методу лазерного різання на установці для лазерного різання LTC75-2000:

$R_{z_{заг}}$ =160 мкм, $h_{заг}$ = 250 мкм [3], табл7.

Просторова похибка заготовки знаходиться як найбільша кривизна заготовки:

$$\Delta_{\Sigma заг} = \Delta_{кор.},$$

де $\Delta_{кор}$ - похибка від кривизни прокату, $\Delta_{кор} = \Delta_к \cdot L$,

де $\Delta_к$ - значення питомої кривизни прокату; $\Delta_к$ = 1,0 мкм/мм [3], табл. 16;

L – довжина заготовки, L = 190 мм;

$\Delta_{кор} = 1 \cdot 190$ = 190 мкм; $\Delta_{\Sigma заг} = \Delta_{кор} = 190$ мкм

Допуск на розмір заготовки $T_{заг}$ = 1850 мкм.

а). Обробка торця - фрезерування чорнове:

$R_{z точ.}$ =50 мкм.; $h_{точ..}$ = 50 мкм [3], табл.10 .

Визначаємо просторову похибку заготовки $\Delta_{\Sigma_{чорн..}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$,

де k_y – коефіцієнт похибки, k_y = 0,06 [3], табл. 29;

$\Delta_{\Sigma ччор} = 190 \cdot 0{,}06 =$ 12 мкм.

Вибираємо похибку установки заготовки в пристрій по таблицям ε_y = 125 мкм [3],табл.14.

Допуск на розмір $T_{точ.}$ = 460 мкм.

Визначені величини записуємо в табл. 2.2.

Знаходимо значення мінімального розрахункового припуску для фрезерування чорнового:

$Z_{i\ тіп\ чорн\ .}$ = 160 + 250 + 190 + 125 = 725 мкм

Знаходимо розрахункові розміри. В графу “ Розрахунковий розмір ” для фрезерування записуємо найменший граничний розмір деталі згідно креслення:

$L_{р.\ дет.}$ = 190 – 0,46 = 189,54 мм.

Для переходу перед кінцевим розраховуємо розрахунковий розмір додаванням розрахункового припуску до найменшого розрахункового розміру:

$L_{р.\ заг.}$ = 189,54 + 0,725 = 190,265 мм

Записуємо у графу 9 граничні найменші розміри по технологічних переходах , округлюючи їх збільшенням розрахункових розмірів, округлення робимо до того ж знака десяткового дробу, з яким подано допуск на розмір для кожного переходу:

$L_{\ нм\ дет.}$ = 189,54 мм;

$L_{\ нм\ заг.}$ = 190,27 мм.

Таблиця 2.2 - Розрахунок припусків на обробку торця заготовки в розмір 190h12($_{-0,46}$)мм

Технолог. Пепереходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, Lмм	Допуск Т	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma i-1}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	160	250	190	-		190,265	1,850	190,27	192,12		
Фрезерув.	50	50	12		725	189,54	0,460	189,54	190,0	1,22	3,2
Всього:										1,22	3,2

Знаходимо найбільші граничні розміри додаванням допуску до граничного найменшого округленого розміру і записуємо у графу 10:

$L_{нб\ дет.} = L_{\ нм\ дет.} + T_{дет.}$ = 189,54 + 0,46 = 190,0 мм;

$L_{нб.заг.} = H_{\ нм\ заг.} + T_{заг.}$ = 190,27 + 1,85 = 603,2 мм.

Записуємо у графу 12 найбільші граничні значення припусків у вигляді різниці найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$Z_{нб\ чорн.} = L_{нб\ заг} - L_{нб\ дет.} = 192{,}12 - 190{,}0 = 2{,}12$ мм

Записуємо у графу 11 найменші граничні значення припусків у вигляді різниці найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$Z_{нм\ чорн.} = L_{нм\ заг} - L_{нм\ дет.} = 190{,}27 - 189{,}54 = 0{,}72$ мм

Перевірка правильності розрахунку:

$T_{заг.} - T_{дет.} = Z_{нб.заг} - Z_{нм\ .\ заг}$

1,85 – 0,46 = 2,12 – 0,73 – розрахунок вірний.

Розраховуємо номінальний загальний припуск:

$Z_{ном.} = Z_{нм.\ заг} + H_з - H_д$,

де $H_з$ – нижнє відхилення заготовки, $H_з$ = 1,0 мм;

$H_д$ – нижнє відхилення деталі, $H_д$ = 0,46 мм

$Z_{ном..} = 0{,}73 + 1{,}0 - 0{,}46 = 1{,}27$ мм.

Номінальний розмір заготовки:

$L_{ном.\ заг.} = L_{ном.\ дет..} + Z_{ном} = 185 + 2 \times 1{,}48 = 602{,}96$ мм

На основі розрахунку будуємо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці торців заготовки у розмір $190_{-0{,}46}$ мм. (рис. 2.3).

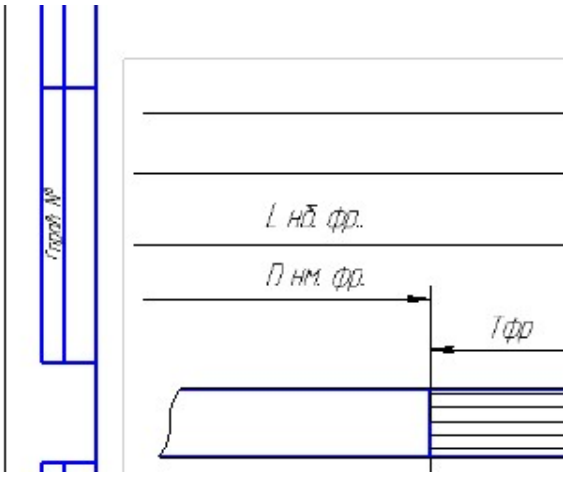


Рис. 2.3 - Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці торців заготовки в розмір $190_{-0{,}46}$ мм

2.6 Аналітичний розрахунок припуску на обробку площини основи плити в розмір 18h7 ($_{-0,013}$) мм

Маршрут обробки площини основи:

1. - фрезерування чорнове;
2. - фрезерування чистове;
3. - шліфування.

4. Найменший розрахунковий припуск визначаємо за формулою (обробка 2-х протилежних сторін з перекладкою):

5. $$2Z_{\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \Delta_{\Sigma i-1} + \varepsilon_{yi}),$$

6. де R_{zi-1} - висота нерівностей профілю (характеризує шорсткість поверхні) на попередньому переході, мкм, h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході, мкм; $\Delta_{\Sigma i-1}$ - сумарне значення просторових відхилень для елементарної поверхні на попередньому переході, мкм; ε_{yi} - похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

Знаходимо величини елементів припуску.

а). Заготовка отримується із листового прокату при допомозі методу лазерного різання на установці для лазерного різання LTC75-2000:

$R_{z_{заг}}$ =160 мкм, $h_{заг}$ = 250 мкм [3], табл7.

Просторова похибка заготовки знаходиться як найбільша кривизна заготовки:

$$\Delta_{\Sigma зза} = \Delta_{кор.},$$

де $\Delta_{кор}$ - похибка від кривизни прокату, $\Delta_{кор} = \Delta_к \cdot L$,

де $\Delta_к$ - значення питомої кривизни прокату; $\Delta_к$ = 1,0 мкм/мм [3], табл. 16;

L – довжина заготовки, L = 190 мм;

$\Delta_{кор} = 1 \cdot 190$ = 190 мкм; $\Delta_{\Sigma зза} = \Delta_{кор} = 190$ мкм

Допуск на розмір заготовки $T_{заг}$= 840 мкм.

б). Обробка площини - фрезерування чорнове:

$R_{z\text{точ.}}$ =50 мкм.; $h_{точ..} = 50$ мкм [3], табл.10 .

Визначаємо просторову похибку заготовки $\Delta_{\Sigma_{чорн..}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$,

де k_y – коефіцієнт похибки, k_y = 0,06 [3], табл. 29;

$\Delta_{\Sigma ччор} = 190 \cdot 0{,}06 = 12$ мкм.

Похибка встановлення заготовки

ε_1 = 100 мкм [3], табл. 14.

Допуск переходу T_1= 210 мкм.

в). Фрезерування чистове

R_{z2} =30 мкм.; $h_2 = 30$ мкм [3], табл. 4.5;

Похибка просторова $\Delta_{\Sigma 2} = \Delta_{\Sigma 1} \cdot K_{y\ 1}$,

де K_y – коефіцієнт похибки, K_y = 0,06 [3], табл. 29

$\Delta_{\Sigma 2} = 4 \cdot 0{,}06 = 1$ мкм.

Похибка установлення заготовки в пристроєві

ε_y = 75 мкм

Допуск переходу T_2= 52 мкм.

4. Шліфування (установка із перекладанням на магнітній плиті)

R_{z3} =10 мкм.; $h_3 = 20$ мкм [3], табл.4.5

Похибка просторова $\Delta_{\Sigma\ 3} = \Delta_{\Sigma 2} \cdot K_y$,

де K_y – коефіцієнт похибки , K_y = 0,06 [3], табл. 29

$\Delta_{\Sigma 1} = 1 \cdot 0{,}06 = 0$ мкм.

Похибка вс тановлення заготовки на магнітній плиті

ε_y = 0 мкм [3], табл. 14.

Допуск переходу (допуск деталі) T_1= 13 мкм.

Визначені значення складових припуску заносимо в табл. 2.3

Знаходимо значення мінімального розрахункового припуску для фрезерування чорнового:

$2Z_{i\ min\ чорн.} = 2(160 + 250 + 190 + 125) = 2 \times 725$ мкм

Знаходимо значення мінімального розрахункового припуску для фрезерування чистового:

$2Z_{i\ min\ чист..} = 2(160 + 250 + 190 + 125) = 2 \times 725$ мкм

Знаходимо значення мінімального розрахункового припуску для шліфування

$2Z_{i\ min\ чист..} = 2(160 + 250 + 190 + 125) = 2 \times 725$ мкм

Таблиця 2.3 - Розрахунок припусків при обробці площини в розмір $18{,}0h6(_{-0{,}013})$ мм

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуск мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск, мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	R_{zi-1} R_{zi-1}	R_{zi-1} h_{zi-1}	$\Delta_{\Sigma zi-1}$	R_{zi-1} ε				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	160	250	190	-		19,883	0,84	19,890	20,73		
Фрезер. чорнове	50	50	12	100	1400	18,483	0,21	18,490	18,70	1,4	2,03
Фрезер. чорнове	30	30	1	75	374	18,109	0,052	18,109	18,161	0,381	0,539
Шліфування	10	20	-	0	122	17,987	0,013	17,987	18,0	0,13	0,161
Всього										1,911	2,73

Знаходимо розрахункові розміри. В графу 6 “ Розрахунковий розмір ” для шліфування записуємо найменший граничний розмір деталі згідно креслення:

$H_{р.\ дет.} = 18 - 0{,}013 = 17,\ 987$ мм.

Для переходу перед кінцевим розраховуємо розрахунковий розмір додаванням розрахункового припуску до найменшого розрахункового розміру:

$H_{розр.\ чист.} = 17{,}987 + 0{,}122 = 18{,}109$ мм

$H_{розр.\ чорн.} = 18{,}109 + 0{,}374 = 18{,}483$ мм

$H_{розр.\ заг.} = 18{,}483 + 1{,}40 = 19{,}883$ мм

Записуємо у графу 9 граничні найменші розміри по технологічних переходах , округлюючи їх збільшенням розрахункових розмірів, округлення робимо до того

ж знака десяткового дробу, з яким подано допуск на розмір для кожного переходу:

$H_{нм\ шл.\ .} = 17{,}987$ мм;

$H_{нм\ чист.} = 18{,}109$ мм;

$H_{нм\ чорн..} = 18{,}49$ мм;

$H_{нм\ заг..} = 19{,}89$ мм;

Знаходимо найбільші граничні розміри додаванням допуску до граничного найменшого округленого розміру і записуємо у графу 10:

$H_{нб\ шл.} = H_{нм\ шл.} + T_{дет.} = 17{,}987 + 0{,}013 = 18{,}0$ мм.

$H_{нб\ чист.} = H_{нм\ чист.} + T_{чист.} = 18{,}109 + 0{,}052 = 18{,}161$мм.

$H_{нб\ чорн.} = H_{нм.чорн.} + T_{чорн.} = 18{,}49 + 0{,}210 = 18{,}70$ мм.

$H_{нб\ заг.} = H_{нм\ заг.} + T_{заг..} = 19{,}89 + 0{,}84 = 20{,}73$мм.

Записуємо у графу 12 найбільші граничні значення припусків у вигляді різниці найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$2Z_{нбчорн.} = H_{нб\ заг} - H_{нб\ чорн.} = 20{,}73 - 18{,}7 = 2{,}03$мм;

$2Z_{нб\ чист.} = H_{нб\ зчорн.} - H_{нб\ чист.} = 18{,}7 - 18{,}161 = 0{,}539$ мм;

$2Z_{нбшл.} = H_{нб\ зчист.} - H_{нб\ шліф.} = 18{,}161 - 18{,}0 = 0{,}161$ мм

Записуємо у графу 11 найменші граничні значення припусків у вигляді різниці найменших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$2Z_{нм\ чорн} = H_{нм\ заг} - H_{нм\ чорн.} = 19{,}89 - 18{,}49 = 0{,}40$ мм

$2Z_{нм\ чист} = H_{нм\ зчорн.} - H_{нм\ чист.} = 18{,}49 - 18{,}109 = 0{,}381$мм

$2Z_{нм\ шл.} = H_{нм\ чист.} - H_{нм\ шліф.} = 18{,}109 - 17{,}987 - 4{,}0 = 0{,}122$ мм

Знаходимо найбільші та найменші загальні припуски

$2Z_{о\ нм} = 2\ Z_{нм\ чорн} + 2Z_{нм\ чист} + 2Z_{нм\ шліф.}$

$2Z_{о\ нм} = 1{,}4 + 0{,}381 + 0{,}122 = 1{,}903$ мм

$2Z_{о\ нб} = 2Z_{нб\ чорн} + 2Z_{нб\ чист} + 2Z_{нб\ шліф.}$

$2Z_{о\ нм} = 2{,}03 + 0{,}539 + 0{,}161 = 2{,}73$ мм

Перевірка правильності розрахунку:

$T_{заг.} - T_{дет.} = 2Z_{нб.заг} - 2Z_{нм\ .\ заг}$

$0.84 - 0{,}013 = 2{,}12 - 0{,}73$ – розрахунок вірний.

Розраховуємо номінальний загальний припуск:

$2Z_{ном.} = 2Z_{нм.\ заг} + H_з - H_д$,

де $H_з$ – нижнє відхилення заготовки, $H_з$ = 0,40 мм;

$H_д$ – нижнє відхилення деталі, $H_д$ = 0,013 мм

$2Z_{ном..} = 2,73 + 0,40 - 0,013 = 3,117$ мм.

Номінальний розмір заготовки:

$H_{ном.\ заг.} = H_{ном.\ дет..} + 2Z_{ном} = 18,0 + 3,117 = 21,117$ мм

Згідно ГОСТ19903-74 вибираємо прокат товщиною 22,0 мм.

На основі розрахунку будуємо схему розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці торця в розмір $18_{-0,013}$ мм.

Схема приведена на рис. 2.4.

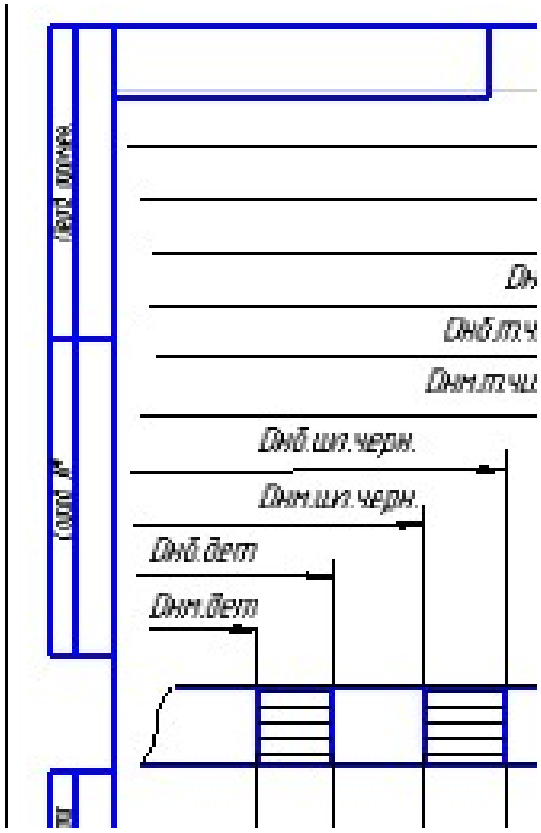


Рис.2.4 - Схема розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці торця в розмір 18h7 мм.

2.7 Визначення припусків табличним методом

Призначаємо припуски на поверхні, що обробляються, згідно рекомендацій [5]. Результати заносимо в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 – Розрахункові та табличні припуски на поверхні заготовки деталі «Плита»

Поверхня	Розмір	Припуск		Допуск
		Табличний	Розрахунковий	
1	2	3	4	5
Торець	195	3,0	2,0	+1,5 - 1,0
Площина основи	18	2× 2,5	-	+1,0 -0,4
Бокова поверхня		3,0	2,0	+1,5 - 1,0

2.8 Аналітичний розрахунок та вибір режимів різання

Режими різання визначаємо на основі програми вибору інструментів та режимів різання, розробленого компанією Candvik Coromant - CoroPlus Tool Guide.

Згідно програми вибирається різальний інструмент на перехід, та призначаються режими різання.

Матеріал деталі - сталь 45 – за класифікацією Sandvik Coromant - P2.1.Z.AN.

Sandvik Coromant використовує систему кодів CMC (Coromant Material Classification - класифікація матеріалів Coromant) для ідентифікації та опису матеріалів різних постачальників, ринків і стандартів.

Поділ матеріалів на шість різних груп не дає достатньо інформації для правильного вибору сплаву, геометрії ріжучого інструменту і режимів різання. У зв'язку з цим виникає необхідність дальшого розподілу матеріалів на підгрупи.

Система СМС дозволяє Sandvik Coromant класифікувати матеріали з точки зору оброблюваності і дати відповідні рекомендації по вибору відповідного інструменту і параметрів обробки. Вона має більш детальну структуру, включає більше підгруп і дає інформацію окремо по кожному типу, змістом вуглецю, особливостям виробництва, термообробці, зміцнення і т.п.

Структура коду МС

У коді МС за допомогою комбінації букв і цифр зашифровані різні властивості і характеристики оброблюваного матеріалу. Наприклад: код сталі P1.2.Z.AN

P - код ISO для сталі;

1 - група матеріалів з нелегованої та легованої сталі;

2 - підгрупа матеріалів за змістом вуглецю> 0,25% ≤ 0,55% C;

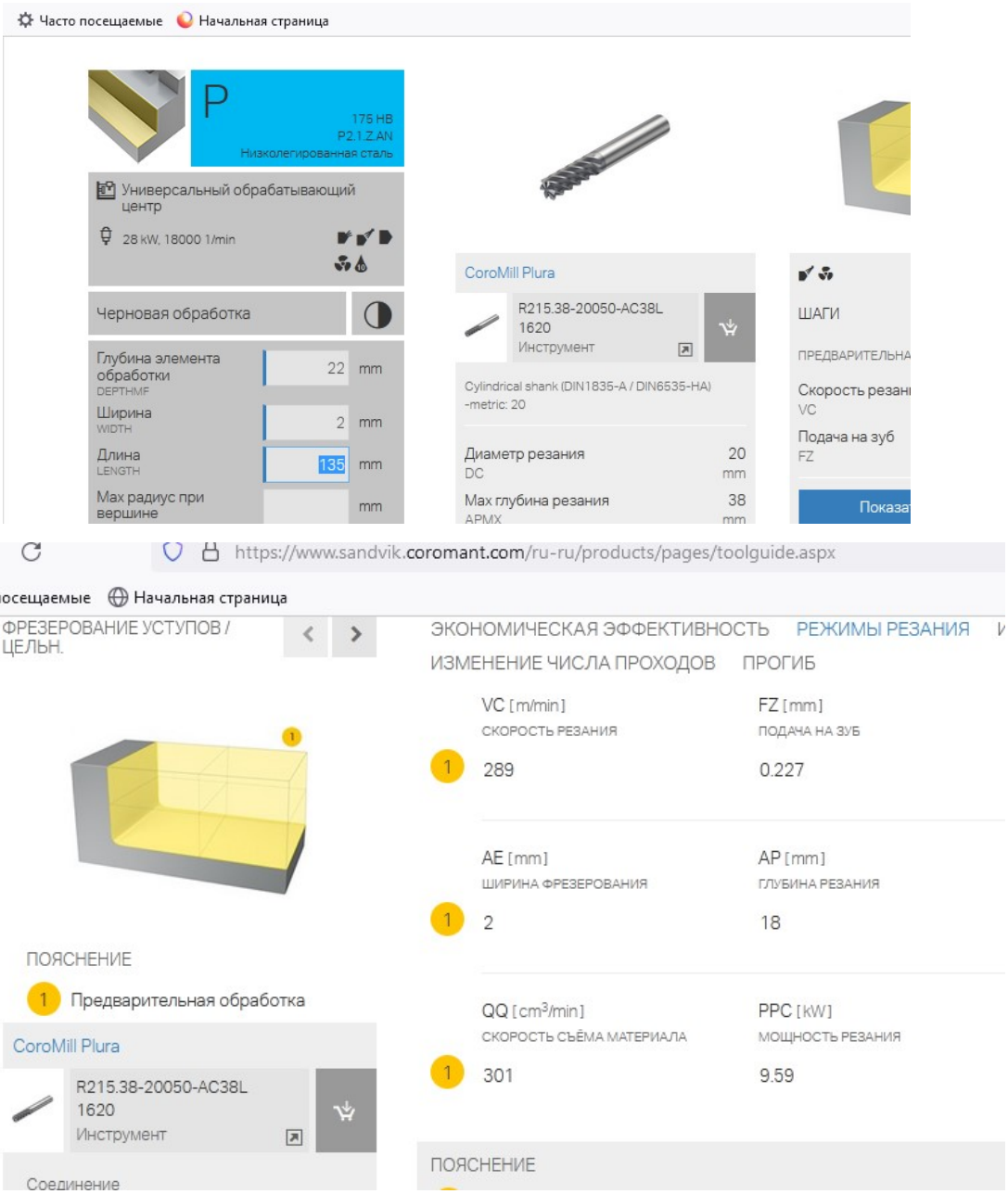
Z - метод отримання заготовки: кування / прокат / холодна витяжка;

AN - термообробка, відпал, із зазначенням значень твердості.

ISO P - Сталь є найбільшою групою матеріалів в області металообробки і включає в себе різні види сталей - від нелегованих до високолегованих, а також сталеве лиття, феритні і мартенситні нержавіючі стали. Оброблюваність цих сталей, як правило, хороша, але сильно варіюється в залежності від твердості, вмісту вуглецю і т.д.

2.8.1 Визначення режимів різання на фрезерування бокових площин

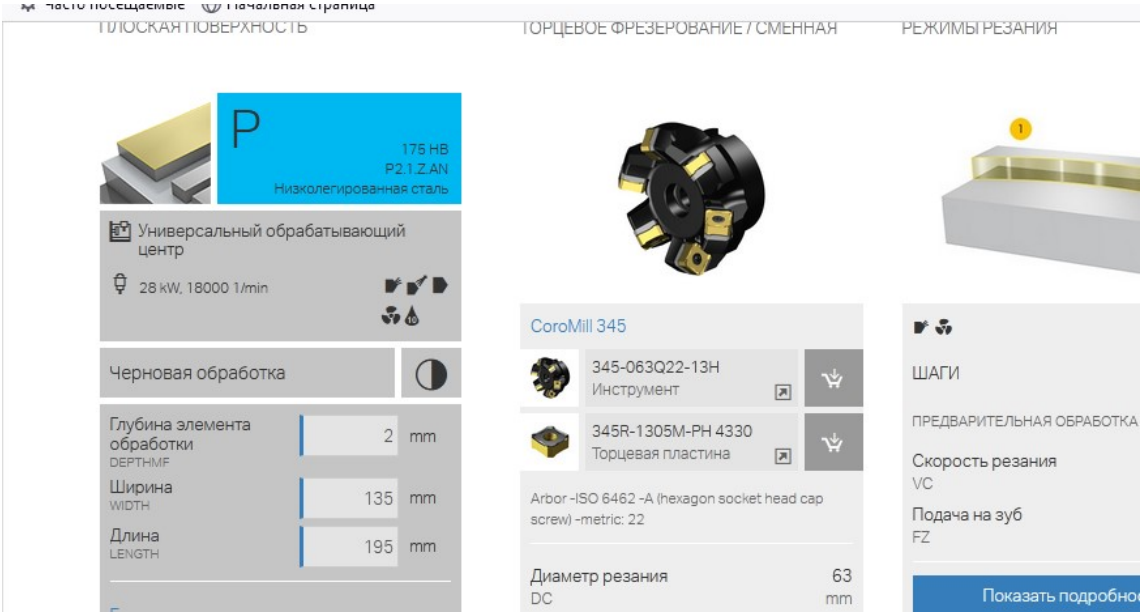
Інструмент: фреза CoroMill Plura R215.38-20050-AC 38L 1620

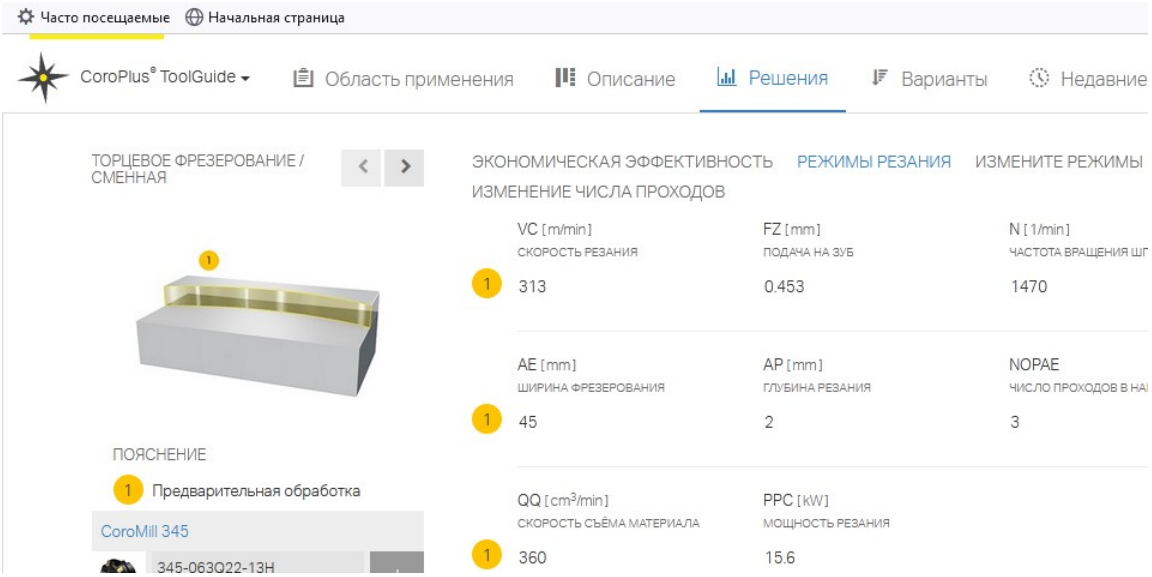


2.8.2 Визначення режимів різання на чорнове фрезерування площин основи

Чорнове фрезерування

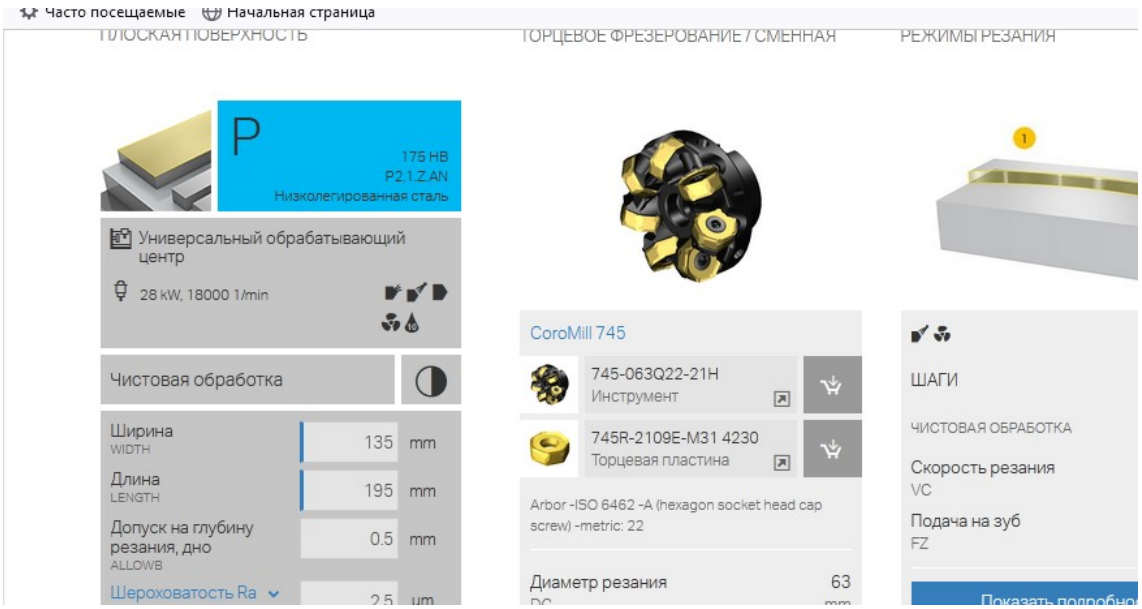
Інструмент: фреза CoroMill 345 345-063Q22-13H пластина 345-1305M-PH 4330

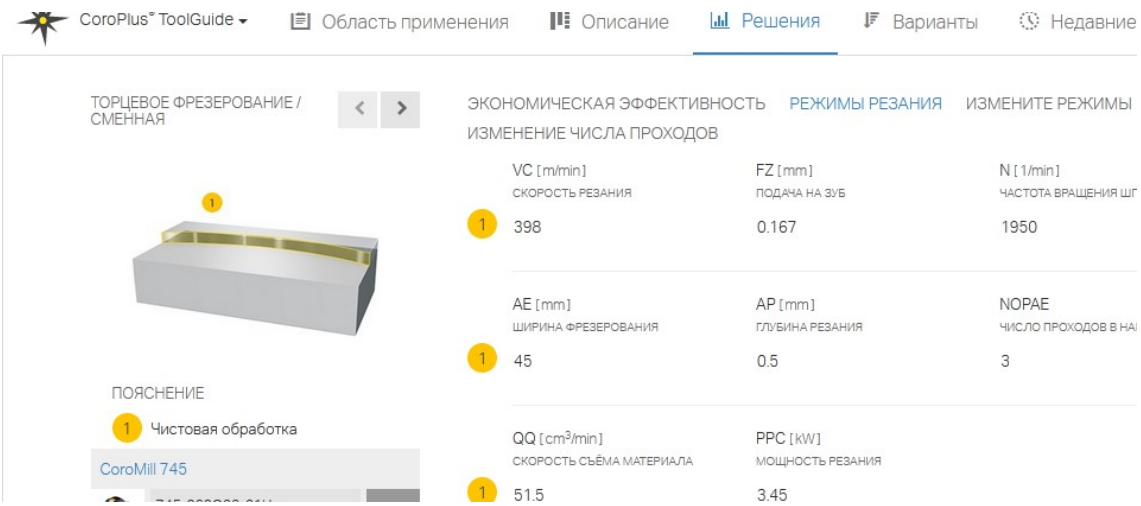




Чистове фрезерування

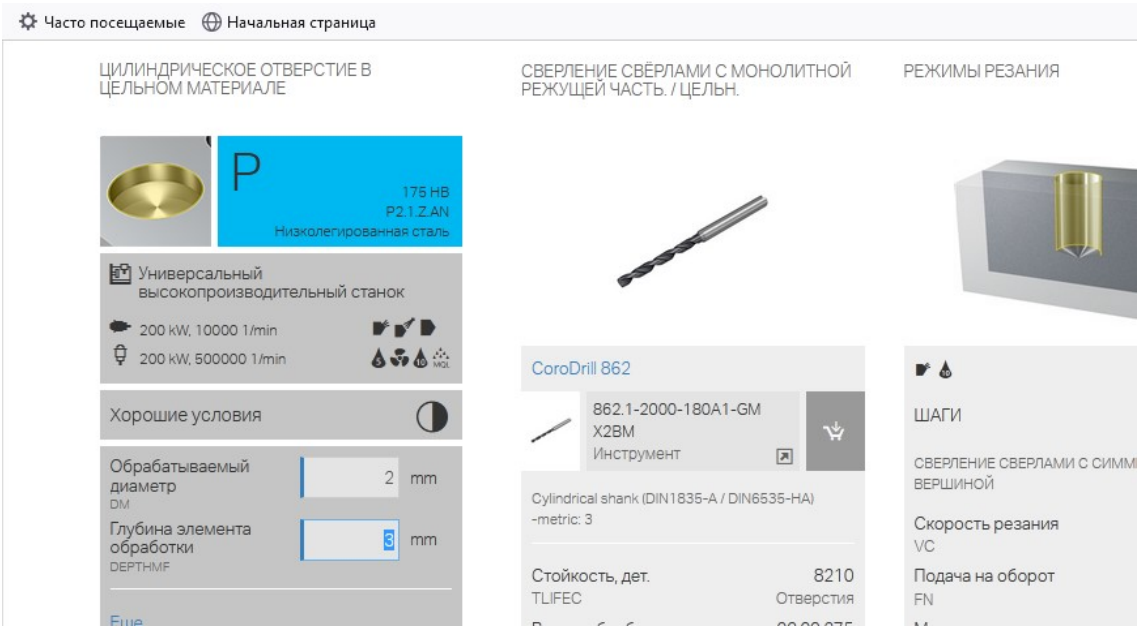
Інструмент: фреза CoroMill 745 745-063Q22-21H пластина 745-2109E-M31 4230

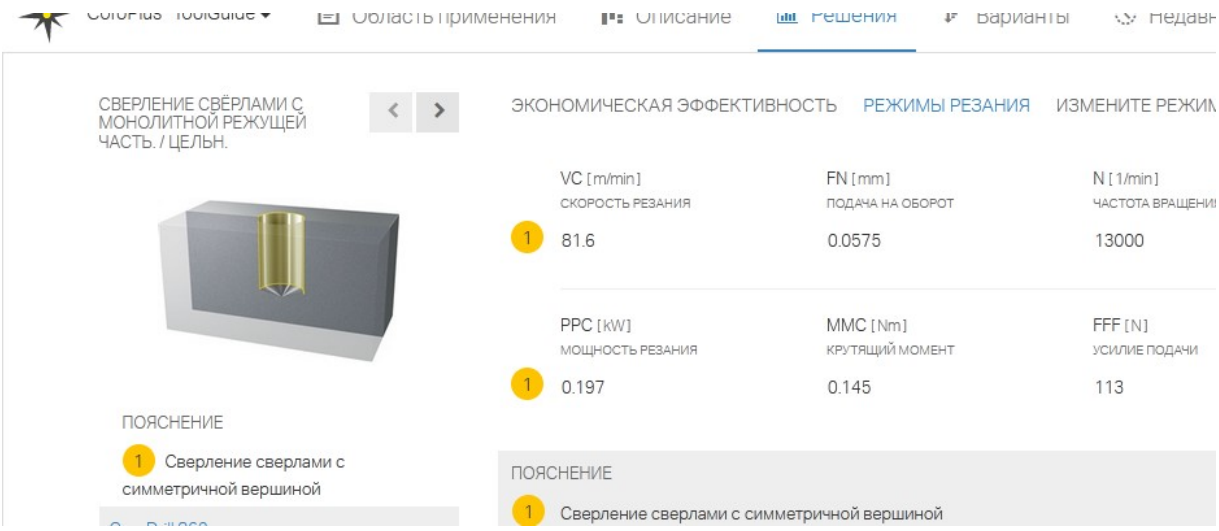




2.8.3 Центрування 20 отворів Ø 4

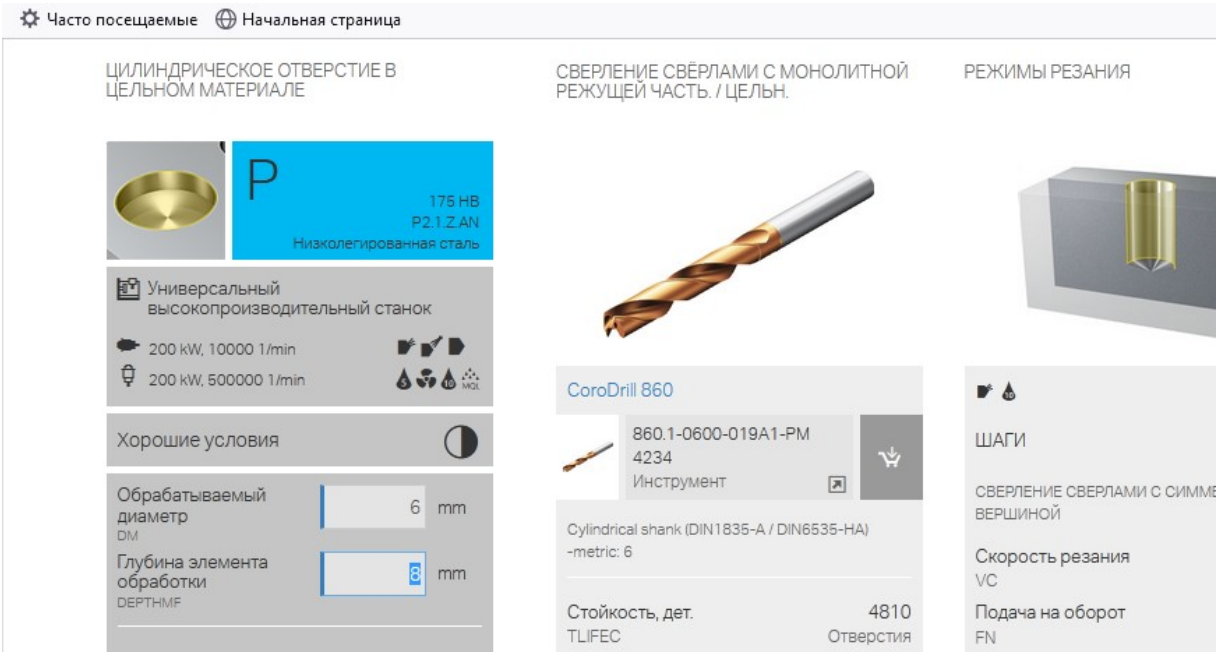
Свердло CoroDrill 862 862.1-4000-160A1- GN X2BM-4

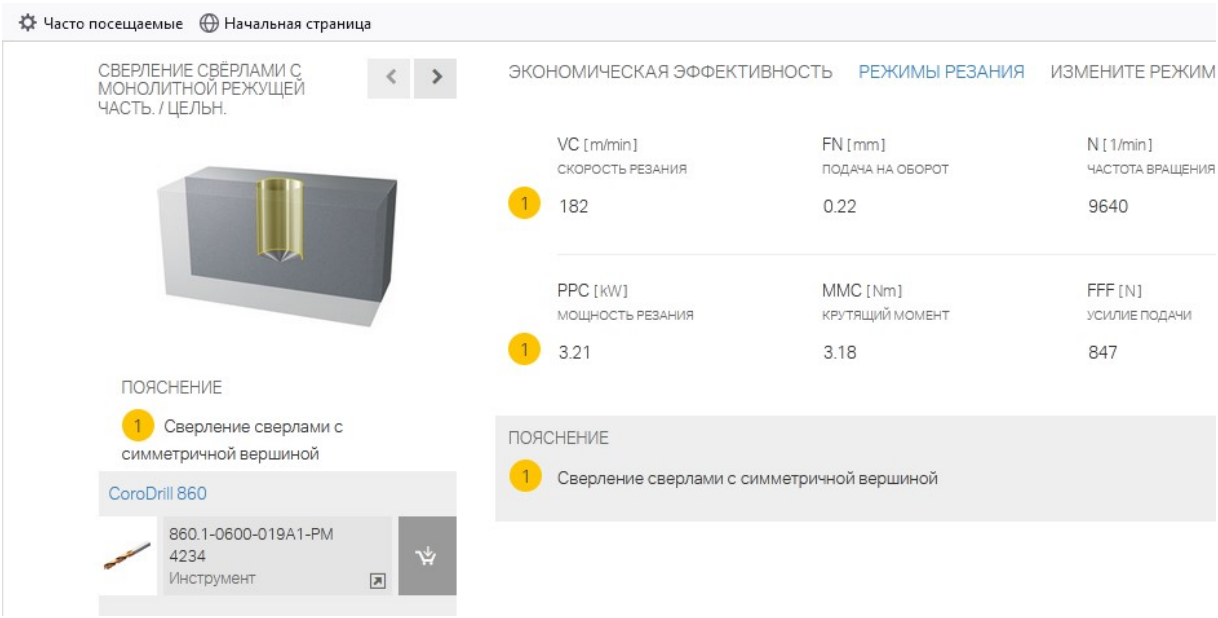




2.8.4 Центрування 15 отворів Ø6 мм

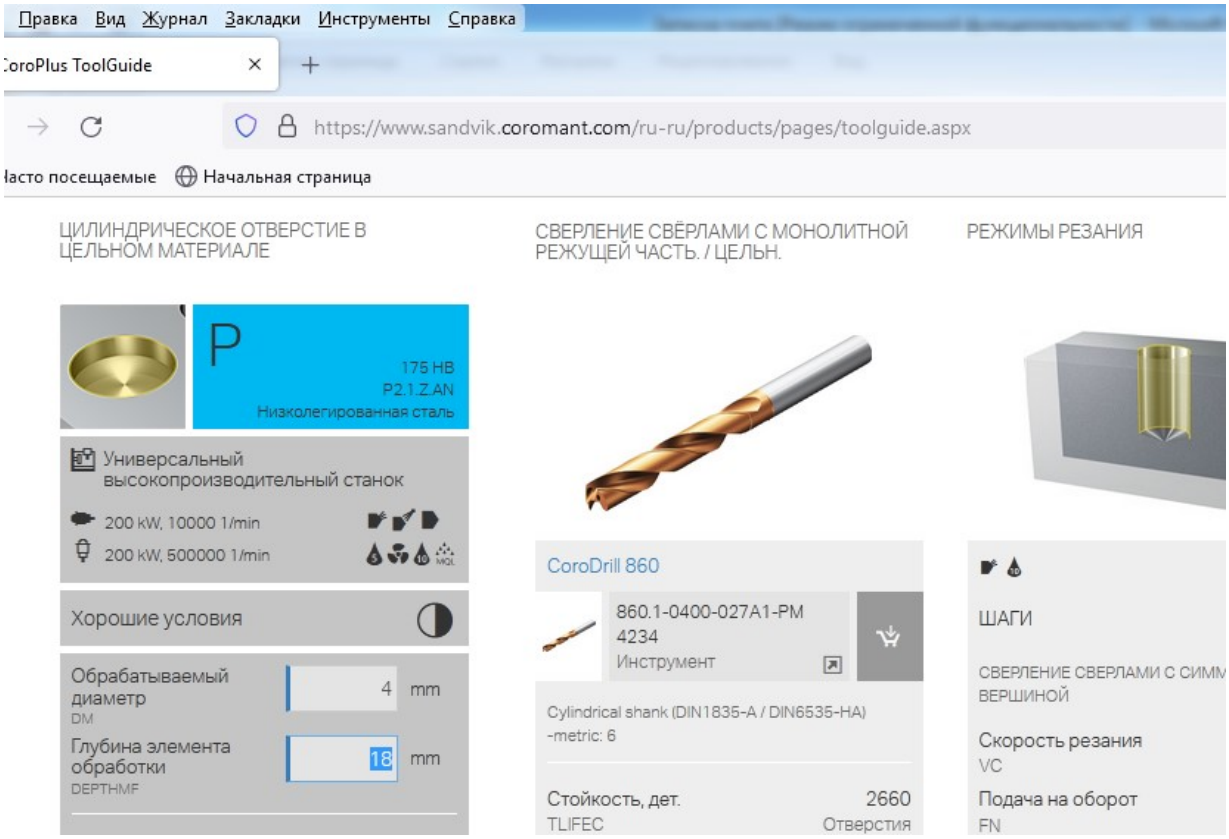
Свердло CoroDrill 860 860.1-0600-019A1- PM 4234

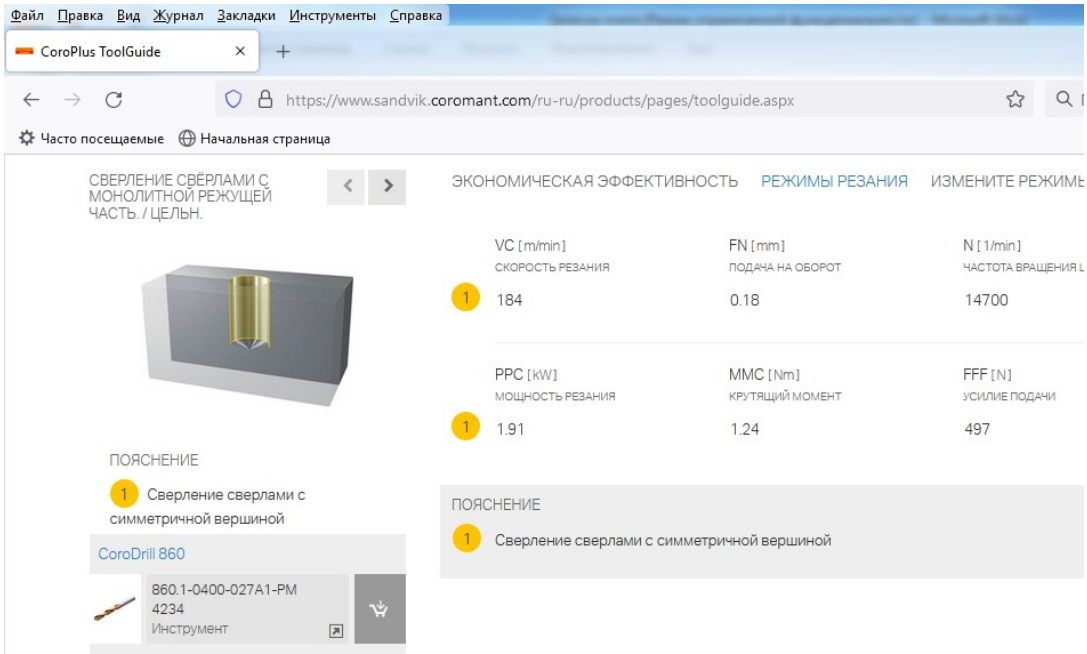




2.8.5 Свердлування 20 отв. Ø 4

Сверло CoroDrill 860 860.1-0400-027A1-PM 4234

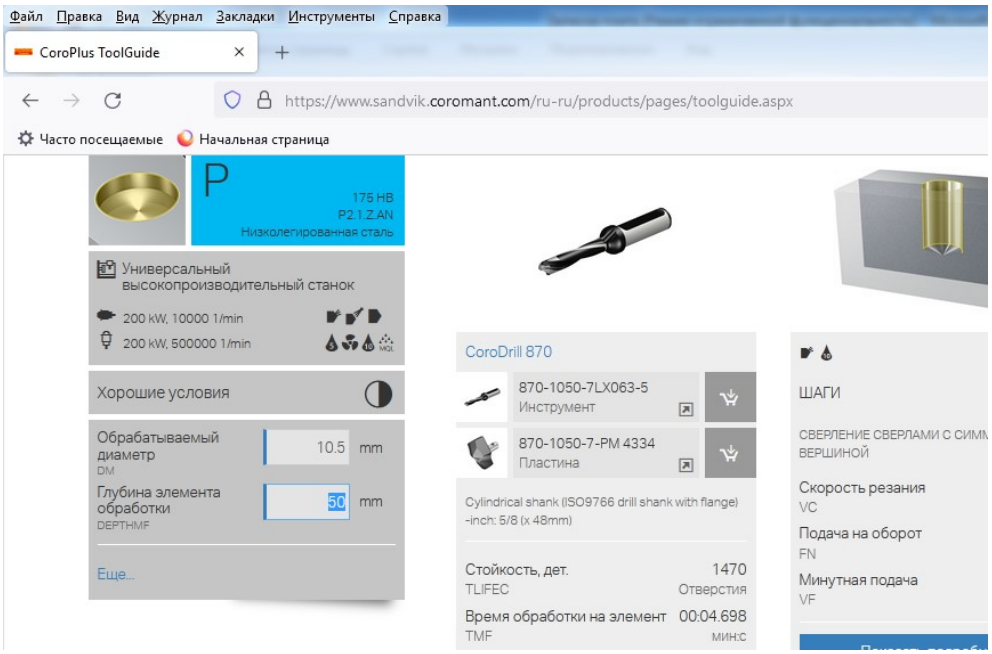


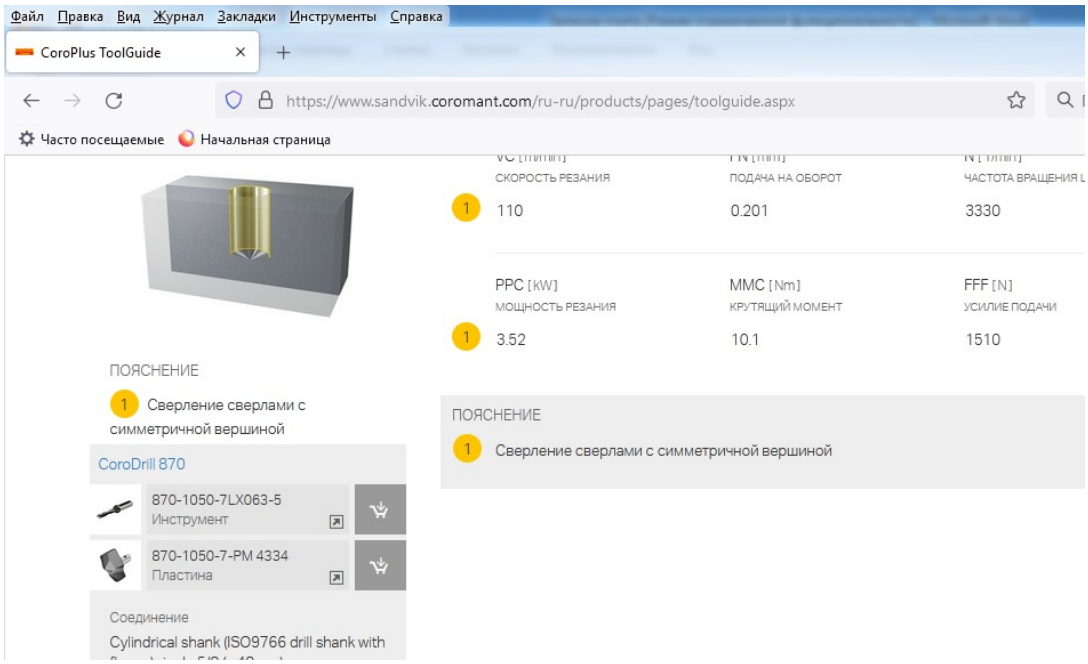


2.8.6 Свердлування Ø 15,4 (Ø16H7)

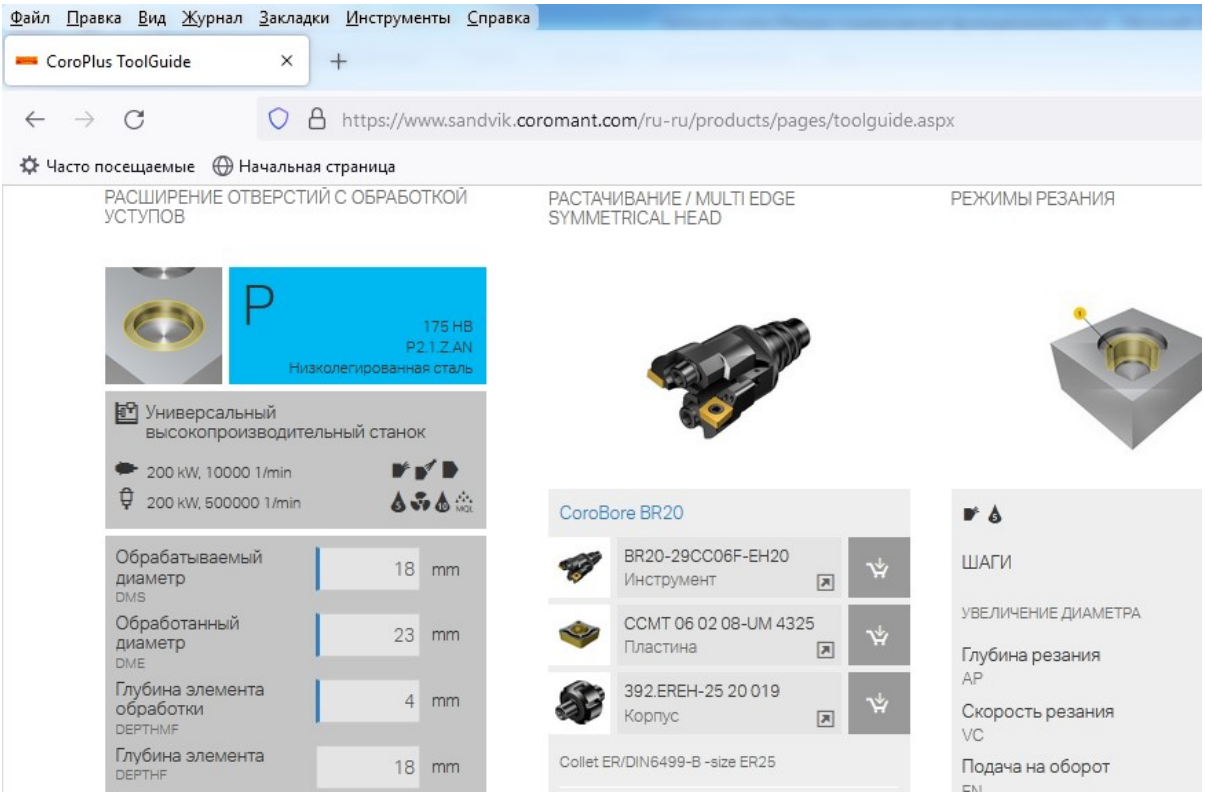
Сверло CoroDrill 870 870 –1500-15L20-3, пластина 870-1540-15-PM 4334

Сверло CoroDrill 870 870 –1050-7LX063-5, пластина 870-1050-7-PM 4334



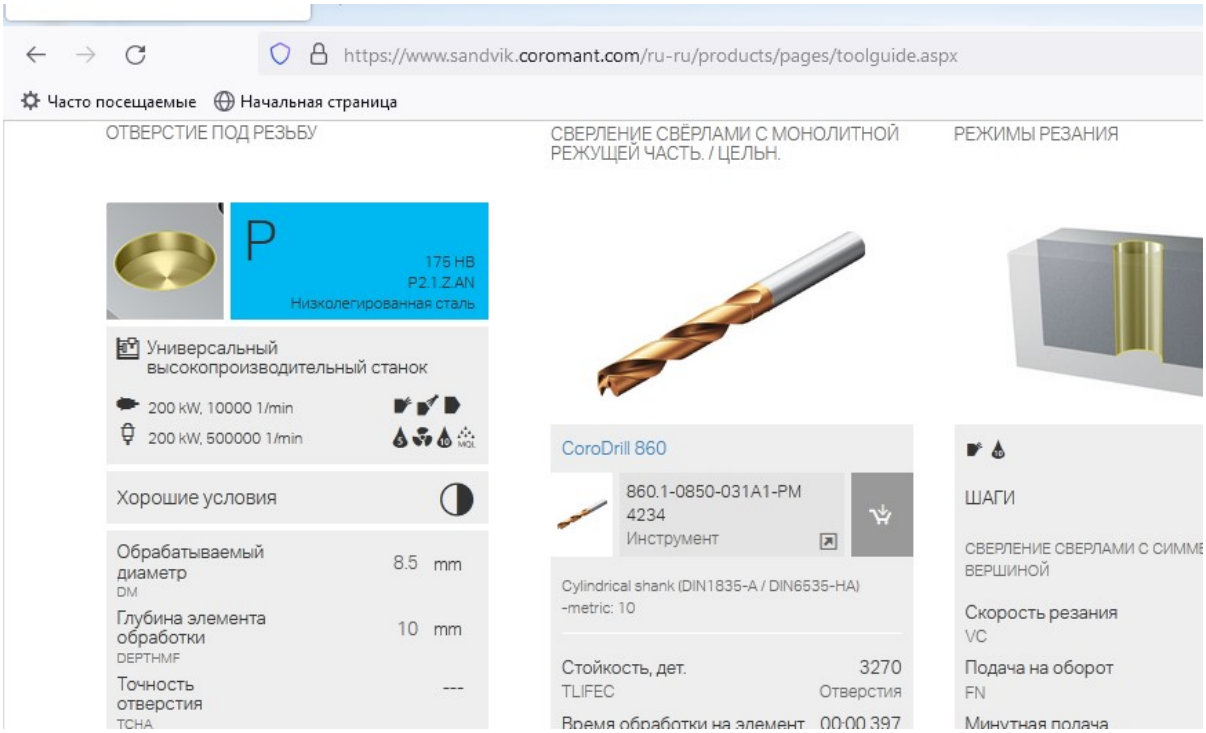


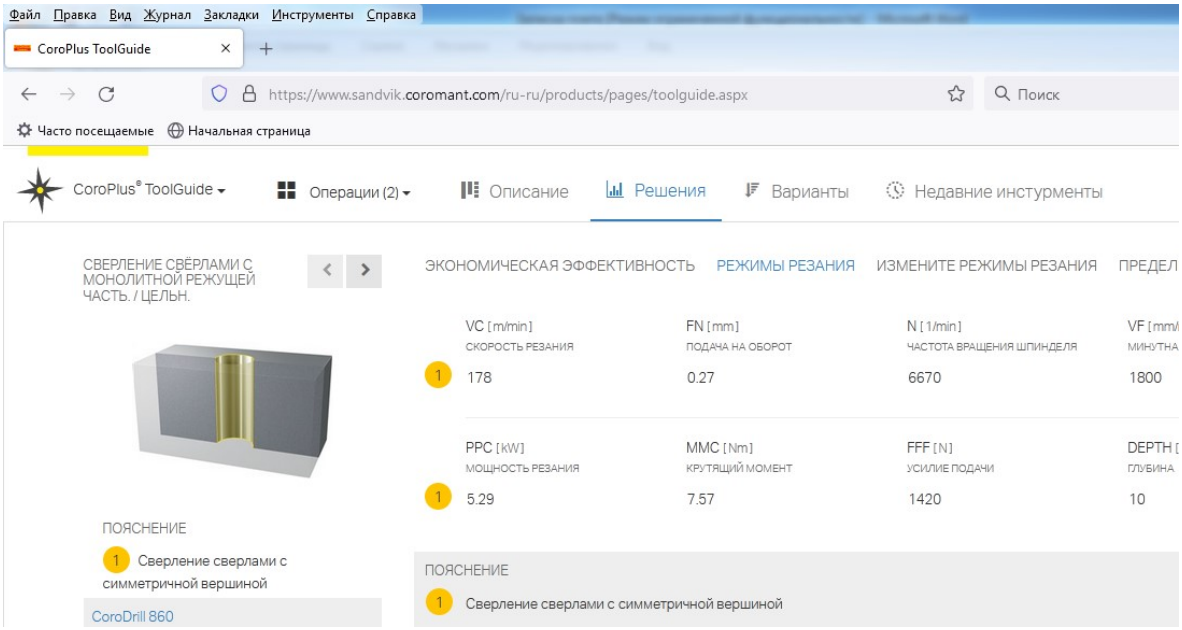
2.8.7 Розточування Ø 16 до Ø21мм



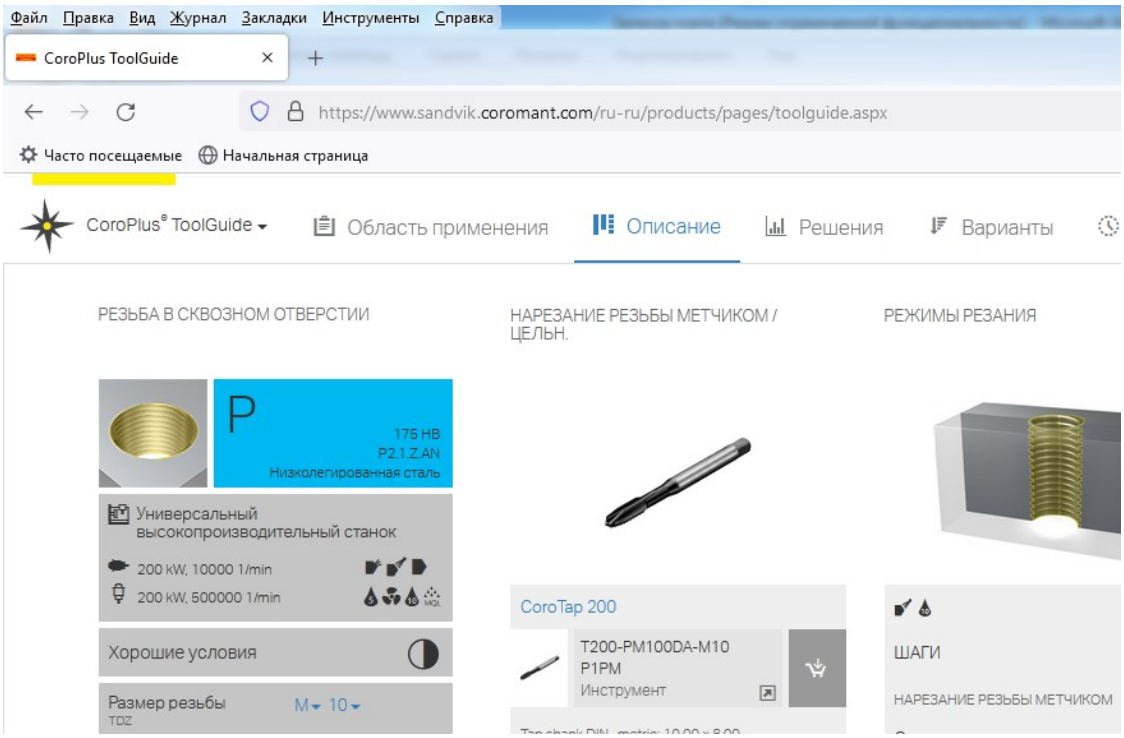
2.8.8 Свердлування Ø 8,5мм (під різьбу М10)

Свердло CoroDrill 860 860.1-0850-031A1- PM 4234





2.8.9 Нарізання різьби М10-7Н



Мітчик CoroTap 200 T200-PM100DA-M10 P1PM

Визначені режими різання приводимо у табл. 2.5

Таблиця 2.5 - Режими різання при обробці деталі "Плита"

№ оп.	Зміст операції	$t_{,,}$ мм	$S_{о,}$ мм/об	$Sz_{,}$ мм/зуб	$S_{хв,}$ мм/хв	$V_{о,}$ м/хв	$n_{д,}$ об/хв	$L_{р.}$ мм	$t_{о,}$ хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	Вертикально-фрезерна 1.Фрезерувати площину 1 основи начорно.	1,2	0,87	0,227	4000	289	4600	245	0,07
010	Вертикально-фрезерна 1.Фрезерувати площину2 основи начорно	1,2	0,87	0,227	4000	289	4600	245	0,07
	2.Фрезерувати площину 1 основи начисто	0,5	2,0	0,167	4000	397	1950	245	0,07
015	Вертикально-фрезерна 1.Фрезерувати бокову площину	0,75	0,8	0,1	880	345,4	1100	58	0,07
020	Плоскошліфувальна 1.Шліфувати площину основи1	0,3	16 м/хв.	20 мм/хід	0,01 мм	35	2500	450	0,1
025	Вертикально-фрезерна з ЧПК 1.Центрувати 20 отворів Ø4	2,0	0,05	-	315	81,6	3155	22	0,14
	2.Сверлувати 20 отворів Ø4,0	2,0	0.05	-	315	81,6	3155	22	0,08
	3.Центрувати 15 отворів Ø6	3,0	0,2	-	2120	182	9640	22	0,14
	4. Сверлувати 4 отвори Ø8,5	4,25	0,27	-	1800	178	6670	22	0,04
	5. Сверлувати отвір Ø7,8	3,9	0,27	-	1800	178	6670	22	0,04
	6.Свердлувати 4 отв. Ø10,5	5,25	0,1	-	315	14,86	3155	6	0,04
	7.Нарізати різьбу М10-7Н в 4-х отв.	0,4	0,45	-	400	6,28	800	14	0,140
	8.Розточити отв. Ø 8Н7	0,6	0,15	-	400	150,2	4000	7	0,018
	9.Свердлувати 4 отв. Ø15,6	5,25	0,1	-	315	14,86	3155	6	0,04
	12 Розточити отв. Ø 16Н7	0,3	0,1	-	400	173,2	4000	7	0,018
	13Розточити отв. Ø 12	0,1	0,05	-	250	219,8	5000	7	0,025

	15 Свердлувати отв Ø 16,0	8,0	0,25	-	125	23,55	800	7	0,056
	16.Розточити отв. Ø 21,0	1,0	0,1	-	600	339	6000	7	0,012
	17 Розточити отв. Ø 18,8 начисто	0,4	0,1	-	600	354	6000	7	0,012
	18 Фрезерувати 5 занижень	3,0	0,24	0,08	960	87,9	4000	13	0,054

2.9. Розрахунок технічних норм часу

Розрахунок норм часу на операцію 005 – Вертикально-фрезерна.

Штучно-калькуляційний час на операцію::

$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{п.з.}/n)$,

де $T_{шт.}$- штучний час;і, $T_{п.з}$ - підготовчо-заключний час; n - розмір партії.

Штучний час знаходиться:

$T_{шт.} = T_о + T_д + T_{обс.} + T_{відп.}$,

де $T_о$ – основний час на операцію; $T_д$ – час допоміжний; $T_{обс}$ – час , що затрачається на обслуговування робочого місця; $T_{відп.}$ - час на відпочинок робітника та власні потреби .

$T_{п.з}$ - підготовчо-заключний час на партію деталей. Включає затрати часу на одержання інструментів, документації, ознайомлення з кресленням, налагодженням верстата; здачу продукції і технологічної документації.

Основний час операції $T_о$ =2,685 хв.

Допоміжний час знаходиться як : $T_д = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}$,

де $T_{вст}$ – встановлення та знімання заготовки з верстата; $T_{з.о}$ – час на закріплення заготовки; $T_{кер}$ - час на прийоми управління; $T_{вим}$ – час для проведення контролю.

$T_{вст} + T_{з.о}$ = 0,18 хв.; $T_{кер}$ = 0,21 хв.; $T_{вим}$ = 0,20 хв.

$T_д$ = (0,18 + 0,21 + 0,20)×1,85 = 1,092 хв.

Час оперативний $T_{оп.} = T_о + T_д$

$T_{оп.} = 2{,}685 + 1{,}092 = 3{,}777$ хв.

Сумарний час на обслуговування місця робітника, перепочинок робітника і власні потреби:

$T_{об}+T_{від} = П_{об.від} \times ((T_о+T_в)/100)$,

де $П_{об.від}$ – заданий норматив часу, $П_{об.від} = 6$ %, [18], с.215

$T_{об}+T_{від}=0{,}06 \times ((2{,}685+1{,}092)/100 = 0{,}226$ хв.

Час штучний $T_{шт.}= 3{,}777 + 0{,}226= 4{,}0$ хв.

$T_{п.-з.} = 32$ хв.

Час штучно-калькуляційний $T_{шт.-к} = 4{,}0 + 32/50 = 4{,}64$ хв.

Всі норми часу для технологічного процесу обробки деталі "Плита" заносимо в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 – Норми часу при обробці деталі «Плита»

№ оп.	Назва операції	$T_{о.}$ хв	$T_{дод}$, хв.			$T_{оп.}$, хв.	$T_{обс..-від..}$ хв.	$T_{шт.}$ хв.	$T_{п-з}$ хв.	N, шт.	$T_{шт-к}$ хв.
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
005	Вертикально-фрезерна	0,14	0,15	0,18	0,25	1,028	0,062	1,08	32	1	1,73
010	Вертикально-фрезерна	0,133	0,15	0,18	0,25	1,021	0,061	1,08	32	1	1,73
015	Плоскошліфувальна	0,1	0,15	0,20	0,25	1,21	0,72	1,28	32	1	1,92
020	Вертикально-фрезерна з ЧПК	1,228	0,19	0,20	0,21	2,338	0,140	2,48	30	1	3,12
										Всього	8,50

2.10. Оформлення технологічної документації

На спроектований технологічний процес обробки деталі «Плита » оформляється маршрутні карти, карти ескізів та операційні карти. Технологічна документація приведена у додаткові Б

2.11 Створення програми оброблення деталі «Плита» у програмі Esprit

При розробленні програми для обробки деталі здійснюються наступні дії:

1.Створено 3D модель деталі «Плита» у програмі SolidWorks та виконане її завантаження у середовище Esprit (Рис.4.6)

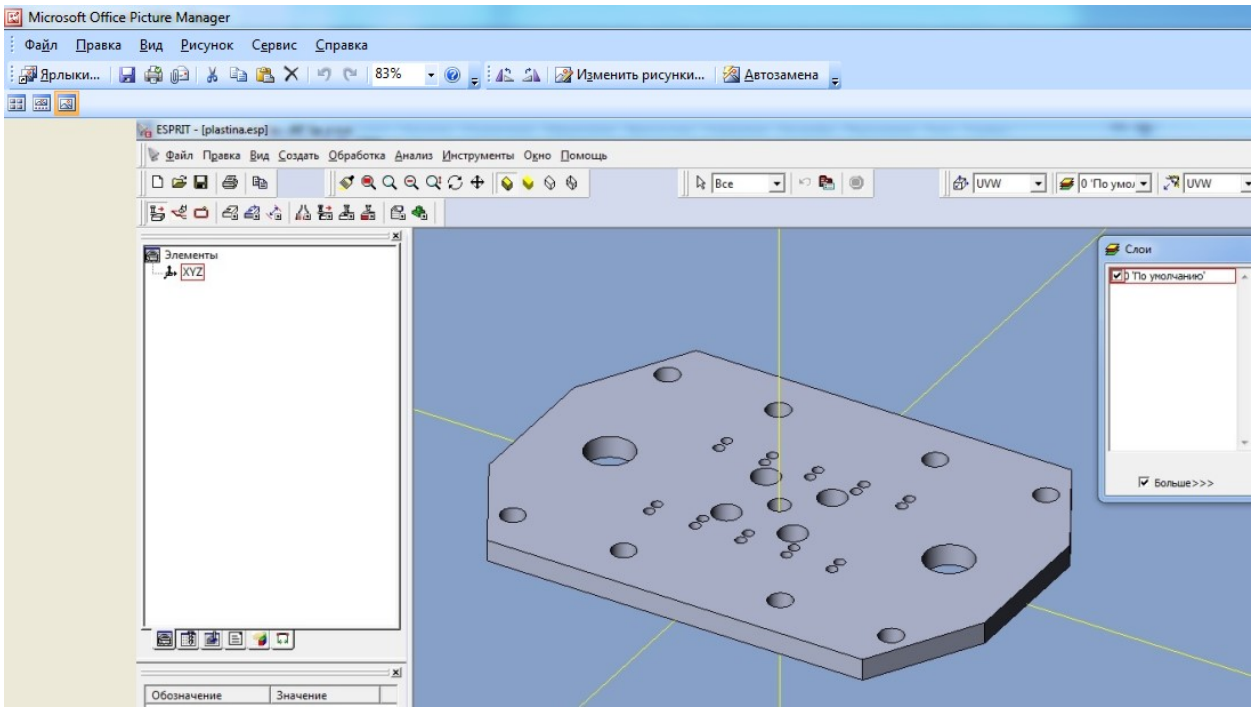


Рис. 2.5 - 3D модель деталі

2. Зроблено розпізнавання частин профілю

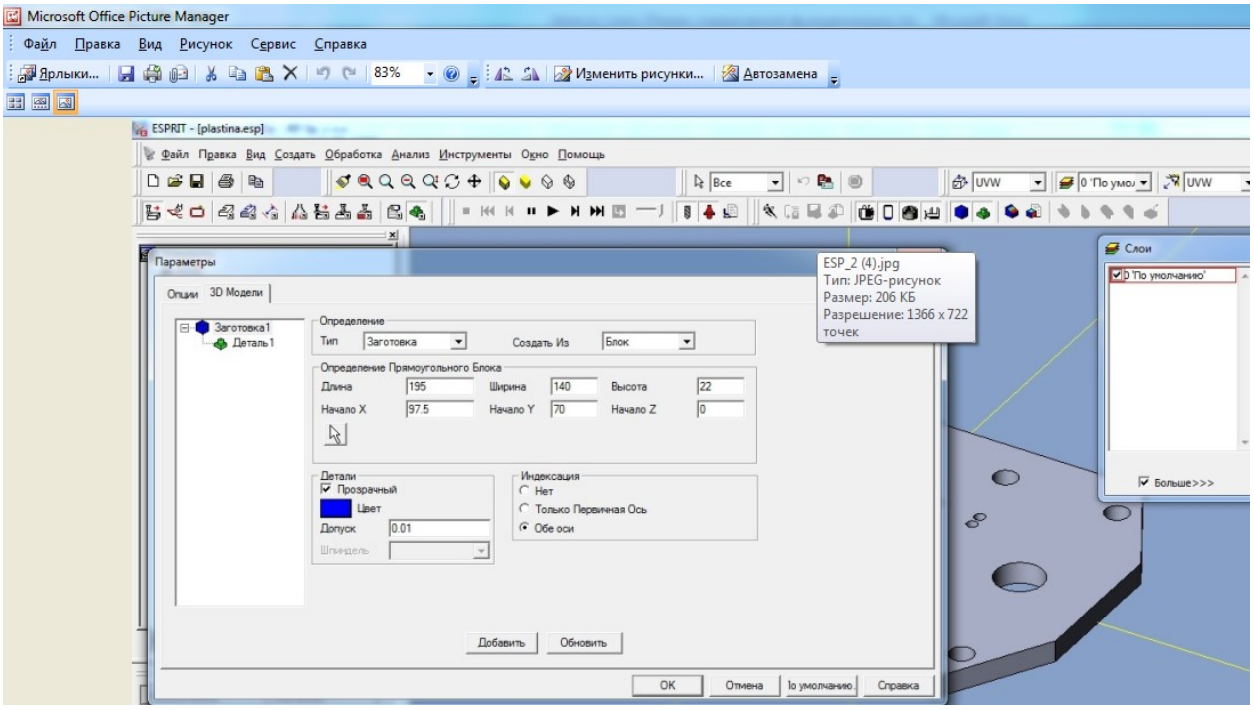


Рис. 2.6 – Розпізнавання частин профілю

3. Вибір типу оброблення

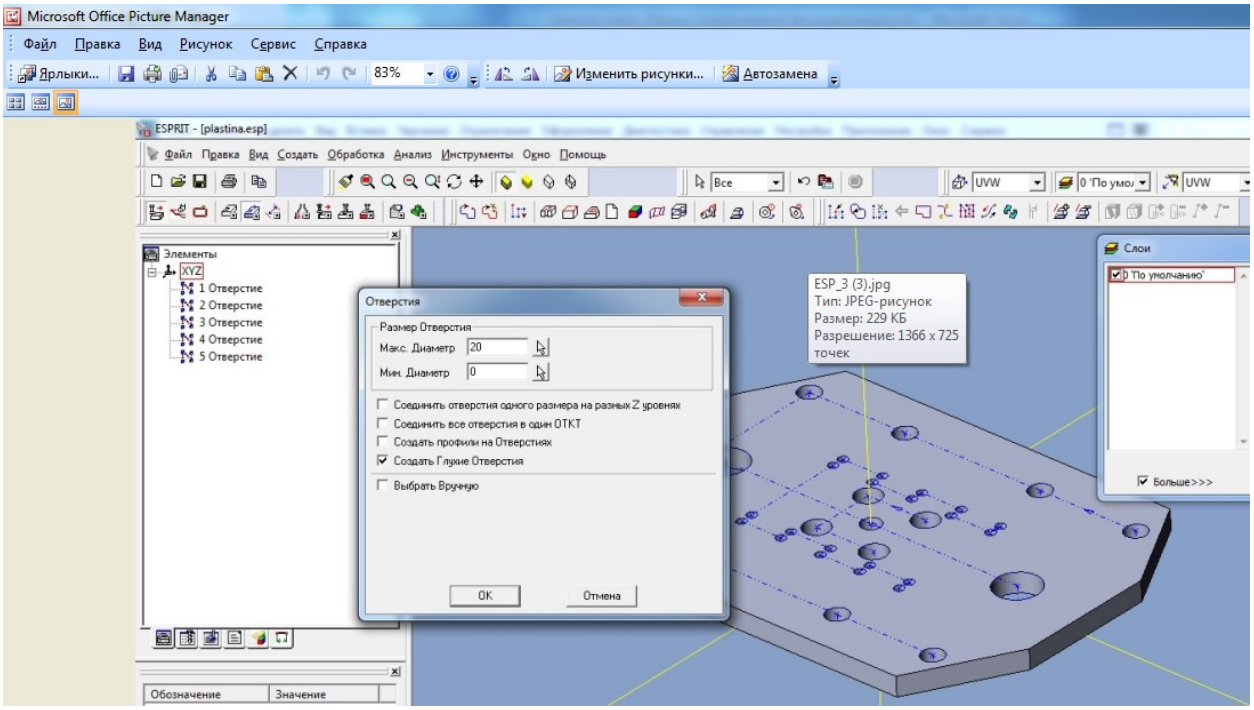


Рис. 2.7 – Вибір типу оброблення

4. Вибір різального інструменту і його параметрів

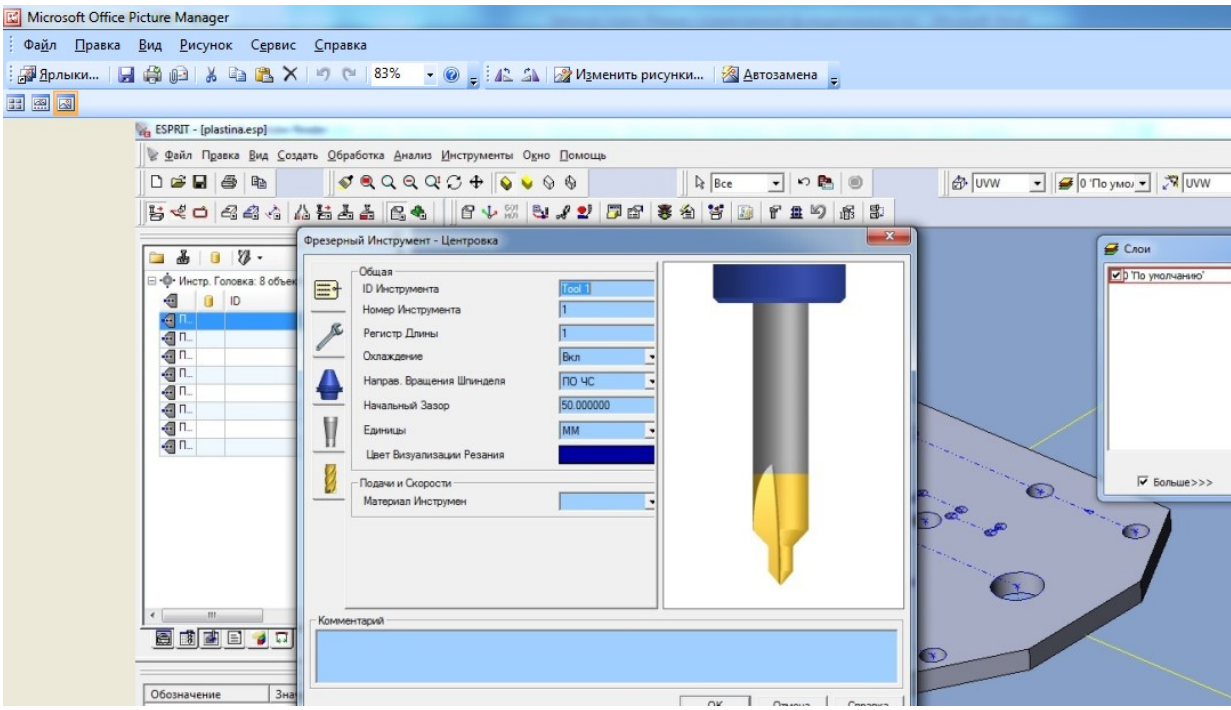


Рис. 2.8 – Вибір різального інструменту

5 . Вибір стандартного типу оброблення

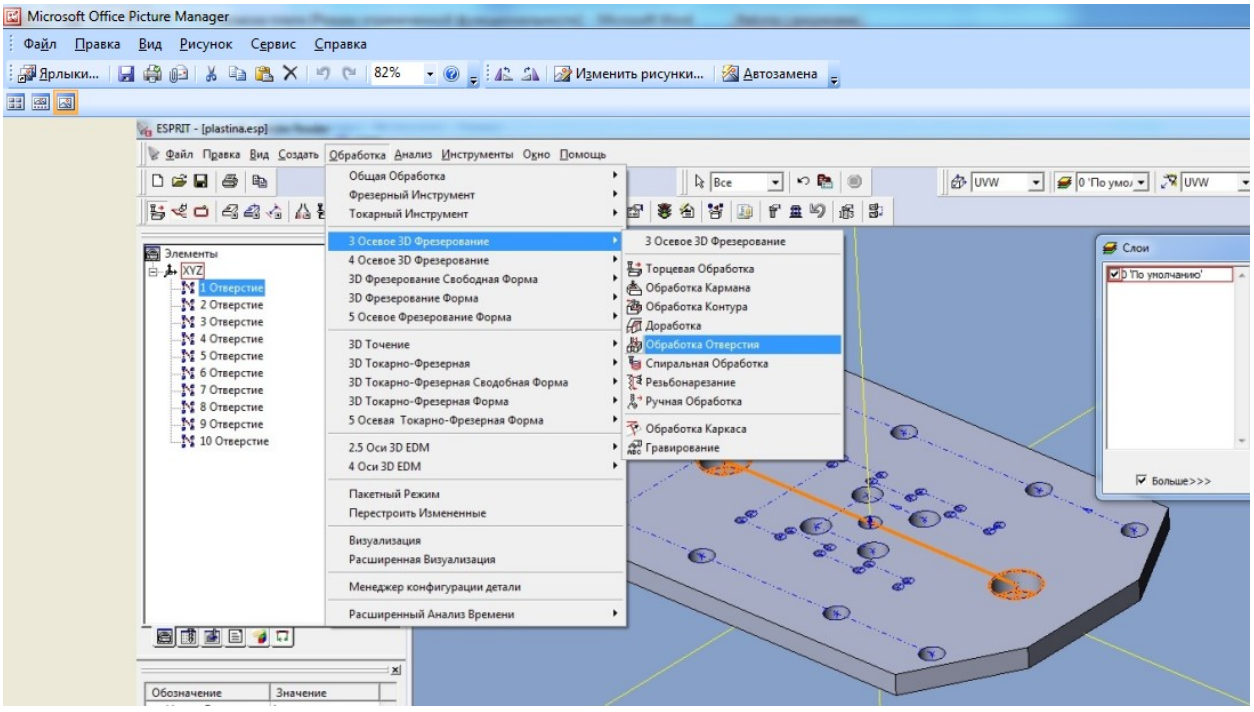


Рис. 2.9 – Вибір стандартного типу оброблення

6.Вибір режимів різання

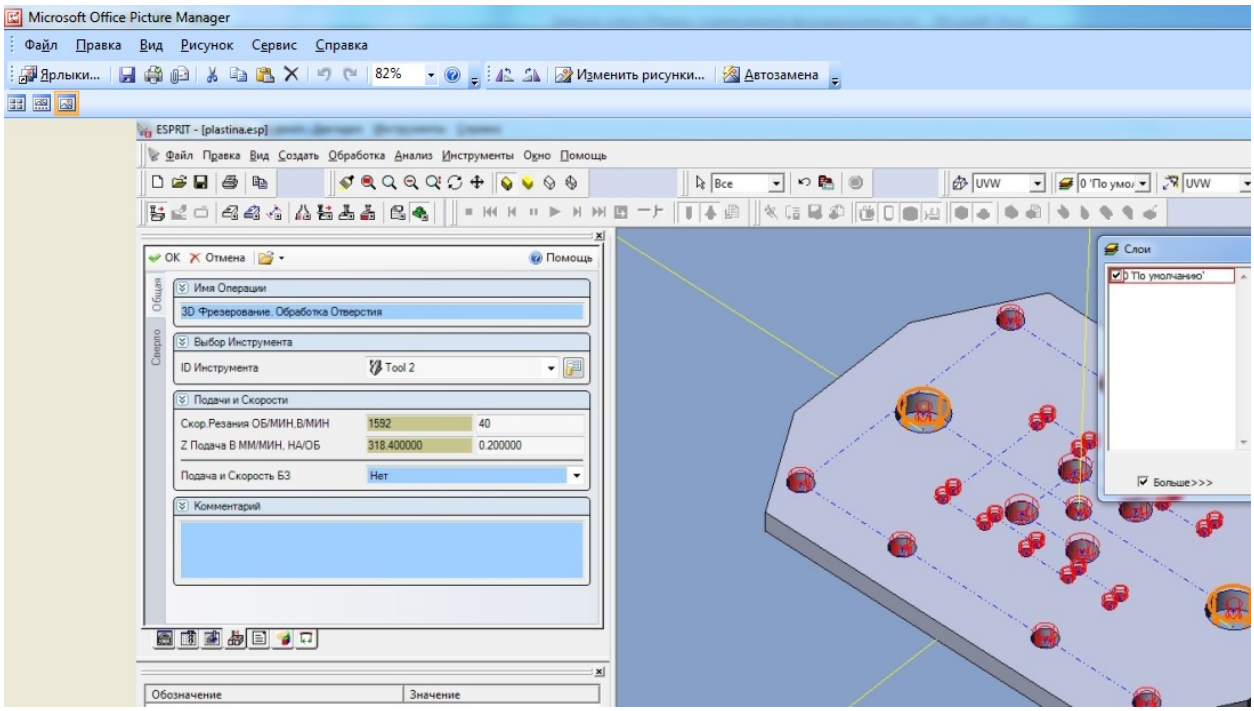


Рис. 2.10- Вибір режимів різання

7.Траекторія руху інструменту

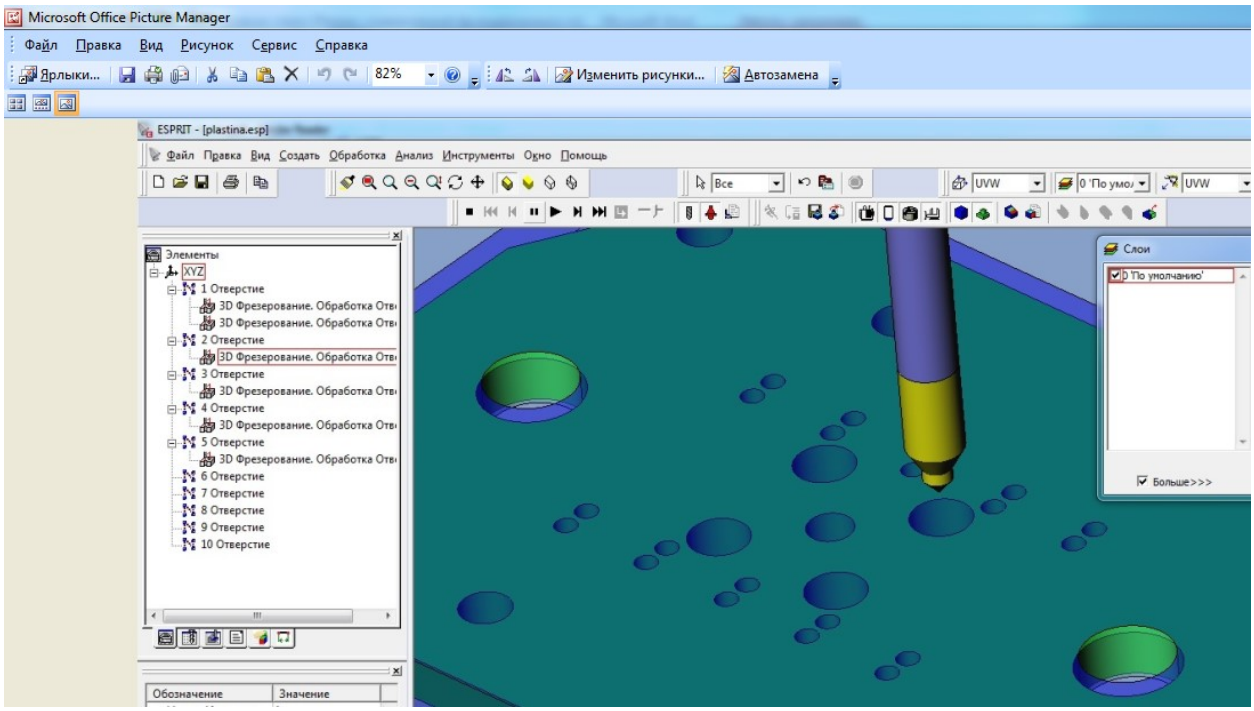


Рис. 2.11 – Траекторія руху інструменту

8.Вибір постпроцесора обробки

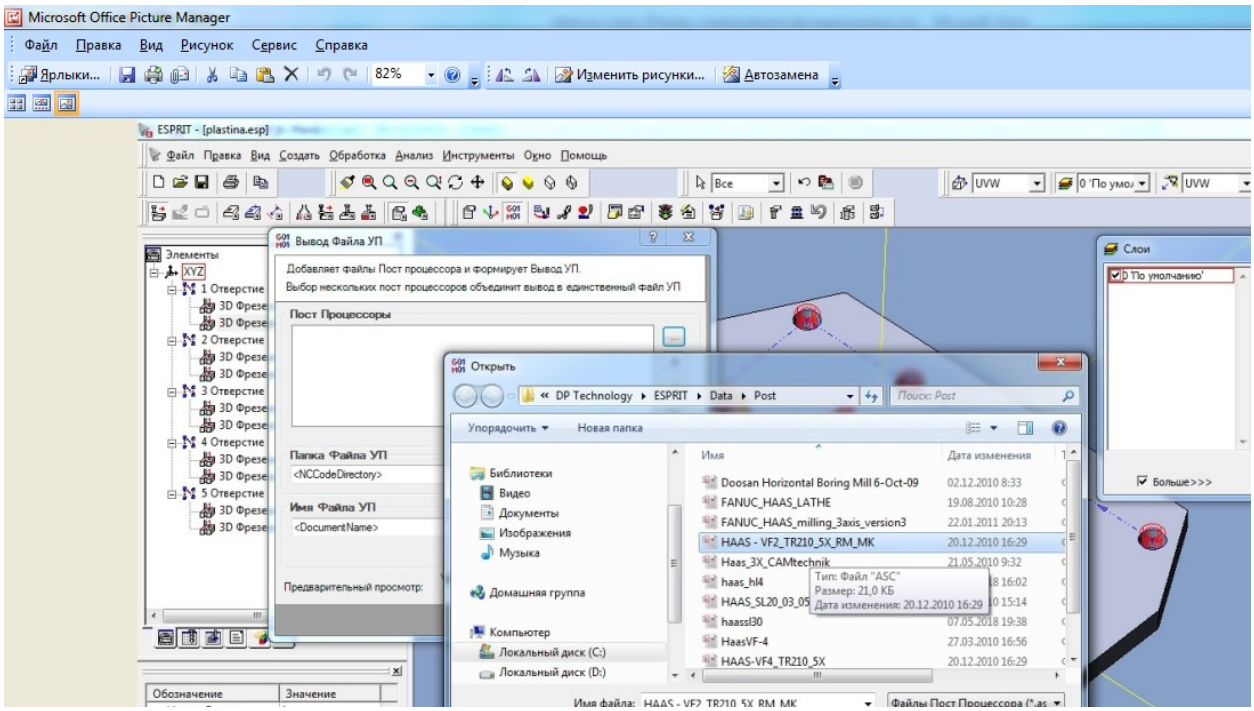


Рис. 2.12 – Вибір постпроцесора

9.Програма обробки контуру деталі «Плита» в редакторові ESPRIT

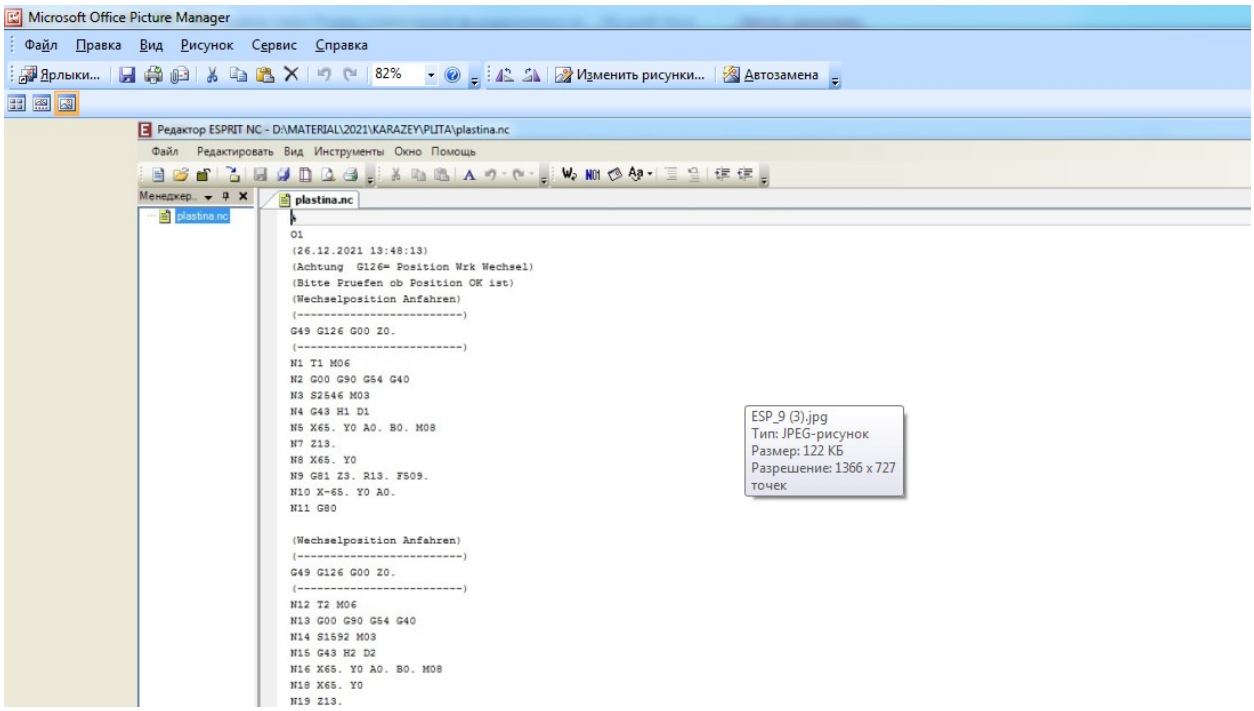


Рис.2.13 - Програма обробки в редакторові ESPRIT

3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристрою для фрезерування площини основи плити

3.1.1 Вибір схеми базування

Для фрезерування площини основи деталі плита вибираємо схему встановлення заготовки по необробленим зовнішнім поверхням. Схема базування заготовки приведена на рис. 3.1.

При встановленні заготовка втрачає всі 6 степені вільності (рис. 3.1), обробка поверхні ведеться на прохід.

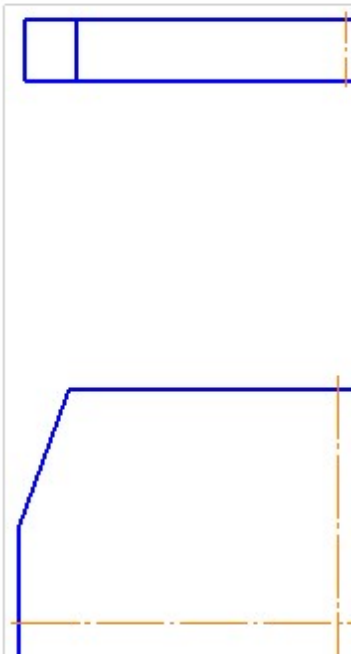


Рис. 3.1 - Схема базування заготовки при фрезеруванні площини основи

3.1.2. Вибір установочних елементів

Установочними елементами являються плоскі затиски та три циліндричні пальці з плоскими поверхнями.

3.1.3. Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення точності оброблення поверхні основи плити в розмір 20, мусить виконуватись така умова:

$$\varepsilon_{доп.} \geq \varepsilon_{у} \ ,$$

де $\varepsilon_{доп.}$ – помилка оброблення, що допускається,

$$\varepsilon_{доп.} = T - \kappa \cdot \omega ;$$

де ω – точність оброблення на верстаті , ω = 0, 01 мм;

T – допуск на розмір оброблення, T = 200 мкм;

k – коефіцієнт, що враховує поправку, k = 1,0 … 1,1 [12].

$$\varepsilon_{доп.} = 320 - 1{,}1 \cdot 10 = 309 \text{ мкм}$$

$\varepsilon_{у}$ – похибка встановлення заготовки, при встановленні заготовки на постійні опори $\varepsilon_{у}$ = 110мм. [7], табл. 4.

Умова $\varepsilon_{доп.} \geq \varepsilon_{у}$ (309 > 110) здійснюється, тому точність оброблення забезпечується.

3.1.4. Розрахунок сили затиску

При фрезеруванні площини основи на заготовку впливають: колове зусилля різання P_Z та сили тертя F_{T1} , що виникають на опорних поверхнях заготовки .

Схема затискування заготовки представлена на рис. 3.2. Зусилля різання може перемістити заготовку в напрямкові поздовжнього переміщення стола, цьому переміщенню протистоять сили тертя F_{T1} .

Рівняння рівноваги заготовки при обробленні буде мати вигляд:

$$k \cdot P_z \geq F_{T1}\,, \qquad (1)$$

де F_{T1} - сили тертя, що виникають на бокових поверхнях заготовки та затискних елементах пристрою;

$$F_{T1} = W \cdot \sin\alpha \qquad (2)$$

де W - сила затискування заготовки; f_1 - коефіцієнт тертя, при рифленій затискній поверхні плоскої губки f_1= 0,2 [10], с.266, k – загальний коефіцієнт запасу.

Загальний коефіцієнт запасу знаходиться із за формули:

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

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу надійності, враховує неточність розрахунків k_0 =1,2 [10], с.267;

k_1 – коефіцієнт, що враховує властивості технологічної бази, тобто випадкових нерівностей на поверхні заготовки, k_1 =1.3 [10], с.267;

k_2 – коефіцієнт, враховуючий можливе зростання зусилля різання від прогресуючого затуплення різального інструменту, k_2 =1,0 [10], с.267;

k_3 – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, k_3 =1,05 [10],с.267;

k_4 – коефіцієнт, що враховує допустиму похибку затискного пристрою з точки зору постійності сил, k_4 =1,0 [10],с.268;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток керування в затискних пристроях, k_5 =1,0;

k_6 – коефіцієнт, що враховує розміри поверхні базування деталі k_6 =1,0 [10],с.268.

$$k = 1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 = 1{,}63.$$

Підставивши вирази для визначення сил тертя та зусилля затиску у формули (10 та (2) отримаємо:

$$4\mathrm{W} \cdot f_1 = kP_Z\,, \qquad (3)$$

З формули (3) визначаємо зусилля затиску W:

$$W = \frac{P_Z}{4\mathrm{f}_1}\,. \qquad (4)$$

Зусилля різання P_Z приймаємо на базі визначення режиму різання при фрезеруванні P_z =1421 Н.

Підставивши значення зусилля різання, отримаємо:

$$W = \frac{1{,}63 \cdot 1421}{2 \cdot 0{,}2} = 5790 \text{ Н.}$$

3.1.5 Розрахунок приводу пристрою.

Схема механізму затиску наведена на рис. 3. 2 . Затиск заготовки забезпечується пневматичною камерою, що створює зусилля затиску.

Зусилля на штокові Q для отримання зусилля затиску W , знаходиться згідно формули:

$$Q = W \frac{l_1}{l_2} + 4\text{q} \qquad (5)$$

Де l_1, l_2 – плечі важеля, l_1 = 60 мм, l_2 = 30 мм; q - зусилля циліндричної пружини, що повертає важіль у початкове положення. Приймаємо q = 50Н.

$$Q = 5790 \cdot \frac{60}{30} + 4 \cdot 50 = 11781{,}0 \text{ Н.}$$

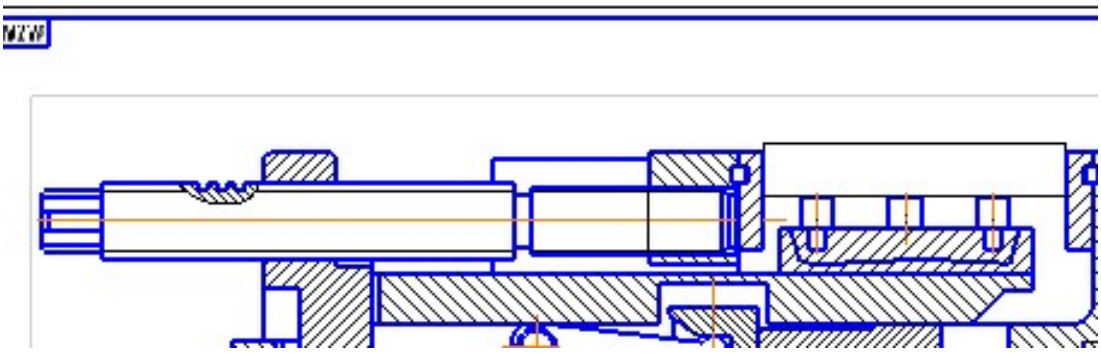


Рис. 3.2 – Схема механізму затиску

Вихідне зусилля на штокові при крайньому положенні (при затискові) визначається за формулою :

$$Q = 0{,}7\, d^2 p, \qquad (6)$$

де d – діаметр тарілки пневматичної камери; p – питомий тиск повітря у пневмосистемі,

$p = 0{,}63 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$.

Тоді $d_T = \sqrt{\dfrac{Q}{0{,}7 \cdot p}} = \sqrt{\dfrac{11781}{0{,}7 \cdot 0{,}63 \cdot 10^6}} = 0{,}163$ м.

Приймаємо згідно ГОСТу діаметр мембрани 200 мм [11],с.239

Схема розрахунку показана на рис. 3.3.

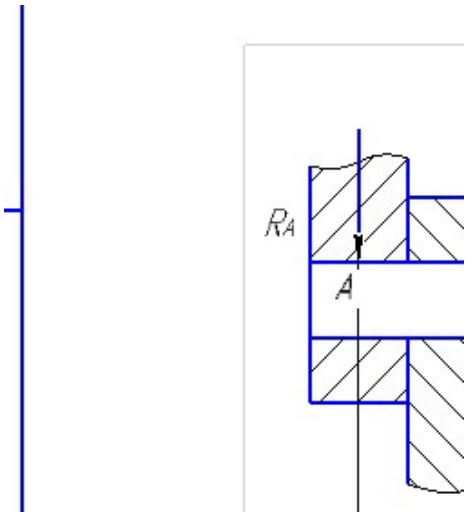


Рис. 3.3 – Розрахункова схема

Зусилля на вісі: $Q = 5790$ Н;

Реакції в опорах:

$$R = \frac{Q}{2} = \frac{5790}{2} = 2895\ H$$

Момент згину

$$M_{зг} = R \cdot \frac{l}{2}$$

де l – довжина вісі, конструктивно приймаємо l = 60 мм;

$$M_{зг} = 2895 \cdot \frac{0{,}06}{2} = 86{,}85 \text{ Н м}$$

Напруження при згині має відповідати умові:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W}[\sigma]_{зг} \qquad (7)$$

Де W - момент опору розрахункового січення при згині,

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$$

Де d – діаметр вісі, приймаємо d = 20 мм.

$$W = \frac{3{,}14 \cdot 0{,}02^3}{32} = 7{,}85 \cdot 10^{-7}\, м^3$$

$$\sigma_{зг} = \frac{86{,}85}{7{,}85 \cdot 10^{-7}} = 110{,}636\,\text{Н/м}^2$$

Для вісі із матеріалу сталь 45 допустиме напруження згину становить 150 МПа, умова міцності виконується.

3.1.7 Опис конструкції і роботи пристрою

Базовою деталлю пристрою являється литий чавунний корпус, в якому розташовується пневматичний привід та механізм, що здійснює затиск заготовки. Зверху оброблена площина, де встановлені напрямні для переміщення рухомої губки.

При подачі стиснутого повітря у без штокову порожнину пневматичного приводу циліндричний шток рухається вверх та обертає довкола вісі важіль. Важіль пересуває повзун з рухомою губкою і відбувається затискування заготовки.

Для розтискування заготовки , повернення мембрани пневматичної камери у початкове положення, рухові рухомої губки вправо служать циліндричні пружини.

3.2 Проектування пристрою для оброблення отворів

3.2.1 Вибір схеми базування

Так як деталь має форму паралелепіпеда, вибираємо схему базування по трьом площинам (в координатний кут), при такому встановленні заготовка втрачає всі 6 степенів вільності. Схема базування заготовки приведена на рис. 3. Основною базою являється оброблена начисто площина основи плити, напрямною базою служить бокова поверхня деталі, опорною базою являється торцева (коротша) поверхня деталі.

Рис.3.4 – Схема базування заготовки

3.2.2 Вибір установочних елементів

Установочними елементами для деталі являються опорні пластини, виконані на установочній плиті [11].

Установочними елементами для бокових поверхонь є плоскі пластини, розміщені під прямим кутом. На основній базі (площина основи) розміщено дві установочних пластини таким чином, щоб забезпечити найбільш стійке положення заготовки,

3.2.3 Розрахунок пристрою на точність

Для забезпечення точності оброблення отворів по координатах мусить виконуватись така умова:

$$\varepsilon_{доп.} \geq \varepsilon_{y} \ ,$$

де $\varepsilon_{доп.}$ – помилка оброблення, що допускається,

$\varepsilon_{доп.} = T - \kappa \cdot \omega$;

де ω – точність оброблення на верстаті , ω = 0, 01 мм;

T – допуск на розмір оброблення, T = 100 мкм;

k – коефіцієнт, що враховує поправку, k = 1,0 … 1,1 [12].

$$\varepsilon_{доп.} = 100 - 1{,}1 \cdot 10 = 89 \text{ мкм}$$

ε_y – похибка встановлення заготовки, при встановленні заготовки на постійні опори і чисто оброблену (шліфовану) поверхню ε_y = 70мм. [7], табл. 4.

Умова $\varepsilon_{доп.} \geq \varepsilon_y$ (89 > 70) здійснюється, тому точність оброблення забезпечується.

3.2. 4 Розрахунок сили затиску

Схема дії сил при обробці отворів у плиті представлена на рис. 3.2.

Зусилля різання може перемістити заготовку в напрямкові поздовжнього переміщення стола, цьому переміщенню протистоять сили тертя F_{T1} .

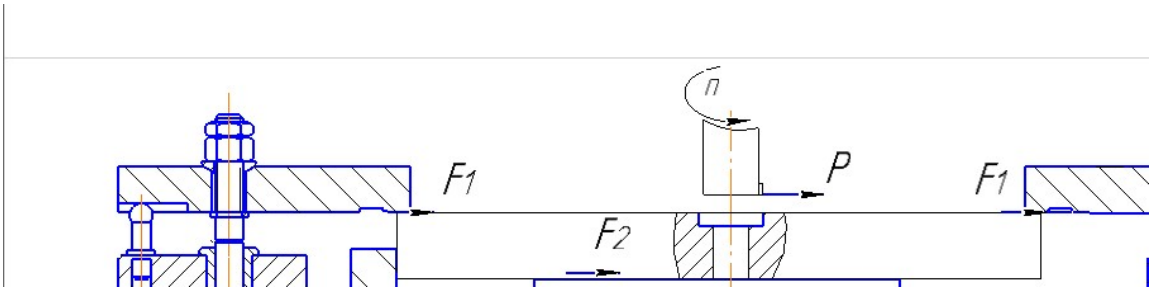


Рис. 3.5 – Розрахунок сили затиску

Рівняння рівноваги заготовки при обробленні буде мати вигляд:

$$k \cdot P_z \geq (F_{T1} + F_{T2}), \quad (1)$$

де F_{T1} , F_{T2} - сили тертя, що виникають на бокових поверхнях заготовки та затискних елементах пристрою;

$$F_{T1} = W \cdot f_1, F_{T2} = W \cdot f_2 \quad (2)$$

де W - сила затискування заготовки; f_1 - коефіцієнт тертя на плоскій затискній поверхні притиска f_1 = 0,1[10], f_2 - коефіцієнт тертя на обробленій поверхні заготовки f_2 = 0,1[10], , k – загальний коефіцієнт запасу.

Сила P_Z - кругова сила, що виникає при розточуванні отвору найбільшого діаметра на заготовці. P_Z = 437,4 Н

Загальний коефіцієнт запасу знаходиться із за формули:

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

де k_0 – гарантований коефіцієнт запасу надійності, враховує неточність розрахунків k_0 =1,2 [10], с.267;

k_1 – коефіцієнт, що враховує властивості технологічної бази, тобто випадкових нерівностей на поверхні заготовки, k_1 =1.3 [10], с.267;

k_2 – коефіцієнт, враховуючий можливе зростання зусилля різання від прогресуючого затуплення різального інструменту, k_2 =1,0 [10], с.267;

k_3 – коефіцієнт, що враховує умови оброблення, k_3 =1,05 [10],с.267;

k_4 – коефіцієнт, що враховує допустиму похибку затискного пристрою з точки зору постійності сил, k_4 =1,0 [10],с.268;

k_5 – коефіцієнт, що враховує зручність розташування рукояток керування в затискних пристроях, k_5 =1,0;

k_6 – коефіцієнт, що враховує розміри поверхні базування k_6 =1,0 [10],с.268.

$$k = 1{,}2 \cdot 1{,}3 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}0 \cdot 1{,}2 = 1{,}63.$$

Підставивши вирази для визначення сил тертя та зусилля затиску у формули (10 та (2) отримаємо:

$$2\mathrm{W} \cdot f_1 + 2W \cdot f_2 = kP_Z , \qquad (3)$$

З формули (3) визначаємо зусилля затиску W:

$$W = \frac{P_Z}{4(f_1 + f_2)}, . \qquad (4)$$

Підставивши значення зусилля різання, отримаємо:

$$W = \frac{1{,}63 \cdot 437{,}4}{4(0{,}1 + 0{,}1)} = 891{,}2 \text{ Н.}$$

3. 5 - Розрахунок механізму затиску пристрою.

Розрахункова схема силового приводу пристрою показана на рис. 3.3. Зусилля затиску Q створюють два притиски, що переміщуються у вертикальному напрямку за допомогою гідравлічних циліндрів.

Схема механізму затиску наведена на рис. 3.3.

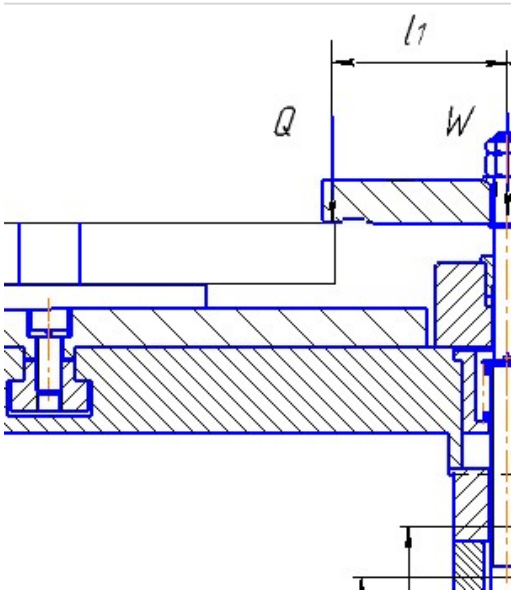


Рис. 3. 6 - Схема механізму затиску заготовки

Зусилля Q створюється за допомогою клиноплунжерного механізму і гідравлічного циліндру.

Зусилля на штокові:

$$Q = (W\frac{l_1}{l_2 \cdot \eta} + q)\left[tg(\alpha + \varphi_1\right] + tg\varphi_2) \cdot \frac{1}{\eta}, \qquad (5)$$

де l_1, l_2 - плечі, α – кут скосу клина; $tg\varphi_1$ – коефіцієнт тертя на клинові; $tg\varphi_2$ – коефіцієнт тертя в направляючих штока; η – коефіцієнт, що враховує втрати від тертя в шарнірах, q – зусилля пружини, що повертає притиск в початкове положення.

$l_1 = 45$ мм, $l_2 = 25$ мм; $\alpha = 10^0$; $tg\varphi_1 = 0{,}15$; $tg\varphi_2 = 0{,}1$; $\eta = 0{,}9$.

$q = 100$ Н.

$$Q = (891{,}2\frac{45}{25 \cdot 0{,}9} + 100)\left[tg(10 + 9{,}4)\right] + 0{,}1) \cdot \frac{1}{0{,}9} = 945{,}8 \text{ Н.}$$

Зусилля на штокові гідроциліндра

$$Q = \frac{\pi \cdot D_ц^2}{4} \cdot p - P_{пр}, \qquad (6)$$

де $P_{пр}$ – зусилля повертаючої пружини, $P_п$ = 200 Н, p – питомий тиск в гідравлічній системі, p = 6,3 МПа.

Звідси визначаємо $D_ц = \sqrt{\frac{4Q + P_{пр}}{p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 945{,}8 + 200}{6{,}3 \cdot 10^6}} = 0{,}025$ м

Приймаємо значення по ГОСТ $D_Ц$ = 40 мм.

3.2.6 Розрахунок елементів пристрою на міцність.

Розраховуємо різьбове з`єднання, за допомогою якого поршень кріпиться на штокові.

Умова міцності різьби:

$$\frac{\pi d_1^2}{4}\left[\sigma_p\right] = W, \qquad (7)$$

де d_1 –діаметр різьби внутрішній, d_1 = 7,0мм;

$\lfloor\sigma_p\rfloor$ - напруження розтягування допустиме, $\lfloor\sigma_p\rfloor$ = 95 МПа.

$$d_{1\,розр} = \sqrt{\frac{4W}{\pi\left[\sigma_p\right]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 945}{3{,}14 \cdot 95 \cdot 10^6}} = 0{,}001 \text{ м.}$$

$d_{1\,розр} < d_1$ - умова міцності виконується.

3.2.7 Опис конструкції і роботи пристрою

Пристрій для свердлування , на якому виконуються операції оброблення отворів, складається із корпуса коробчастої форми, на верхній площині якого встановлено два пальці для базування деталі.

У корпусі закріплено два гідроциліндри. Шток гідроциліндра при рухові вперед зміщує вниз втулку, торець якої виконаний під кутом. Втулка переміщує

вниз тягу із встановленим притиском. При подачі гідравлічної рідини у штокову порожнину циліндра оправка переміщується вниз, при цьому здійснюється затиск деталі.

При необхідності розтиснути деталь, шток відводиться у початкове положення за допомогою пружини.

3.3 Проектування контрольно-вимірювального пристрою

3.3.1 Вибір схеми вимірювання

На деталі «Плита» згідно технічних вимог необхідно перевірити відхилення від паралельності верхньої площини плити відносно нижньої площини. Допустима величина відхилення – не більше 0,05 мм.

Приймаємо схему контролю, що наведена на рис. 3.5.

Для вимірювання деталь встановлюється нижньою площиною на столик, що має можливість вільно рухатися по напрямним, розміщених на базовій плиті . До верхньої площини деталі підводиться вимірювальний наконечник індикатора і виставляється на «0». При переміщенні деталі із столиком на довжину, що дорівнює базовій (100 мм), різниця у показаннях індикатора буде визначати відхилення від паралельності.

Рис. 3.7 – Схема вимірювання відхилення від паралельності.

3.2.2 Розрахунок пристрою на точність

Точність вимірювання забезпечується при виконуванні умови:

$$\varepsilon_{доп} \geq \varepsilon_{розр.},$$

де $\varepsilon_{доп}$ - погрішність контролю, що допускається, $\varepsilon_{доп} = 0{,}025 мм$;

$\varepsilon_{розр.}$ – погрішність контролю розрахункова, знаходиться:

$$\varepsilon_{розр.} = \sqrt{\varepsilon_б^2 + \varepsilon_{виг}^2 + \varepsilon_{пр}^2 + \varepsilon_{зн}^2}, \qquad (0)$$

де $\varepsilon_б$ - погрішність базування деталі, $\varepsilon_б = 0$ - співпадають технологічна та вимірювальна бази;

$\varepsilon_{виг}$ - погрішність точності створення пристрою, $\varepsilon_{виг} = 0,\ 005$ мм;

$\varepsilon_{пр}$ - погрішність, що характеризує точність вимірювання пристроєм,

$$\varepsilon_{пр} = \frac{\Delta_i}{2},$$

де Δ_i – ціна поділки індикатора, $\Delta_i = 0{,}005$ мм;

$$\varepsilon_{пр} = \frac{0{,}005}{2} = 0{,}0025 \text{ мм}.$$

$\varepsilon_{зн}$ - погрішність спрацювання пристрою, $\varepsilon_{зн} = 0{,}002$ мм.

$$\varepsilon_{розр.} = \sqrt{0{,}005^2 + 0{,}0025^2 + 0{,}002^2} = 0{,}006 \text{ мм}$$

Умова $\varepsilon_{доп} \geq \varepsilon_{розр.}$, відповідно, точність контролю буде забезпечена.

3.2.3 Опис роботи пристрою

Пристрій для контролю відхилення від паралельності містить корпус у вигляді плоскої плити прямокутної форми розмірами 400 х 200 мм. Зверху плити встановлені напрямні – трикутної та прямокутні, по яких рухається столик для встановлення деталі, яку необхідно контролювати.

Деталь для контролю площиною основи кладеться на столик, до поверхні, що контролюється, підводиться ніжка індикатора.

При переміщенні столика на довжину 100 мм різниця у показах індикатора встановлює шукану величину відхилення від паралельності.

3.4 Проектування спеціального різального інструменту

Для обробки ступінчатої поверхні отвору (заниження) Ø21×4 мм, розробляємо інструмент – розточувальну головку. Ескіз інструмента показано на рис. 3.

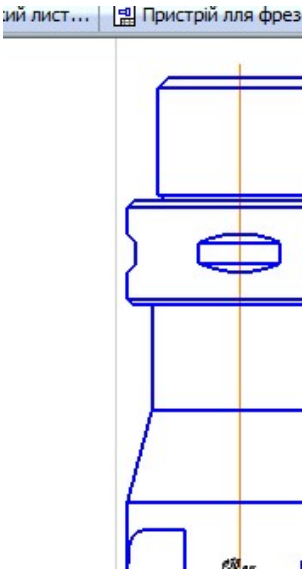


Рис. 3.8 – Ескіз інструмента

Число різальних пластинок-вставок - 3. Передній кут – 0^o, задній кут – 7^o.

Допуск на діаметр розточувальної головки за ГОСТ 885-81 приймаємо по 9-му квалітету:

$D_{св.} = 21h9_{-0,036}$ мм;

Допуск довжини - $\pm\frac{IT14}{2}$;

4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

Зміцнення поверхні плоскої деталі за допомогою алмазного вигладжування

Зміцнення поверхневого шару пластичних деталей деформуванням забезпечує підвищення опору втоми та твердості поверхневого шару, а також дозволяє формувати напруги стиснення та створювати регламентований рельєф мікронерівностей на поверхні[15]. .

Ефективним методом високопродуктивної фінішної обробки функціональних поверхонь прецизійних деталей на верстатах з ЧПК є алмазне вигладжування.

Обробку деталей поверхневим пластичним деформуванням поділяють на оздоблювальну, оздоблювально-зміцнювальну та зміцнювальну, при цьому досягнення необхідного результату регламентується робочим зусиллям, величина якого визначається зближенням інструменту та заготівлі, межею плинності оброблюваного матеріалу та приведеним радіусом кривизни контактуючих поверхонь [16].

Пластичне деформування поверхневих шарів здійснюється за допомогою різних методів, які умовно можна поділити на дві групи. До перших слідує віднести такі способи, які передбачають створення деформаційного зусилля від інструменту шляхом безперервного контакту з деталлю (статичні), до других – при яких проводиться ударна дія на деталь робочих тіл або інструменту (динамічні).

Сучасна теорія поверхнево-пластичної деформації (ППД) встановила [17], що сутність зміцнення металу під дією ППД полягає в наступному. В області площин ковзання відбуваються спотворення кристалічної решітки, зокрема її поворот, а також зміщення атомів з положення стійкої рівноваги та пружні викривлення площин ковзання. Ці спотворення викликають появу додаткових напруг, що залишаються після припинення навантаження. Отже, внаслідок зміцнення поверхневих шарів при поверхневому деформування можна забезпечити поліпшення фізико-механічних властивостей металу внаслідок структурних

перетворень, подрібнення зерен, а також формування в поверхневому шарі залишкових напруг стиснення, що виникають за рахунок розвитку зрушень у кристалічній решітці.

У [17] Є.А. Євсіним було проведено дослідження можливості оптимізації інструменту для алмазного вигладжування.

Використання алмазного вигладжування на фінішних операціях обробки покращує якість поверхневого шару деталей, що підвищує їх експлуатаційні властивості. Проте впровадження цього у виробництво нерідко стримується його порівняно низькою продуктивністю, обумовленою невеликими подачами інструмента (алмазного вигладжувача) та швидкостями обробки.

Підвищення продуктивності можливо шляхом збільшення швидкості обробки, але цьому перешкоджають висока температура в контактній зоні, що викликає покращення якості поверхні деталі, та підвищена витрата алмазних інструментів.

Для інтенсифікації теплопередачі можна використовувати різні способи охолодження, виготовляти корпус вигладжувача з теплопровідних матеріалів, збільшувати площу поверхні, що віддає тепло, а також забезпечувати оптимальне за розмірами та формою поєднання конструктивних елементів.

При алмазному вигладжуванні внаслідок об'ємного деформування тонкого поверхневого шару на околицях області контакту інструменту з деталлю утворюється хвиля із пластично деформованого металу.

Експериментальна перевірка залежностей, що пропонуються для розрахунку геометричних характеристик зони контакту, що показала досить хорошу збіжність досвідчених та розрахункових даних.

На рис. 4.1 наведено результати розрахунку та експериментальні дані глибини пластичного впровадження h та висоти хвилі $h_в$ залежно від сили Py та подачі S при вигладжуванні сталі 40Х (НВ 160...180) [4].

Як випливає з графіків, підвищення сили тиску індентора викликає збільшення глибини впровадження h та висоти хвилі $h_в$ пластично деформованого металу. Зміна цих параметрів характеризується слабкою нелінійною залежністю від сили

Ру. При збільшенні подачі *S* спостерігається деяке зменшення висоти хвилі, водночас глибина використання індентора мало залежить від подачі.

Зміна висоти хвилі пов'язана з характером протікання процесу об'ємного деформування матеріалу, що зумовлює інтенсивність пластичного перебігу матеріалу у бік, протилежний напрямі подачі індентора [4].

Рис.4.1 - Залежність глибини впровадження *h* і висоти хвилі від сили і подачі при вигладжуванні сталі 40Х (НВ 160) радіусом 2,4 мм (криві 1,3) та 3,2 мм (криві 2,4)

За допомогою алмазного вигладжування можна обробляти майже всі метали та сплави, що застосовуються в промисловості.

Процес вигладжування можна здійснювати з жорстким або пружним закріпленням. інструменту (рис. 2). При обробці із жорстким закріпленням інструменту заздалегідь встановлюють глибину вигладжування $t = (1{,}1 \div 1{,}3)Rz$, величина якої залежить від матеріалу та стану оброблюваної поверхні, висоти шорсткості вихідної поверхні, а також геометричні параметри інструменту.

В цьому випадку обробку необхідно проводити на верстатах підвищеної жорсткості та точності. При вигладжуванні із жорстким закріпленням інструменту відбувається виправлення похибки геометричної форми деталі. У більшості випадків виправлення геометричної форми відбувається в межах висот вихідних мікронерівностей.

При пластичних деформаціях, що викликають зміну форми за межами величини вихідних мікронерівностей, можливе отримання поверхні неоднорідної як по шорсткості, так і по зміцненню поверхневого шару. Для зниження неоднорідності зміцненого шару вигладжування іноді доцільно проводити в одну установку з попередньою операцією.

При обробці з пружним закріпленням інструменту заздалегідь встановлюють не глибину вигладжування, а радіальну силу, з якою він притискається до оброблюваної поверхні.

Спеціальні пружні державки, що використовуються для цієї мети, повинні забезпечувати сталість радіальної сили навіть за вимушених поперечних переміщеннях інструменту, викликаних можливим радіальним биттям оброблюваної поверхні, або при необхідності обробки конусних та фасонних поверхонь

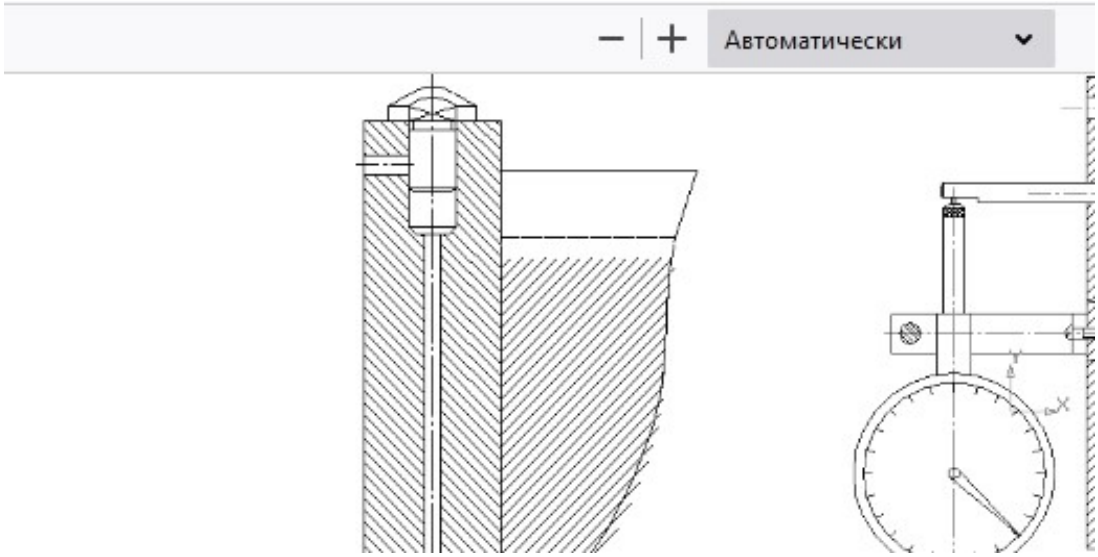


Рис.4.2 - Способи закріплення інструменту: а) – жорсткий; б) - пружний

Вигладжена поверхня відрізняється від поверхонь, оброблених абразивними методами, характерним дзеркальним блиском.

На шліфованій поверхні чітко видно сліди різання окремих зерен, а також задирки, окремі вириви та напливи розмазаного та розм'якшеного металу.

Полірована поверхня більше рівна, на ній помітно більша кількість рисок – слідів полірування абразивної. стрічкою. Виривів, задирок та інших дефектів, характерних для шліфування, на полірованої поверхні не спостерігається.

Поверхня після суперфінішу має характерну сітку слідів, що перетинаються, від різання абразивними зернами, обумовлену характером рухів брусків щодо оброблюваної поверхні; вона має окремі дефекти у вигляді напливів металу.

Після вигладжування утворюється характерна пластично деформована поверхня, рівна, без виривів і задирок (рис. 4.3).

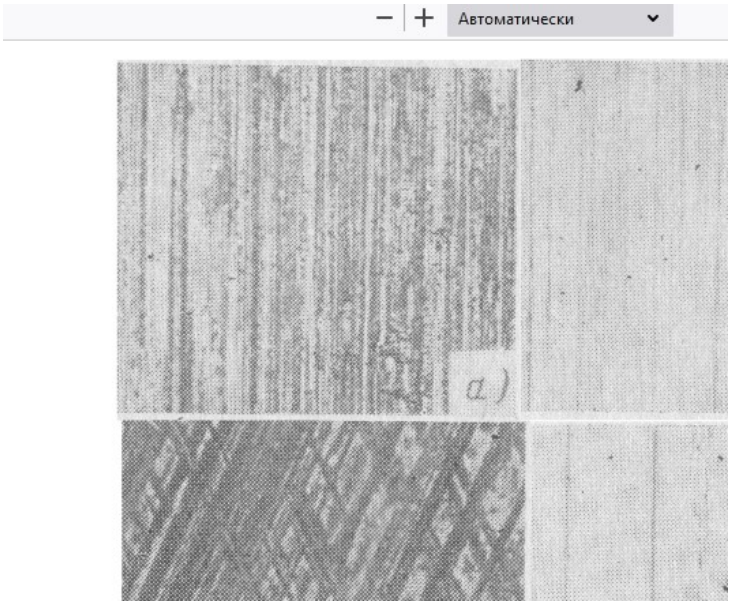


Рис. 4.3 - Вид поверхні після: а – шліфування; б - полірування; в – суперфінішування; г – алмазного вигладжування

Залежно від сили вигладжування отримано два принципово різні варіанти поверхні (рис. 4.4). Оптична профілометрія свідчить, що при фінішній обробці зразків з силою Р=230 Н, рекомендованою для даного типу сталей [8], відбувається неповне згладжування вихідної шорсткості з частковим деформуванням вершин нерівностей . При цьому як вершини, так і западини вигладженої поверхні мають явно виражені залишкові сліди мікрогеометрії попереднього чистового точіння.

Середній крок мікропрофілю після неповного згладжування визначається величиною подачі при чистовому точінні S_m = 0,1 мм/об і дорівнює кроку мікропрофілю поверхні після точіння t_m=0,1 мм (див. рис. 4.4а).

Наочне уявлення про характер поверхонь, сформованих чистовим точінням і вигладжуванням, дають отримані на електронному мікроскопі зображення (рис. 4), що повністю підтверджують результати досліджень на оптичному профілометрі .

На зображенні вигладженої з силою Р=230 Н поверхні видно сліди точіння, що збереглися після фінішної обробки (рис.4. 4б). Очевидно, що такий рельєф вигладженої поверхні призведе до погіршення її відбивної здатності, а також може порушити герметичність деталей, що сполучаються. Отримані на оптичному профілометрі зображення поверхні зразка, обробленого точінням та вигладжуванням із силою Р=340 Н, наведені на рис. 4.5. Видно, що збільшення сили вигладжування до Р=340 Н дозволило повністю згладити вершини мікронерівності поверхні від попереднього чистового точіння.

В результаті формується новий рельєф поверхні з кроком мікропрофілю *tв* = 0,08 мм, відповідним величині подачі при вигладжуванні S=0,08 мм/об (див. рис. 5а). При цьому вигладжування не призвело до розмірних змін зразка (рівень сформованої вигладжуванням нової поверхні знаходиться на рівні западин від точіння).

выглаживанием новой поверхности находится на уровне впадин от то

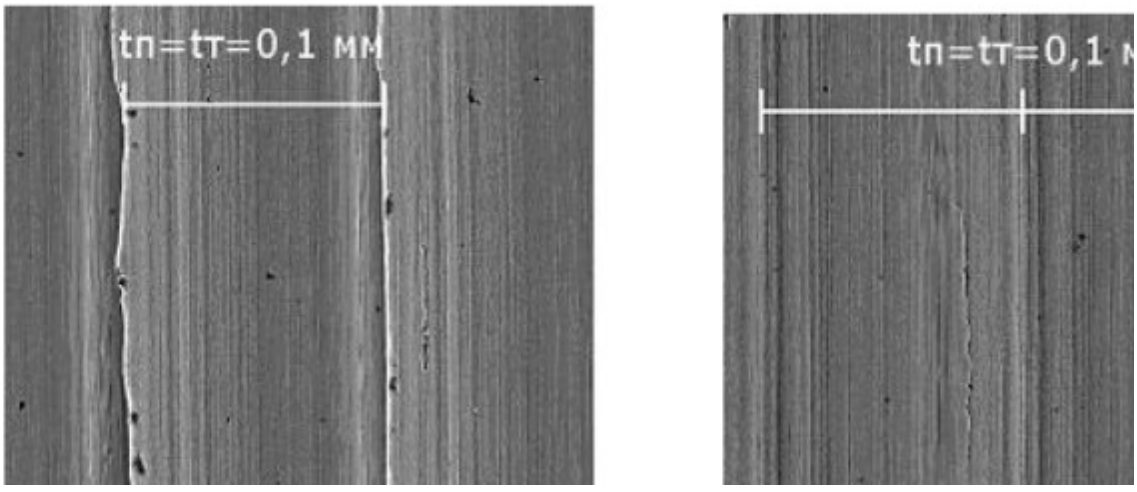


Рис. 4.5 – Зображення на електронному мікроскопі після точіння (а) та вигладжування із зусиллям Р = 230 Н (б): - крок мікропрофіля обробленої поверхні; - крок мікропрофіля поверхні після точіння

Мал. 4.6 характеризує мікротвердість сталі 20Х13 при вимірі на мікротвердомірі Leica VMHT з різними навантаженнями на індентор, що дозволяє аналізувати мікротвердість поверхневих шарів різної товщини. Видно, що основний внесок у зміцнення сталі 20Х13 з вихідною структурою низьковідпущеного мартенситу, мікротвердість якої відбивають криві I на рис.4.6, вносить попереднє чистове точіння (криві II).

Вигладжування (криві III) забезпечує відносно менший додатковий приріст мікротвердості поверхні сталі. Видно, що якщо рівні мікротвердості стали в вихідному стані мало залежить від глибини застосування індентора (криві I), то у сталі, підданої точінню (криві II) та вигладжуванню (криві III), при зменшенні глибини застосування індентора спостерігається зростання мікротвердості.

Деформаційне зміцнення, обумовлене точінням і вигладжуванням, є максимальним безпосередньо на поверхні зразків і зменшується в міру видалення вглиб металу. Отриманий результат узгоджується з даними [15], що свідчать про досягненні найбільших ступенів пластичної деформації в умовах тертя ковзання безпосередньо на поверхні матеріалу.

Важливо відзначити, що після вигладжування із силою P=230 Н (коли відсутнє диспергування структури поблизу поверхні) при малих навантаженнях на індентор не зафіксовано підвищеного зміцнення сталі під час вигладжування (див. рис. 4.6а).

Навпаки, після вигладжування з силою P=340 Н, коли відбувається сильне подрібнення структури тонкого поверхневого шару (див. рис.4.6в), при зменшенні глибини застосування індентора відзначається зростання ефективності зміцнення за рахунок в порівнянні з зміцненням від точіння (див. рис. 4.6б, криві III та II). При цьому внаслідок точіння та вигладжування із силою P=340 Н досягаються вищі максимальні значення мікротвердості (HV0,01=835), ніж після вигладжування з силою P=230 Н (HV0,01=670).

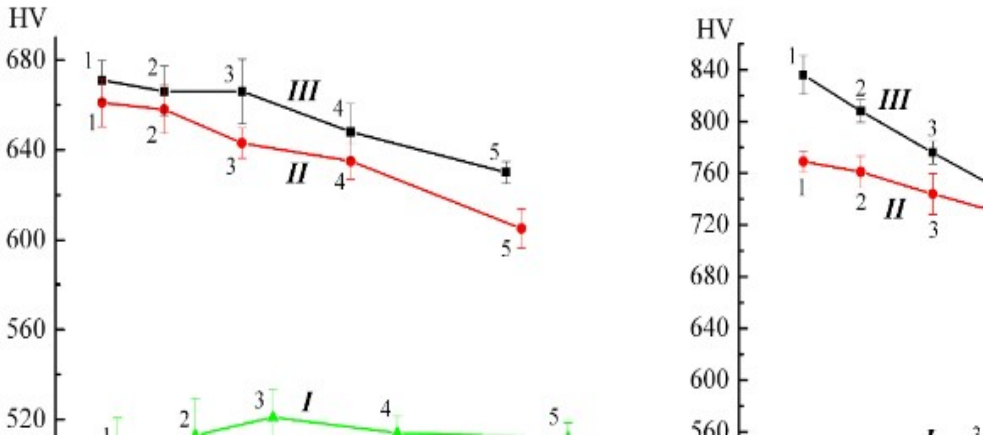


Рис.4.6 – Залежність від глибини впровадження наконечника Вікерса мікротвердості Н взірців і сталі 20Х13 у вихідному стані (1), після точіння (11), після вигладжування (111) із силою Р = 230 Н (а) і Р = 340 Н (б). Цифри 1, 2, 3, 4,5 на графіках відповідає загрузкам на індентор 0,10; 0,25; 0,49; 0,98; 1,96 Н.

Поверхневий наклеп знижує корозійну стійкість металу [18], хоча є вказівки [15], що за певних умов обкатування кульками можна досягти високої корозійної стійкості поверхні.

Для з'ясування впливу алмазного вигладжування на корозійну стійкість було проведено дослідження [17]. Зразки шліфували, полірували та вигладжували при оптимальних режимах, а потім витримували 135 днів у морській воді. Дію корозії оцінювали щодо зменшення ваги зразків. Випробування показали, що зменшення ваги випрасуваних зразків у середньому на 16% менше, ніж шліфованих, та на 11% – порівняно з полірованими (Рис. 4).

1. Поверхност

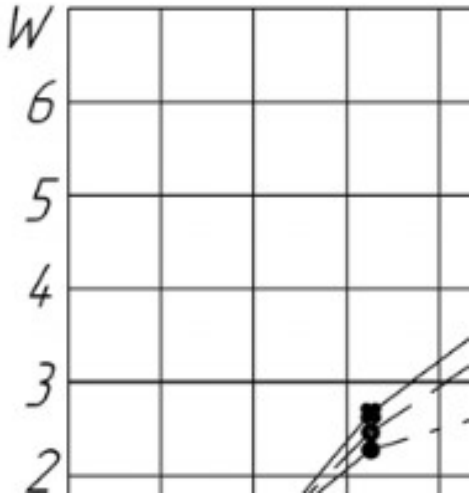


Рис. 4.7 – Залежність зменшення ваги від часу досліджень *t* у морській воді (сталь 45, HRC 54):

1 – шліфування; 2 – полірування; 3 – вигладжування

Це пояснюється згладжуванням шорсткості та усуненням таких поверхневих дефектів як мікротріщини та риски.

Можна зробити висновок, що алмазне вигладжування за режимами, що забезпечують високий клас чистоти поверхні, не знижує або ж дещо покращує корозійну стійкість поверхні.

Поверхнева твердість оброблюваного матеріалу та глибина пластичної деформації залежать від режимів зміцнення, фізико-механічних властивостей, структури та хімічного складу матеріалу [15]. Найбільший ефект зміцнення від застосування ППД досягається циклічно деталей, що навантажуються з конструктивними (галтелі, виточки, різьблення, зуби, шліци і т.п.) або експлуатаційними (корозійні ушкодження, подряпини, надрізи тощо) концентраторами напруги.

ППД ефективно також і по відношенню до деталей, схильним до зносу під час експлуатації (напрямні верстатів і пресів, поршні, циліндри), схоплювання та фретингу (з'єднання з гарантованим натягом, рухомі сполуки).

Таким чином, при алмазному вигладжуванні структурні перетворення зменшують кількість залишкового аустеніту в поверхневому шарі, що покращує фізико-

механічні властивості металу. Поліпшується корозійна стійкість поверхні, підвищуються контактна міцність та динамічна стійкість. Проте застосовувані нині способи ППД відрізняються низькою продуктивністю, складно піддаються автоматизації і тому вимагають у цьому щодо подальшого вдосконалення.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Фактори, що впливають на стан здоров'я працюючих

Термопластавтомат являється швидкодіючою машиною з високим тиском та високою температурою одночасно, машини для лиття під тиском небезпечні в кожній операції, особливо при відкриванні та запиранні пресформи.

Щоб уникнути травмування, оператор повинен звернути увагу на такі проблеми безпеки при роботі:

- необхідно тримати машину для лиття під тиском та довкілля чистим. Перед початком роботи на термопластавтоматі, необхідно перевірити, чи щільно встановлена прес-форма на рухомому валику та головній пластині машини для формування, заземлювальний провід та інше засоби безпеки ливарного формувального пристрою надійно підключені, не відключати запобіжні дверцята і вимикач захисних дверей,

У ході розміщення ливарного обладнання необхідно забезпечити дотримання вимог щодо безпечної відстані між термопластавтоматами, між термопластавтоматом і стінами, а також вимог до фундаменту та характеристик водо- та електропостачання (включаючи, перш за все, характеристики кабелю, номінал запобіжника, заземлення, тиск води, параметри водопровідного крана та ін.).

До експлуатації ливарної машини допускається лише персонал, який отримав дозвіл на виконання таких робіт на основі навчання роботі з інжекційно-ливарною машиною.

До робіт з технічного обслуговування ТПА допускається персонал, що має досвід робіт з технічного обслуговування та відповідні спеціалісти. Якщо на термопластавтоматі працює кілька людей, всі вони повинні бути чітко проінструктовані до початку роботи машини.

Під час роботи необхідно користуватися засобами індивідуального захисту (захисне взуття, рукавички, беруші, окуляри тощо).

Зона навколо термопластавтомату повинна бути в чистоті і добре освітлюватися. Для видалення шкідливих газів, які можуть утворюватися у процесі виробництва, використовувати відповідне витяжне вентиляційне обладнання. Не допускається скупчення пилу, олії, пластмаси тощо на платформі основи вузла впорскування під матеріальним циліндром, щоб уникнути внутрішніх коротких замикань у нагрівальному поясі, здатних призвести до пожежі.

Перед запуском термопластавтомату необхідно перевірити функціонування всіх захисних пристроїв. Експлуатація машини дозволяється тільки при повному оснащенні всіма захисними пристроями. Зміна параметрів налаштування пристроїв захисту забороняється.

При установці та фіксації прес-форми за допомогою затиску забороняється прибирати підйомний гак, не переконавшись, що форма надійно зафіксувалася на плитах з обох боків.

Прес-форма та її виступаючі частини не повинні виступати за межі області захисних дверей.

Забороняється виконувати технічне обслуговування машини, коли вона працює.

Під час роботи термопластавтомата не можна торкатися руками сопла чи кришки матеріального циліндра. Заборонено поміщати руки в отвір бункера. Виймати готові вироби дозволяється лише після повного відкриття захисних дверей та запуску операції вилучення виробу або продування форми повітрям. Сопло, шнекова пара та закріплені болти можуть відповідати лише характеристикам, вказаним виробником.

Кваліфікація персоналу - до експлуатації машини допускається лише кваліфікований персонал, який пройшов повне навчання. Це особливо важливо для експлуатації компонентів електричних, газових та гідравлічних схем.

До початку робіт мають бути чітко зазначені обов'язки всіх працівників: експлуатація машини, її налаштування, технічне обслуговування, ремонтні роботи тощо.

Так як деякі пластмаси в ході технологічних процесів можуть виділяти газ або пил, необхідне встановлення відповідних витяжних пристроїв. Ці шкідливі речовини

зазвичай утворюються, коли температура надто висока, тому користувачам, щоб досягти оптимальної температури, слід діяти відповідно до технічних даних, наданих постачальниками пластмасової сировини.

Зверху на нерухомій плиті термопластавтомату передбачено монтажний отвір для з'єднання з витяжними пристроями. У разі виникнення будь-яких складнощів, пов'язаних з налагодженням, ремонтом або технічним обслуговуванням термопластавтомату, необхідно звертатися до технічної служби.

До роботи в якості ливарника пластмас допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, пройшли вступний та первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці, навчання безпечним методам та прийомам роботи, стажування на робочому місці та перевірку знань, а також навчання правил пожежної безпеки та перевірку знань правил пожежної безпеки в обсязі посадових обов'язків; навчання правил електробезпеки та перевірку знань правил електробезпеки в обсязі посадових обов'язків із присвоєнням відповідної групи допуску; навчання безпечним прийомам виконання робіт та методам надання першої допомоги потерпілому при нещасних випадках на виробництві.

Не рідше одного разу на 6 місяці ливарник пластмас проходить повторний інструктаж на робочому місці з охорони праці, не рідше одного разу на рік - чергову перевірку знань вимог охорони праці, періодичний медогляд - відповідно до чинного законодавства.

Працівник, який своєчасно не пройшов відповідний інструктаж з охорони праці та щорічну перевірку знань з охорони праці, до роботи не допускається. Працівник з ознаками явного нездужання у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння до роботи не допускається.

Ливарник пластмас зобов'язаний:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку;

- дотримуватись вимог інструкцій, інструкції про заходи пожежної безпеки, інструкції з електробезпеки, а також інструкції заводів-виготовлювачів використовуваного обладнання;

- дотримуватися правил особистої гігієни, перед їдою необхідно мити руки з милом;

- вміти надавати першу допомогу потерпілому на виробництві, знати місце знаходження аптечки, а також вміти користуватися засобами пожежогасіння та знати місце їх перебування;

- підтримувати порядок на робочому місці;

- знати місце розташування головного та запасних виходів та шляхи евакуації із зони виникнення пожежі або аварії;

- будову, принцип дії та правила технічної експлуатації використовуваного обладнання.

Ливарник пластмас повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту відповідно до чинних норм видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

Спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші ЗІЗ, що видаються, повинні відповідати характеру та умовам роботи, забезпечувати безпеку праці, мати сертифікат відповідності.

Засоби індивідуального захисту, на які немає технічної документації, а також з терміном придатності до застосування, що минув, не допускаються.

Використовувати спецодяг та інші ЗІЗ для інших, ніж основна робота, цілей забороняється.

Ливарник пластмас не повинен торкатися електрообладнання, не усувати самому несправності електрообладнання.

Усі обертові та струмопровідні обладнання електродвигунів та допоміжних механізмів повинні бути огороджені.

Працівник повідомляє свого безпосереднього керівника про будь-яку ситуацію, що загрожує життю та здоров'ю людей, про кожен нещасний випадок, що стався на виробництві, про погіршення стану свого здоров'я.

. За невиконання вимог безпеки, викладених у цій інструкції, залежно від характеру допущених порушень та їх наслідків, працівник несе дисциплінарну,

матеріальну чи кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством України.

Перед початком роботи необхідно:

1. Одягти санітарний одяг та взуття, підготувати засоби індивідуального захисту, перевірити їх справність. Одяг та взуття повинні бути підібрані за розміром та не обмежувати рухів. Забороняється зберігати в кишенях гострі предмети, що б'ються.

2. Змастити руки спеціальною захисною пастою «біологічні рукавички».

3. Оглянути робоче місце та привести його до ладу:

- прибрати всі предмети та матеріали, що не мають відношення до роботи;

- переконатися у справності інструменту, пристосувань, оснащення та тари для відбору деталей, розташувати все у зручному для роботи порядку;

- встановити сидіння у зручне для роботи положення;

- переконатися у достатній освітленості робочого місця;

- переконатися у справності припливно-витяжної вентиляції.

4. Провести зовнішній огляд та переконатися, що:

- всі струмопровідні частини електродвигуна, електроприладів, а також дроти в місцях з'єднання огороджені та недоступні для випадкового дотику;

- електродвигуни, електроапаратура та електропроводка захищені від попадання олії, робочої та охолоджуючої рідини, розігрітого та розплавленого матеріалу;

- Нагрівальні елементи, розташовані на поверхні матеріального циліндра, закриті захисними кожухами з теплоізоляцією;

- всі частини, що рухаються і обертаються, закриті суцільними або сітчастими огорожами - захисне заземлення наявності та справне;

5. Завантаження бункера термопластавтомату проводити зі спеціальних підставок, за допомогою спеціально виділеної для цієї мети тари або за допомогою автоматичного завантажувача для термопластавтомата.

6. Спільно з наладчиком перевірити справність термопластавтомата, а також надійність кріплення прес-форми (вона повинна кріпитися до термопластавтомата не менш як чотирма болтами чи притисками).

7. При перевірці справності термопластавтомата включити його в послідовності, вказаній в інструкції та переконатися у справності механізмів увімкнення та управління, а також у справності огорожі, звернувши особливу увагу на:

- огородження рухомих частин механізму змикання та розмикання плит, механізму вузла упорскування та пластикації;

- блокування огорожі зони змикання прес-форми з пуском машини (переміщення захисних екранів має бути плавним, без перекосів та заклинювання); - надійність змикання та розмикання прес-форм, роботу штовхача.

8. У разі виявлення несправності блокувань, захисних екранів, приладів контролю тощо. повідомити про це майстра та наладчика. До усунення виявлених несправностей працювати на ТПА приступати забороняється.

Під час робот :

1. Працювати обов'язково із застосуванням спеціального одягу, спеціального взуття та інших ЗІЗ.

2. Підтримувати на робочому місці чистоту та порядок.

3. Користуватись лише справним інструментом, передбаченим технологічним процесом.

4. Стежити за температурою нагрівання матеріального циліндра і не допускати її перевищення вище вказаної в техпроцесі. Тривалий перегрів матеріалу у матеріальному циліндрі призводить до викиду перегрітої маси через вікно циліндра, у результаті можуть бути отримані опіки та травми.

5. Щоб уникнути опіків при прочищенні циліндра від перегрітої маси шляхом викиду повітря зону викиду слід закривати спеціальним екраном.

6. Видалення маси із сопла виконуйте спеціальним алюмінієвим або латунним стрижнем при відключеному електрообігріві.

7. Щоб уникнути пожежі не допускати скупчення витікаючої маси під обігрівальними елементами та попадання її на підлогу. Вчасно прибирати масу у відведене для цього місце.

8. Слідкувати за циркуляцією охолоджуючої рідини, показаннями температури, плавністю переміщення захисного екрана. Не працювати з перевищенням тиску змикання прес-форм та упорскування.

9. Щоб уникнути травмування рук, проштовхування матеріалу при зависанні його в бункері і ненадходження в приймальну камеру робити спеціальним інструментом-штовхачем, забороняється робити це руками.

10. Виймання виробу вручну з форми, притирання та змащення форми проводити тільки при повністю відкритому захисному екрані.

11. Змащування прес-форми в місцях, де відбувається налипання матеріалу, проводити за допомогою спеціальних пристроїв, що виключають можливість введення рук у зону роз'єму.

12. Вибивання литника із втулки нерухомої плити проводити стрижнем завдовжки не менше 400-500 мм.

13. Слідкувати за тим, щоб під час роботи справно функціонувала система припливно-витяжної вентиляції.

14. Періодично перевіряти кріплення прес-форми та відсутність перекосів, а також своєчасно проводити їхню підтяжку (самостійно або силами наладчика).

15. При роботі в напівавтоматичному режимі слідкувати за справністю блокування захисного огородження (при відкритому екрані повинна бути виключена можливість змикання та розмикання прес-форми).

16. При роботі термопластавтомату слідкувати за тим, щоб після кожного циклу лиття виробів вони випадали з форми. У разі затримки виробу у формі машину слід вимкнути, після чого видалити виріб.

17. Під час перерви у роботі ТПА слід відключити електромотор, залишаючи при цьому обігрів.

19. При виявленні несправностей, що загрожують аварією або нещасним випадком, необхідно вжити всіх заходів щодо їх усунення, негайно зупинити обладнання.

В аварійних ситуаціях:

1. При аварії повідомити безпосереднього керівника і надходити в відповідно до отриманих вказівок.

2. При замиканні, обриві в системах електроживлення відключити мережевий рубильник приміщенні, викликати особу, відповідальну за експлуатацію апаратури у підрозділах.

3. При нещасному випадку роботу припинити, відключити обладнання, витягти постраждалого з небезпечної зони, дотримуючись власної безпеки, надати йому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги за телефоном 103 або 112, повідомити про те, що сталося керівнику відділення, по можливості зберегти обстановку на робочому місці початку розслідування такою, якою вона була в момент події (якщо це не загрожує життю та здоров'ю оточуючих).

4. У разі отримання травми припинити роботу, по можливості надати собі першу допомогу і повідомити безпосереднього керівника або попросити зробити це оточуючих.

По закінченні роботи:

1. Вимкнути обігрів матеріального циліндра, відвести сопло, переконатися, що форма відкрита і в ній не залишився виріб.

2. Вимкнути електродвигун термопластавтомату.

3. Готові деталі, залишки матеріалу здати в комору цеху.

4. Привести робоче місце в порядок (прибрати залишки пластику з ТПА, протерти контролер та станину від пилу та бруду, підмісти підлогу навколо ТПА).

5. Прибрати інструмент та пристрої у спеціально відведене місце.

6. Серветки та ганчір'я відкласти в спеціально відведену ємність для них.

7. Про всі помічені неполадки повідомити безпосереднього керівника.

Висновки

В дипломному проекті «Удосконалення технології виготовлення деталі «Плита М13.433.007» із розробленням технологічних операцій для верстатів з ЧПК фірми HAAS (США) з використанням CAM- пакету ESPRIT» виконано аналіз технологічності конструкції, запропоновані зміни до технологічного процесу обробки деталі на базі використання високопродуктивних верстатів з ЧПК фірми HAAS.

Виконано визначення припусків на механічну обробку аналітичним та табличним методами.

Визначені режими різання на технологічні переходи обробки поверхонь деталі за методикою фірми Sandvik Coromant, визначені технічні норми часу; розроблені технологічні операції та оформлено технологічну документацію.

Спроектовані механізовані верстатні пристрої для обробки отворів та для фрезерування площини на верстаті з ЧПК фірми HAAS, виконані розрахунки на точність оброблення, вибрані установочні елементи, розраховано силовий привід пристроїв.

Спроектовано контрольно-вимірювальний пристрій для вимірювання паралельності та різальний інструмент – розточувальна головка.

В дослідницькому розділі розглянуто зміцнення поверхні плоскої деталі за допомогою алмазного вигладжування , що забезпечує підвищення опору втоми та твердості поверхневого шару, а також дозволяє формувати напруги стиснення та створювати регламентований рельєф мікронерівностей на поверхні.

В розділі «Охорона праці» проаналізовано небезпечні та шкідливі фактори при отриманні деталей методом литва на термопластавтоматах, наведено безпечні умови роботи на дільниці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Технология машиностроения /А.А.Гусев, Е.Р.Ковальчук, И.М.Колесов и др.. М.:Машиностроение, 1966. – 480 с.

2. Справочник металлиста. Т.2/Под ред.. А.Г.Рахштедта и В.А.Бромстрема. - М.:Машиностроение, 1976. – 720 с.

3. Справочник технолога-машиностроителя. Т.1/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.

4. Бабук В.В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1979. – 464

5. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологиии машиностроения. – Минск: Высш. школа, 1983. – 256 с.

6. Косилова А.Г., Мещеряков Р.К. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении, - М.: Машиностроение, 1976. – 288 с

7.Справочник технолога-машиностроителя. Т.2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. – М.: Машиностроение, 1975. – 496 с.

8.Режимы резания металлов. Справочник/Под. ред. Ю.В.Барановского. – М.: Машиностроение, 1972. – 407 с.

9.Нефедов А.А., Осипов К.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту. – М.: Машиностроение, 1984. – 400 с.

10.Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений. – М.: Машиностро ение, 1983. – 277 с.

12.Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1979. – 303 с.

13. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Ред.совет: Б.Н. Вардашкин и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т.1 /Под ред. Б.Н. Вардашкина, А.А. Шатилова, 1984. 592с.

14. Станочные приспособления: Справочник. В 2-х т. / Ред.совет: Б.Н. Вардашкин и др. – М.: Машиностроение, 1984. – Т2 / Под ред. Б.Н. Вардашкина, В.В. Данилевского, 1984. 656 с.
15. Суслов А.Г., Гуров Р.В., Тишевских Е.С. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием // Упрочняющие технологии и покрытия. –2008. – No 9. – С. 20-21.
16. Поверхностное динамическое упрочнение деталей машин / Н.В. Олейник, В.П. Кычин, А.Л. Луговский. Киев: Техніка, 1984. 151 с.
17. Евсин Е.А. Исследование возможности оптимизации инструмента для алмазного выглаживания / Е.А. Евсин // Совершенствование процесса абразивно-алмазной и упрочняющей технологии в машиностроении: сб. ст. Пермь: Перм. политехн. ин-т, 1983. С. 63-70.
18. Кузнецов В.П. Имитационное моделирование влияния параметров технологической системы на виброустойчивость выглаживания поверхностей деталей //Металлообработка. –2010. – No 1. – С. 7-16.
19. ДСТУ 2590-94 Термопластавтоматы и реактопластавтоматы однопозиционные. Требования безопасности.
20. Охорона праці в галузі. Методичні вказівки до виконання інженерних розрахунків з охорони праці у дипломних проектах/О.В.Снозик, В.А.Кирилков, А.П. Білик.-,Хмельницький: ХНУ, 2009. – 40 с.