

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Машинобудівний

(повне найменування факультету)

Технологія машинобудування

(повне найменування кафедри)

Пояснювальна записка

до дипломного проєкту (роботи)

перший (бакалаврський)

(ступінь вищої освіти)

на тему «Розробка технологічного процесу виготовлення диска»

Виконав: студент(ка) IV курсу, групи M-112сп

Спеціальності 131 Прикладна механіка

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма (спеціалізація)

Технології машинобудування

ШЕПТУН В.О.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Керівник ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

Рецензент ФРОЛОВ М.В.

(ПРИЗВИЩЕ та ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Факультет Машинобудівний
Кафедра «Технологія машинобудування»
Ступінь вищої освіти перший (бакалаврський)
Спеціальність 131 «Прикладна механіка»
(код і найменування)
Освітня програма (спеціалізація) Технології машинобудування
(назва освітньої програми (спеціалізації))

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Сергій ДЯДЯ

« _____ » _____ 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТА(КИ)

ШЕПТУНУ Віталію Олександровичу

(ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту (роботи) «Розробка технологічного процесу виготовлення диска»

керівник проєкту (роботи) к.т.н, доцент ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В.

(науковий ступінь, вчене звання, ПРИЗВИЩЕ, ім'я, по батькові)

затверджені наказом закладу вищої освіти від «28» 03 2024 року № 97

2. Строк подання студентом проєкту (роботи) 28.06.2024 р.

3. Вихідні дані до проєкту (роботи) робоче креслення шестерні ведучої нагнітаючої секції; річна програма випуску N=2000 шт

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Технологічна частина. 2. Конструкторська частина.

3. Організаційна частина 4. Економічний розрахунок..... 5. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількість слайдів, плакатів)

Креслення деталі, заготовки; плакат 3D-моделі деталі та заготовки; маршрут виготовлення деталі; плакат зображення обробки для верстата з ЧПК; креслення робочого пристосування; плакат розрахунку деталі на міцність.

6. Консультанти розділів проєкту (роботи)

Розділ	ПРИЗВИЩЕ, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	прийняв виконане завдання
1-3, 5	ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ Є.В. доцент		
4	ПУХАЛЬСЬКА Г.В., доцент		
нормоконтроль	ДЯДЯ С.І., зав.каф.		

7. Дата видачі завдання 29 квітня 2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту (роботи)	Строк виконання етапів проєкту (роботи)	Примітка
1	Технологічна частина	07.05.2025	
2	Розробка операції для верстата з ЧПК	14.05.2025	
3	Конструкторська частина	21.05.2025	
4	Розрахунок на міцність	24.05.2025	
5	Організаційна частина	27.05.2025	
6	Економічний розрахунок	30.05.2025	
7	Охорона праці	04.06.2025	
8	Оформлення пояснювальної записки, креслень, карт	07.06.2025	
9	Нормоконтроль	10.06.2025	
10	Рецензія	12.06.2025	
11	Захист дипломного проєкту	14.06.2025	

Студент(ка)

_____ Віталій ШЕПТУН
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник проєкту (роботи)

_____ Євген ВИШНЕПОЛЬСЬКИЙ
(підпис) (Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

РЕФЕРАТ

ПЗ: 113 с., 17 табл., 18 рис., 4 дод., 19 джерел.

ВАЛ, ВЕРСТАТ, ЗАГОТОВКА, ІНСТРУМЕНТ, МАРШРУТ ОБРОБКИ, НОРМУВАННЯ, ОПЕРАЦІЯ, ПРИСТОСУВАННЯ, РЕЖИМИ РІЗАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КОЕФІЦІЄНТ ЗАВНТАЖЕННЯ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – диск.

Мета роботи – проектування технологічного процесу виготовлення диску.

В дипломному проєкті спроектовано технологічний процес виготовлення диску. Визначено метод отримання заготовки та економічно обгрунтовано. Виконано розрахунок технологічних переходів на основі якого був розроблений маршрут обробки диску. Розраховані режими різання, норми часу, розроблено операцію з ЧПК.

У конструкторській частині було спроектовано робоче та контрольне пристосування, досліджено міцносні характеристики деталі.

У організаційній частині виконано розрахунок кількості технологічного обладнання та робітників на дільниці, передбачені заходи щодо безпечної роботи персоналу.

ЗМІСТ

Скорочення та умовні позначки	7
Вступ	8
1 Технологічна частина	9
1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі	9
1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт	12
1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням	13
1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі	17
1.4.1 Вибір технологічних баз	17
1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь	18
1.4.3 Маршрут виготовлення деталі	25
1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів	26
1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом	26
1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом	30
1.6 Розрахунок режимів різання	38
1.6.1 Операція 015 – Токарна з ЧПК	38
1.6.2 Операція 040 – Свердлильна з ЧПК	42
1.6.3 Операція 060 – Круглошліфувальна з ЧПК	45
1.7 Технічне нормування операцій	47
1.7.1 Операція 015 – Токарна з ЧПК	47
1.7.2 Операція 040 – Свердлильна з ЧПК	49
1.7.3 Операція 060 – Круглошліфувальна з ЧПК	50
1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК	53
2 Конструкторська частина	57
2.1 Проектування робочого пристосування	57

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування	58
2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність	59
2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу	62
2.2 Проектування контрольного пристосування	64
2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування	64
2.3 Розрахунок на міцність	65
3 Організаційна частина	68
3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання	68
3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників	70
4 Економічна ефективність пристроїв	73
5 Охорона праці	77
Висновки	82
Перелік джерел посилання	83
Додаток А. Специфікація робочого пристосування	85
Додаток Б. Керуюча програма	89
Додаток В. Технологічні карти	94

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

КГШП – кривошипний гарячештамповочний прес

ЄСКД - єдина система конструкторської документації

ЄСТД - єдина система технологічної документації

МЦХ - масово-центрувальні характеристики

МОП – маршрут обробки поверхонь

МВД – маршрут виготовлення деталі

КП - керуюча програма

ПЗ - пояснювальна записка

ПК – персональний комп'ютер

РТК КП - розрахунково-технологічна карта керуючої програми

ТП - технологічний процес

ЧПК - числове програмне керування

ВСТУП

При переході машинобудівного виробництва до ринкової економіки перед ним виникає безліч різних завдань, які потребують негайного і правильного вирішення.

Всезростаюча конкуренція на ринку продукції вимагає від виробника виготовити виріб у мінімальні терміни, високої якості та порівняно невеликою собівартістю. При цьому вартість виробу значною мірою залежить від використання прогресивних технологічних процесів випуску продукції та застосування високопродуктивного технологічного обладнання, а також скорочення тривалості виробничого циклу виготовлення деталей та всього виробу.

Для здійснення останнього не виключається застосування механізованого та автоматизованого обладнання та спеціальних пристроїв, а також використання оптимальних варіантів організації виробничого процесу.

Виникає необхідність скорочення тривалості циклу конструкторської та технологічної підготовки виробництва з допомогою використання нових засобів автоматизації, зокрема застосування персональних комп'ютерів (ПК) з роботою у системах AUTOCAD, NX, SolidWorks, ANSYS, тощо.

Метою дипломного проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі «Диск» та проектування механічного цеху, а також вирішення комплексу завдань, пов'язаних із проектуванням технологічного процесу з економічним обґрунтуванням прийнятих рішень; розробка та оформлення технологічної документації на спроектований технологічний процес.

1 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис конструкції і службового призначення деталі

Деталь «Диск» входить у вузол компресора двоконтурного турбореактивного авіаційного двигуна.

Диск призначений для закріплення на ньому робочих лопаток. Робочі лопатки з диском утворюють робоче колесо, яке з сопловим апаратом становлять ступінь компресора. При обертанні робочого колеса в ступені компресора відбувається стискання повітряного потоку, що проходить через двигун.

Конструктивна форма дисків залежить не тільки від виду з'єднання між собою та валом, але, головним чином, від складних умов його роботи. Диск повинен витримувати великі відцентрові навантаження при нерівномірному температурному полі від маточини до обода. Ці несприятливі умови викликають необхідність застосовувати високоміцні матеріали, що важко обробляються різанням, піддаються обробці різанням.

Диск має центральний отвір та потовщену маточину. На ободі диску прорізаються пази, типу "ялинка". Пази скошені відносно обода диска під кутом 32°.

Ескіз деталі «Диск» показан на рис. 1.1.

Матеріал деталі – титановий сплав, що деформується, ВТ8-1. Призначення – вали, клапани, відповідальні болти та силові шпильки, шестірні, кулачкові муфти, диски та ін. Важко навантажені деталі складної конфігурації, що працюють при динамічних навантаженнях, до яких пред'являються вимоги високої міцності при достатній пластичності та в'язкості.

Сплав теплостійкий до 450-500 °С.

Хімічний склад наведено у таблиці 1.1. Фізико – механічні властивості наведені у таблиці 1.2.

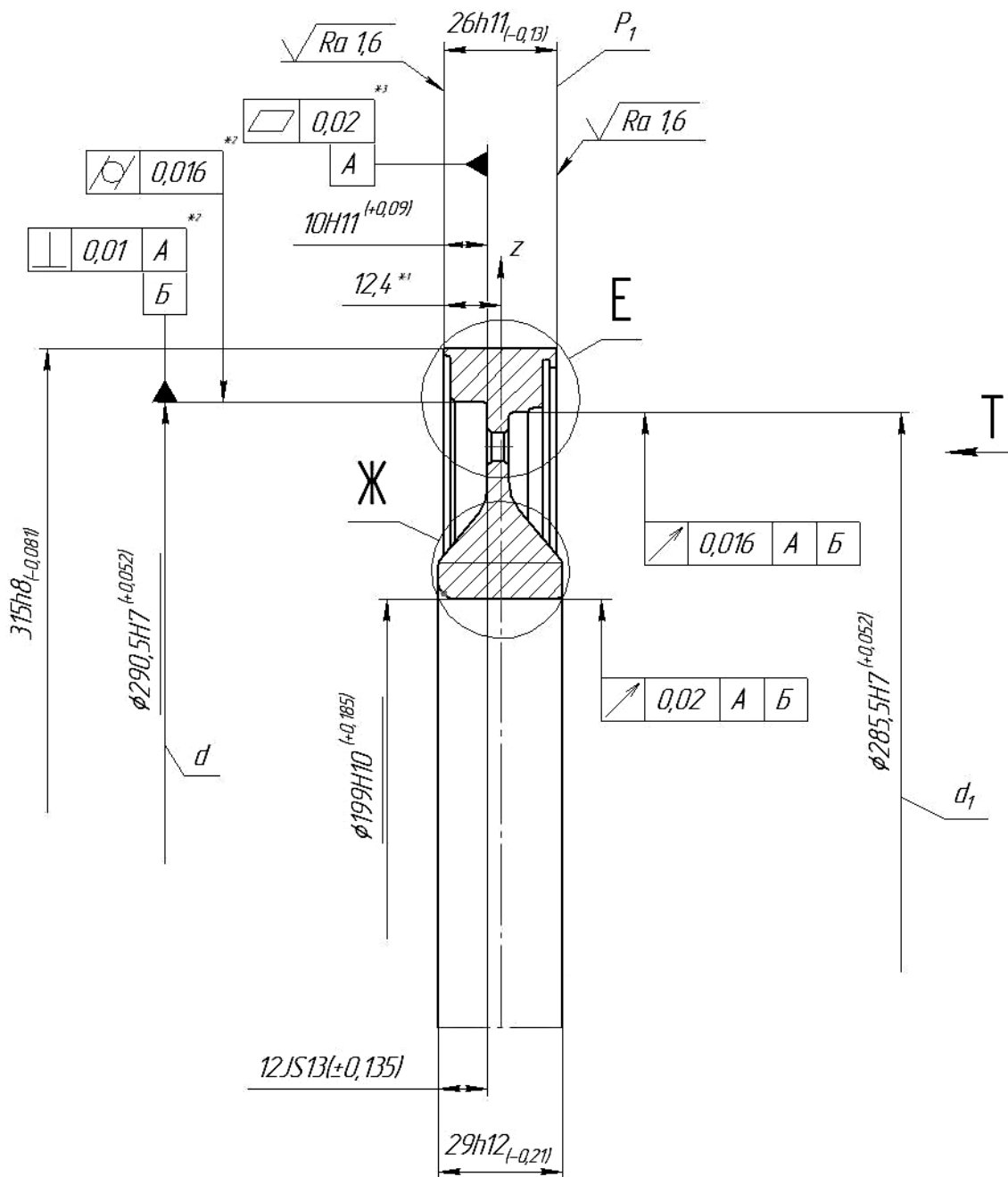


Рисунок 1.1 – Ескіз деталі «Диск»

Таблиця 1.1 – Хімічний склад титанового сплаву BT8-1

Сплав	Основні компоненти, % маси						
	Al	Sn	Zr	Mo	Si	Fe	Інші
BT8-1	5,8 - 6,8	0,4 - 1,5	0,5 - 1,5	2,8 - 3,8	0,10 - 0,25	0,2 - 0,4	≈90

Таблиця 1.2 – Фізико-механічні властивості сплаву ВТ8

Показники	Сплав ВТ8
σ , МПа	1000
δ , %	10,0
ψ , %	25,0
КСУ, Дж/м ²	34,3
КСТ, Дж/м ²	11,77
σ_{-1} , МПа	450,0
t (N=2x107)°C	450,0
σ_{-1H} , МПа	215,0
t (N=2x107, Kt=2,33)°C	450,0
σ_0 , МПа	666,0
t (N=2x104)°C	450,0

Особливість високоміцних титанових сплавів як конструкційного матеріалу – їх підвищена чутливість до концентраторів напруги. Тому при конструюванні дисків компресорів із цих сплавів необхідно враховувати низку вимог (підвищена якість поверхні, збільшення радіусів переходу від одних перерізів до інших тощо), аналогічних тим, які існують при застосуванні високоміцних сталей.

До цієї групи відносяться сплави з межею міцності $\sigma_b > 1000$ МПа, а саме (a + b)-сплави.

Зазначений сплав поряд з високою міцністю зберігають хорошу та задовільну технологічну пластичність у гарячому стані, що дозволяє отримувати з них різні напівфабрикати: листи, прутки, плити, поковки, штампування, профілі та ін.

Незважаючи на гетерофазність структури, сплав, що розглядається, володіє задовільною зварюваністю всіма видами зварювання, що застосовуються до титану. Для забезпечення необхідного рівня міцності та пластичності обов'язково проводять повний відпал.

Оброблюваність різанням задовільна. Обробку різанням металу можна проводити як у відпаленому, так і в термічно зміцненому стані.

Даний сплав має високу корозійну стійкість у відпаленому та термічно зміцненому станах у вологій атмосфері, морській воді, у багатьох інших агресивних середовищах, як і технічний титан.

1.2 Вибір типу виробництва і форми організації робіт

Тип виробництва визначається за ознаками широти номенклатури, регулярності, стабільності та обсягу випуску виробів.

Виробництво умовно ділять на одиничне, серійне та масове. У кожного з цих видів виробничий та технологічний процеси мають свої характерні особливості, і кожному з них властива певна форма організації роботи.

Форма організації виробництва характеризується рівнем спеціалізації робочих місць та принципом розташування обладнання.

Попередньо тип виробництва визначаємо за таблицею 2.2 методичних вказівок [4, с.22], виходячи з річної програми випуску $N = 2000$ шт. та маси оброблюваної на проєктованій ділянці деталі $m = 2,5$ кг як серійне виробництво.

Кількість заготовок у партії для одночасного запуску визначається за формулою (1.1).

Кількість деталей в партії можна визначити за формулою:

$$n = \frac{a \cdot N}{\Phi}, \quad (1.1)$$

де a – періодичність запуску (2 рази на тиждень);

Φ – кількість робочих днів на рік (255 днів на 2025 рік).

$$n = \frac{2 \cdot 2000}{255} \approx 16 \text{ шт.}$$

Форми організації технологічних процесів відповідно до ГОСТ 14312-74 залежить від виконання операцій ТП, розташування технологічного обладнання, кількості виробів.

Для обробки цієї деталі вибираємо змінно-потоківу форму організації ТП. За такої форми організації виробництва деталі надходять на ділянку партіями, та їх обробка здійснюється поточним методом. Після закінчення обробки однієї партії заготовок обладнання робочих місць ділянки відповідно переналагоджується і на ділянку надходить партія інших заготовок, що мають подібний технологічний процес.

1.3 Вибір виду і способу отримання заготовки з економічним обґрунтуванням

При виборі методу отримання заготовки призначають метод її отримання, визначають конфігурацію, розміри, допуски, припуски на обробку і формують технічні умови виготовлення [5].

Головним при виборі заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі за її мінімальної собівартості. Собівартість деталі визначається підсумовуванням собівартості заготівлі з калькуляції заготівельного цеху та собівартості її подальшої обробки до досягнення заданих вимог якості за кресленням [5].

При виготовленні первинних заготовок деталей машин необхідно постійно прагнути зниження трудомісткості їх обробки (обсягу механічної обробки) і витрати матеріалу. Заготовки повинні мати стабільну точність при обробці і мати технологічні бази [5].

Заготовки деталей машин отримують різними технологічними методами: литтям, куванням, гарячим об'ємним штампуванням, холодним висадженням з прокату, формоутворенням з порошкових матеріалів, виготовленням з прокату і т.д. Різні методи отримання заготовок можуть забезпечувати однакову точність і шорсткість поверхонь, але, при цьому, економічність цих методів, за однакової програми випуску, може бути різною [5].

Порівнюємо способи отримання заготовки - на молотах та КГШП.

Встановлюємо припуски на механічну обробку за [4, стр.12, табл. 1.3].

- для заготовки на молотах приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,7$ мм; для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 3,0$ мм; для розмірів $120 - 260$ мм $Z = 3,3$ мм; для розмірів $260 - 360$ мм $Z = 3,6$ мм;

- для заготовки на КГШП приймаємо для розмірів > 50 мм $Z = 2,1$ мм; для розмірів $50 - 120$ мм $Z = 2,2$ мм; для розмірів $120 - 260$ мм $Z = 2,5$ мм; для розмірів $260 - 360$ мм $Z = 2,7$ мм;

Ваги заготовок визначаємо за допомогою об'ємного моделювання у програмі NX. Згідно креслення вага деталі складає $q = 2,5$ кг.

Вага заготовки з врахуванням припусків складає на молотах $Q_1 = 8,042$ кг (рис. 1.2), на КГШП - $Q_2 = 5,4$ кг (рис. 1.3).

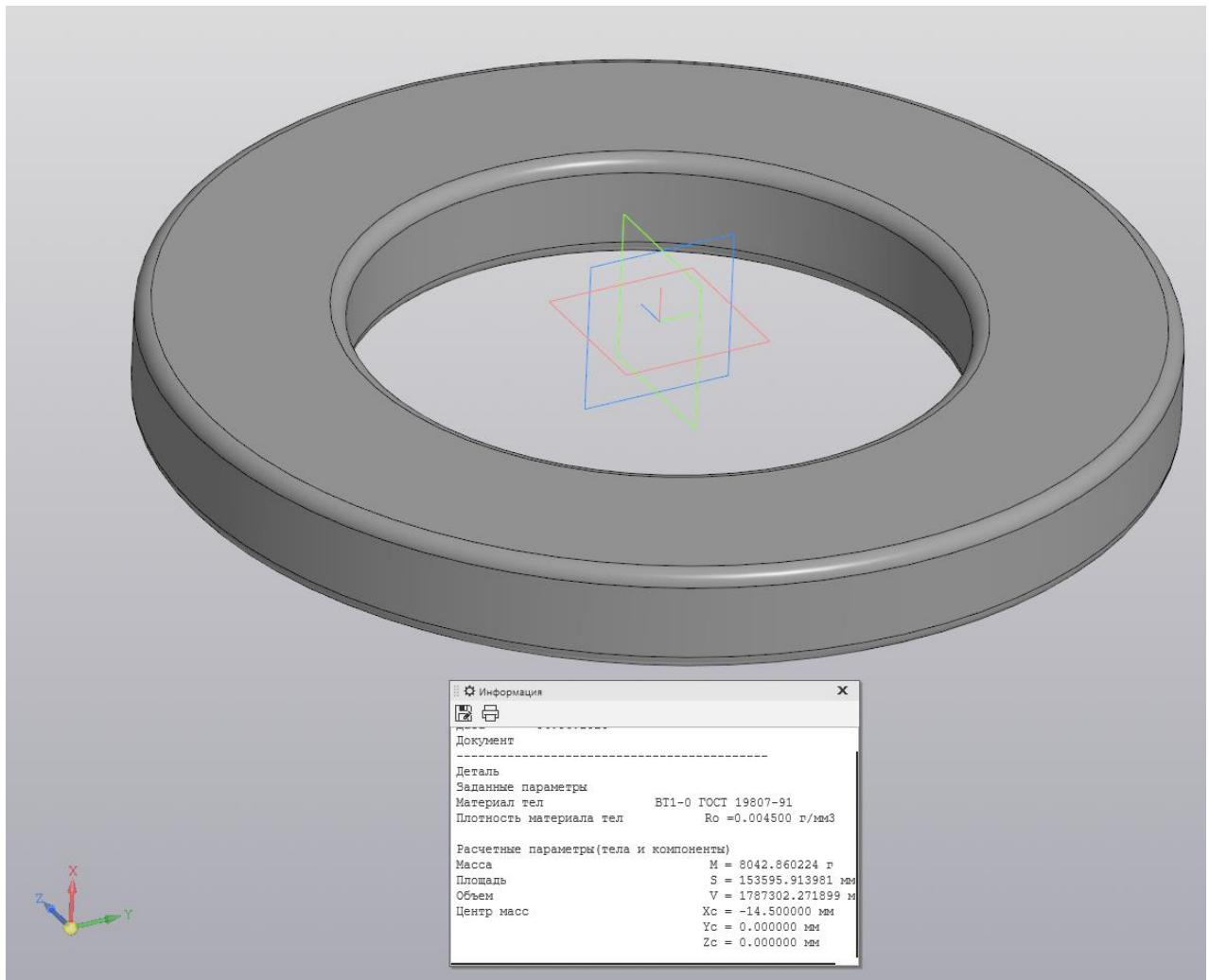


Рисунок 1.2 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на молотах

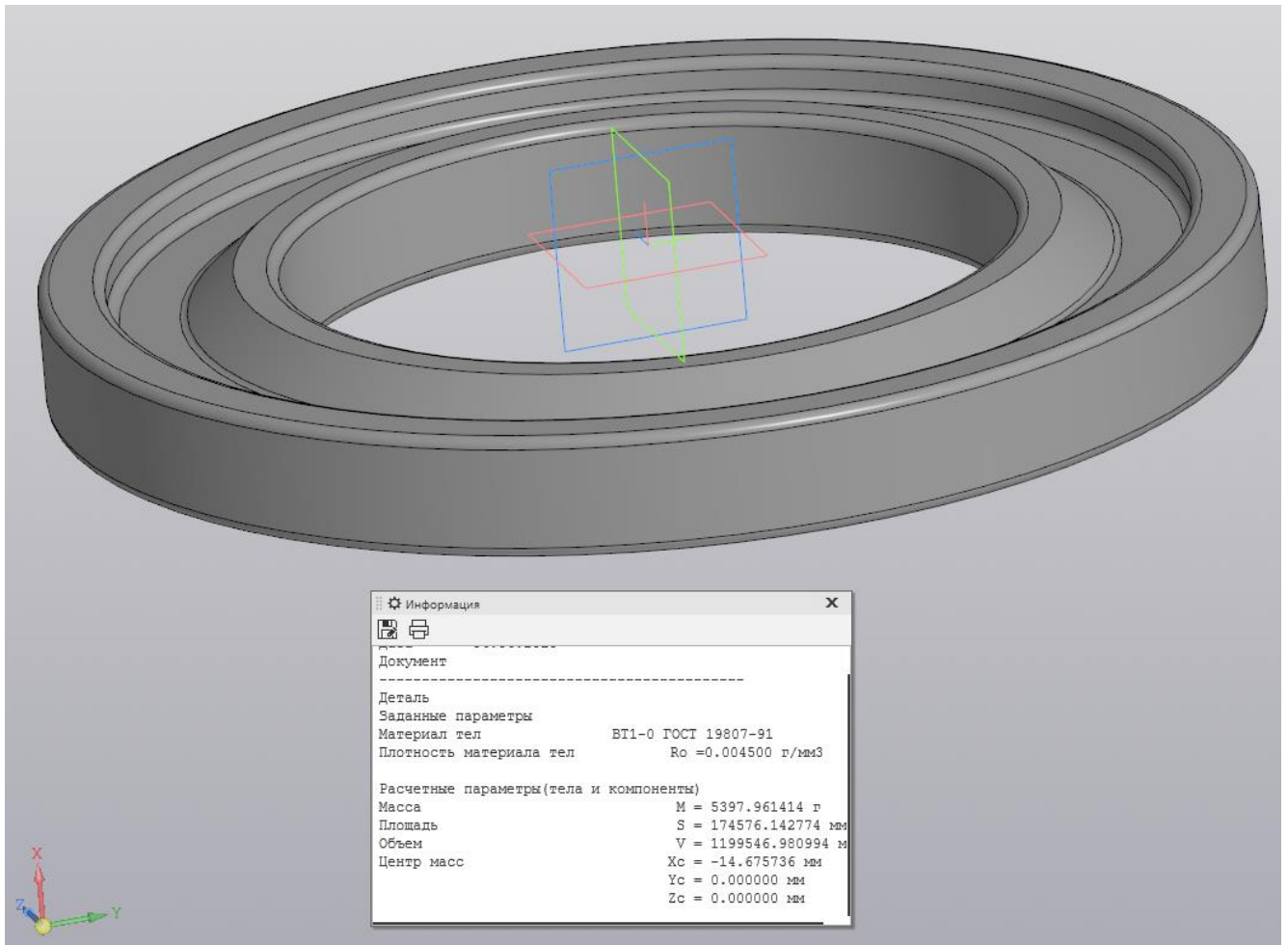


Рисунок 1.3 – Результат розрахунку МЦХ заготовки на КГШП

Вартість однієї заготовки розраховується по формулі:

$$B = \frac{B_6}{1000} \cdot Q \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_B \cdot K_3 \cdot K_{II} - (Q - q) \cdot \frac{B_{отх.}}{1000}, \quad (1.2)$$

де B_6 – базова вартість виготовлення однієї заготовки [4];

$K_T, K_M, K_B, K_3, K_{II}$ – коефіцієнти, що враховують відповідно матеріал, клас точності, групу складності, масу заготовки, програму випуску,[4];

$B_{отх.}$ – вартість 1т. стружки, грн. [4].

$$B_1 = \frac{3500}{1000} \cdot 8,042 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 - (8,042 - 2,5) \cdot \frac{140}{1000} = 37,53 \text{ грн.}$$

$$B_2 = \frac{3500}{1000} \cdot 5,4 \cdot 1,05 \cdot 1,8 \cdot 0,9 \cdot 1 \cdot 0,8 - (5,4 - 2,5) \cdot \frac{140}{1000} = 25,31$$

$$B_1 > B_2$$

Коефіцієнт використання матеріалу розраховується по формулі:

$$\eta = q/Q \quad (1.3)$$

$$\eta_1 = 2,5/8,042 = 0,31$$

$$\eta_2 = 2,5/5,4 = 0,46$$

$$\eta_1 < \eta_2$$

Отримані дані зводимо до таблиці 1.3.

Так як $B_1 > B_2$, а $\eta_1 < \eta_2$, то обираємо спосіб виготовлення заготовки – штампування на КГШП.

Таблиця 1.3 – Порівняльні показники за варіантами

Показники	Позначення	Вимірювання	Варіанти заготовки	
			молот	КГШП
Припуск на сторону	z	мм	2,7; 3; 3,3; 3,6;	2,1; 2,2; 2,5; 2,7
Вага заготовки	Q	кг	8,042	5,4
Базова вартість 1т. заготовки	B_0	грн	3500	3500
Коефіцієнти	K_T	-	1,05	
	K_M	-	1,8	
	K_B	-	0,9	0,9
	K_n	-	1	
	K_3	-	0,8	
Вартість 1т. стружки	$B_{отх}$	грн/тонну	140	
Вартість 1 заготовки	B	грн	37,53	25,31
Квм	η	-	0,31	0,46

Розраховуємо річні заощадження за вартістю виготовлення заготовок за формулою:

$$E_B = (B_1 - B_2) \cdot N \quad (1.4)$$

$$E_B = (37,53 - 25,31) \cdot 2000 = 24440 \text{ грн.}$$

Визначаємо річне заощадження матеріалу за формулою:

$$M_2 = \frac{q(\eta_2 - \eta_1)}{\eta_1 \cdot \eta_2} \cdot N \quad (1.5)$$

$$M_2 = \frac{2,5 \cdot (0,46 - 0,31)}{0,31 \cdot 0,46} \cdot 2000 = 5260 \text{ кг}$$

Отже, остаточно приймаємо спосіб отримання заготівки – штампування на КГШП.

1.4 Проектування технологічного маршруту виготовлення деталі

1.4.1 Вибір технологічних баз

Найважливішою умовою для отримання заданої точності та високої продуктивності є правильний вибір баз та схем базування. При виборі та призначенні технологічних баз необхідно дотримуватися таких основних правил:

- поверхня, прийнята як технологічна база, повинна бути одночасно конструкторською (основний чи допоміжної) базою так і технологічною. Тобто, технологічна база має збігатися з конструкторською (правило поєднання баз). Конструкторською називається база, що використовується для визначення положення деталі у виробі;

- для визначення точності взаємне розташування поверхонь деталі, що підлягають обробці в різних операціях технологічного процесу, бажано зберігати в них сталість технологічної бази. Це називається правилом сталості баз;

- в якості технологічної бази застосовувати по можливості найбільш протяжні та найбільш точно і чисто оброблені поверхні;
- необроблені поверхні застосовувати як технологічні (чорнові) бази тільки для перших операцій технологічного процесу;
- при використанні чорнових баз не допускати на їх поверхнях наявність випорів, облою та ін..

За чорнові бази (рис. 1.6) приймаємо необроблену циліндричну поверхню 2 з упором у торець 1 на першій механічній операції.

На чистових токарних операціях базовими поверхнями є зовнішня циліндрична поверхня 2 з торцем 1 та внутрішня поверхня 11 з торцем 8.

На горизонтально-свердлильній та довбальній операціях базовими поверхнями є торець 8 з центруванням по поверхні 11. На горизонтально-фрезерній деталь встановлюється та базується у призми, тому поверхня 2 є базовою.

На шліфувальних операціях шліфування відбувається у центрах.

1.4.2 Проектування маршруту обробки поверхонь

Маршрут обробки поверхонь (МОП) – це певна послідовність технологічних операцій обробки поверхні заготовки, необхідних досягнення заданих параметрів якості та точності.

Поняття уточнення заготовки при механічній обробці виникло у зв'язку з тим, що поверхню заготовки обробляють кілька разів, тобто. поверхню заготовки при механічній обробці уточнюють до вимог креслення.

Уточнення – це відношення значень показників якості заготовки до показників якості поверхні деталі.

Ескіз деталі з розміткою поверхонь показаний рис. 1.4.

Показники точності та якості основних поверхонь заносимо до таблиці 1.4.

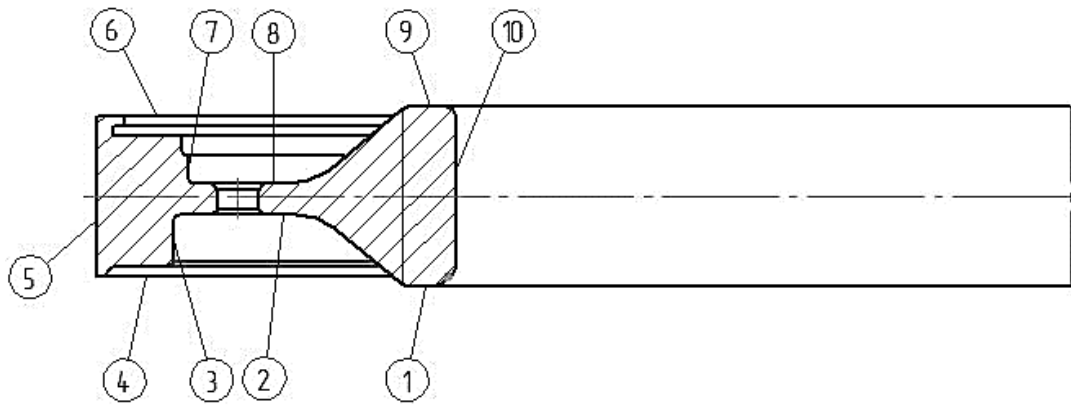


Рисунок 1.4 – Ескіз деталі з технологічною розміткою поверхонь

Таблиця 1.4 – Показники точності геометричних розмірів та якості основних поверхонь обробки

Номер поверхні та її основний геометричний розмір	Характер поверхні		Показники точності, взаємного розташування та якості поверхні			
	Вид	Тип	Квалітети точності розміру		Шорсткість, Ra, мкм	
			деталь	заготовка	деталь	заготовка
№1, 9 29h12 _{-0,21}	торцева	зовнішня	h12	~IT16	0,8	25
№2, 8 5h11 _{-0,075}	торцева	зовнішня	h11	~IT16	0,8	25
№3 Ø290,5H7 ^{+0,052}	циліндрична	внутрішня	H7	~IT16	0,8	25
№4, 6 26h11 _{-0,13}	торцева	зовнішня	h11	~IT16	1,6	25
№5 315h8 _{-0,081}	циліндрична	зовнішня	h8	~IT16	0,8	25
№7 Ø285,5H7 ^{+0,052}	циліндрична	внутрішня	H7	~IT16	0,8	25
№10 Ø199H10 ^{+0,185}	циліндрична	внутрішня	H10	~IT16	0,8	25

Для кожної поверхні розраховуємо загальні уточнення щодо кожного показника точності і найбільшого значення розраховуємо кількість переходів, необхідні досягнення заданого кресленням якості поверхні.

Для поверхні №3 з'ясовуємо технічні вимоги на оброблювану поверхню:

$$Td_d=0,052 \text{ мм} \quad Ra_d= 0,8 \text{ мкм.}$$

Встановлюємо допуски Td_3 та Ra_3 для поверхні вихідної заготовки:

$$es_{d3} = +1,8; \quad ei_{d3} = -1,2; \quad Td_3=3,0 \text{ мм} \quad Ra_3=25 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо потрібні уточнення за формулою:

$$\varepsilon_i = Td_{3i}/Td_{di}, \quad (1.6)$$

де Td_{3i} – допуск на i -й параметр вихідної заготовки;

Td_{di} – допуск по кресленню для i -го параметра готової деталі.

$$\varepsilon_{Td} = \frac{3000}{52} = 57,7; \quad \varepsilon_{Ra} = \frac{25}{0,8} = 31,3;$$

За найбільшим значенням ε розрахуємо кількість переходів механічної обробки k :

$$k = 2lg57,7 = 3,5, \text{ приймаємо } k = 4.$$

Визначаємо ступені показників точності та якості, які будуть забезпечуватись на кожному технологічному переході, орієнтуючись на визначену кількість k усіх переходів:

$$IT16 \rightarrow H13 \rightarrow H11 \rightarrow H9 \rightarrow H7$$

$$Ra50 \rightarrow Ra6,3 \rightarrow Ra3,2 \rightarrow Ra1,6 \rightarrow Ra0,8$$

Призначаємо технологічні переходи для обробки поверхонь, дотримуючись визначених квалітетів точності та показників шорсткості

Перехід 1 – точіння чорнове Н13, Td=0,81 мм, Ra 6,3:

$$\varepsilon_{Td1} = \frac{3000}{810} = 3,7; \quad \varepsilon_{Ra1} = \frac{25}{6,3} = 3,96;$$

Перехід 2 – точіння напівчистове Н11, Td=0,32 мм, Ra 3,2:

$$\varepsilon_{Td2} = \frac{810}{320} = 2,53; \quad \varepsilon_{Ra2} = \frac{6,3}{3,2} = 1,97;$$

Перехід 3 – точіння чистове Н9, Td=0,13 мм, Ra 1,6:

$$\varepsilon_{Td3} = \frac{320}{130} = 2,46; \quad \varepsilon_{Ra3} = \frac{3,2}{1,6} = 2;$$

Перехід 4 – шліфування Н7, Td=0,052 мм, Ra 0,8:

$$\varepsilon_{Td4} = \frac{130}{52} = 2,5; \quad \varepsilon_{Ra4} = \frac{1,6}{0,8} = 2;$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_d = 3,7 \cdot 2,53 \cdot 2,46 \cdot 2,5 = 57,7$$

$$\prod_{j=1}^3 \varepsilon_{Ra} = 3,96 \cdot 1,97 \cdot 2 \cdot 2 = 31,3$$

Отримані значення заносимо до таблиці 1.5. Для інших поверхонь виконуємо розрахунки аналогічно поверхні №3 та заносимо до таблиці 1.5.

Таблиця 1.5 – План обробки поверхонь

Характер та показник точності та якості поверхонь	Показник j	Уточнення ε	Кіл. переходів		Різниця показників та ППТЯ	i	МОП	Допуск		Уточнення	
			Розрахункове	Прийняте				Розмір	Шорсткість	Розмір	Шорсткість
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ 1, 9 торцева 29h12 _{-0,21} Ra0,8 Загот. IT16 Ra25	d	9,5			IT16 → h13 → h12 → h12 Ra25 → Ra3,2 → Ra1,6 → → Ra0,8	1	Заготовка	2000	25	-	-
	Ra	31,25	3	3		2	Точіння чорнове	330	3,2	6,06	7,81
						3	Точіння напівчистове	210	1,6	1,57	2,0
						4	Точіння чистове	210	0,8	1	2,0
							Загальне уточнення			9,5	31,3
№3 циліндрична Ø290,5H7 ^{-0,052} Ra0,8 Загот. IT16 Ra25	d	57,7	3,5	4	IT16 → H13 → H11 → H9 → H7 Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	3000	25	-	-
	Ra	31,3				2	Точіння чорнове	810	6,3	3,7	3,97
						3	Точіння напівчистове	320	3,2	2,53	1,97
						4	Точіння чистове	130	1,6	2,46	2
						5	Шліфування	52	0,8	2,5	2
							Загальне уточнення			57,7	31,3

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№ 2, 8 торцева 5h11-0,075 Ra0,8 Загот. IT16 Ra25	d	26,7			IT16 → h13 → h12 → h11 Ra25 → Ra3,2 → Ra1,6 → → Ra0,8	1	Заготовка	2000	25	-	-
	Ra	31,3	3	3		2	Точіння чорнове	180	3,2	11,1	7,81
						3	Точіння чистове	120	1,6	1,5	2
						4	Шліфування	75	0,8	1,6	2
						Загальне уточнення				26,7	31,3
№ 4, 6 торцева 26h11-0,13 Ra1,6 Загот. IT16 Ra25	d	15,4			IT16 → h13 → h11 Ra25 → Ra3,2 → Ra1,6	1	Заготовка	2000	25	-	-
	Ra	15,6	2,4	2		2	Точіння чорнове	330	3,2	6,06	7,81
						3	Точіння чистове	130	1,6	2,54	2
						Загальне уточнення				15,4	15,6
№5 циліндрична Ø315h8-0,081 Ra0,8 Загот. IT16 Ra25	d	37,04	3,13	3	IT16 → h13 → h11 → h8 Ra25 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	1	Заготовка	3000	25	-	-
	Ra	31,25				2	Точіння чорнове	810	3,2	3,7	7,81
						3	Точіння чистове	320	1,6	2,53	2
						4	Шліфування	81	0,8	3,95	2
						Загальне уточнення				37,04	31,3

Продовження таблиці 1.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
№7 циліндрична Ø285,5H7 ^{+0,052} Ra0,8 Загот. IT16 Ra25	d	57,7	3,5	4	IT16 → H13 → H11 → H9 → H7	1	Заготовка	3000	25	-	-
	Ra	31,25				2	Точіння чорнове	810	6,3	3,7	3,97
					Ra25 → Ra6,3 → Ra3,2 → → Ra1,6 → Ra0,8	3	Точіння напівчистове	320	3,2	2,53	2
						4	Точіння чистове	130	1,6	2,46	2
						5	Шліфування	52	0,8	2,5	2
						Загальне уточнення				57,7	31,25
№10 циліндрична Ø199H10 ^{+0,185} Ra0,8 Загот. IT16 Ra25	d	15,14			IT16 → H13 → H11 → H10	1	Заготовка	2800	25	-	-
	Ra	31,25	2,99	3		2	Точіння чорнове	720	3,2	3,9	7,81
					Ra25 → Ra3,2 → Ra1,6 → Ra0,8	3	Точіння чистове	290	1,6	2,48	2
						4	Шліфування	185	0,8	1,57	2
						Загальне уточнення				15,14	31,25

1.4.3 Маршрут виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі (МВД) – це загальний план, у якому на основі компоновання раніше розроблених МОП встановлено склад та послідовність операцій ТП, розроблено схеми установок, вказано тип і модель верстата, встановлено технологічні комплекси, наведено вхідні та вихідні характеристики оброблюваних поверхонь. Насамперед обробляють поверхні, які будуть технологічними базами при подальшій обробці заготовки.

Оскільки виробництво серійне, тому використовуване обладнання (верстати): універсальне, частково спеціалізоване та спеціальне, верстати з ЧПК; оснащення універсальне та спеціальне; різальний інструмент: універсальний та спеціальний; мірятьний інструмент: калібри та спеціальний.

Розробимо загальну (етапну) схему обробки. Вивчивши креслення деталі та технічні умови, а також прийнявши за основу раніше розроблений МОП, складаємо загальну етапну схему обробки заготовки:

1 етап – отримання заготовки – штампування на кривошипних гарячештамповочних пресах;

2 етап – термічна обробка (нормалізація) для зняття внутрішніх напружень після штампування;

3 етап – чорнова механічна обробка для отримання базових поверхонь;

4 етап – термічна обробка (гарт, відпустка);

5 етап – напівчистова та чистова механічна обробка, підготовка чистових баз;

6 етап – остаточна обробка – шліфування;

7 етап – контрольна, перевірка оброблених поверхонь;

8 етап – балансування.

Чистові операції виконуються на верстатах з ЧПК, так як такі верстати мають більш ширші можливості, високу точність обробки та можливість суміщати різні типи операцій за одну установку.

1.5 Розрахунок припусків і технологічних розмірів

1.5.1 Розрахунок припусків і технологічних розмірів аналітичним методом

Виконаємо розрахунок припусків та розмірів аналітичним методом для поверхні $\varnothing 315h8_{-0,081}$.

По [6, табл.23, стор.146] з урахуванням маси заготовки $Q = 5,4$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, габаритів поверхні для штампування підвищеної точності визначаємо граничні відхилення заготовки:
 $Td_{\text{заг}} = \left(\begin{array}{c} +1,8 \\ -1,2 \end{array} \right) = 3000 \text{ мкм.}$

Встановлюємо нормативні значення показників якості поверхонь переходів механічної обробки:

Перехід 1 - заготовка: по [7, табл.12, стор.186]: $Rz = 200 \text{ мкм}; h = 250 \text{ мкм};$

Сумарні відхилення розташування поверхонь:

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{\rho_{\text{кор}}^2 + \rho_{\text{см}}^2}, \quad (1.7)$$

де $\rho_{\text{кор}}$ – короблення поверхні, визначається по формулі (1.8):

$$\rho_{\text{кор}} = \Delta_{\text{кор}} \cdot d, \quad (1.8)$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – кривизна заготовок, $\Delta_{\text{кор}} = 1,2 \text{ мкм/мм}$ [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_{\text{кор}} = 1,2 \cdot 315 = 378 \text{ мкм.}$$

$\rho_{\text{см}}$ – короблення зміщення, $\rho_{\text{см}} = 450 \text{ мкм}$ [7, табл.18, стор.187];

$$\rho_{\text{заг}} = \sqrt{378^2 + 450^2} = 588 \text{ мкм.}$$

Перехід 2 – термообробка (нормалізація): $\Delta_{\text{кор}} = 1,0 \text{ мкм/мм}$ [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_2 = 1,0 \cdot 315 = 315 \text{ мкм.}$$

Перехід 3 - точіння чорнове: по [7, табл.25, стор.188]: Rz = 50 мкм; h = 50 мкм

$$\rho_3 = \rho_{\text{заг}} \cdot k, \quad (1.9)$$

де k - коефіцієнт уточнення [7, табл.29, стор.190];

$$\rho_3 = 588 \cdot 0,06 = 35 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{Tl_{\text{заг}}^2 + 1}, \quad (1.10)$$

де ε_3 – похибка встановлення деталі при закріпленні;

$$\varepsilon_3 = 0,25\sqrt{3^2 + 1} = 791 \text{ мкм.}$$

Перехід 4 – термообробка (гарт, відпустка): $\Delta_{\text{кор}} = 1,0$ мкм/мм [7, табл.16, стор.186];

$$\rho_4 = 1,0 \cdot 35 = 35 \text{ мкм.}$$

Перехід 5 – точіння чистове: Rz = 25 мкм; h = 25 мкм

$$\rho_5 = 35 \cdot 0,05 = 2 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 791 \cdot 0,05 = 40 \text{ мкм.}$$

Перехід 6 – шліфування: Rz = 5 мкм; h = 10 мкм

$$\rho_5 = 2 \cdot 0,02 = 1 \text{ мкм.}$$

$$\varepsilon_5 = 40 \cdot 0,02 = 1 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків за формулою:

$$2Z_{\min i} = 2 \left[Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right], \quad (1.11)$$

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

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

ρ_{i-1} – сумарні відхилення розташування поверхонь на попередньому переході;

ε_i – похибка установки заготовки на переході.

$$2Z_{3 \min} = 2 \left[200 + 250 + \sqrt{588^2 + 791^2} \right] = 2870 \text{ мкм};$$

$$2Z_{5 \min} = 2 \left[50 + 50 + \sqrt{35^2 + 40^2} \right] = 306 \text{ мкм};$$

$$2Z_{6 \min} = 2 \left[25 + 25 + \sqrt{2^2 + 1^2} \right] = 105 \text{ мкм};$$

Розраховуємо технологічні розміри шляхом розмірних ланцюгів. Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

$$d_{i \max} = d_{i+1 \max} + 2Z_{i+1 \min} + Td_i \quad (1.12)$$

$$d_{5 \max} = d_{6 \max} + 2Z_{6 \min} + Td_5 = 315 + 0,105 + 0,32 = 315,425 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{5 \max} = 315,43 \text{ мм}$$

$$d_{3 \max} = d_{5 \max} + 2Z_{5 \min} + Td_3 = 315,43 + 0,306 + 0,81 = 316,546 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{3 \max} = 316,55 \text{ мм}$$

$$d_{\text{заг} \max} = d_{3 \max} + 2Z_{3 \min} + Td_{\text{заг}} = 316,55 + 2,87 + 3 = 322,42 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } d_{\text{заг} \max} = 322,4 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

$$d_{i \min} = d_{i \max} - Td_i \quad (1.13)$$

$$d_{\text{зар min}} = d_{\text{зар max}} - Td_{\text{зар}} = 322,4 - 3 = 319,4 \text{ мм}$$

$$d_3 \text{ min} = d_3 \text{ max} - Td_3 = 316,55 - 0,81 = 315,74 \text{ мм}$$

$$d_5 \text{ min} = d_5 \text{ max} - Td_5 = 315,43 - 0,32 = 315,11 \text{ мм}$$

$$d_6 \text{ min} = d_6 \text{ max} - Td_6 = 315 - 0,081 = 314,919 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$2Z_{i \text{ max}} = d_{i-1 \text{ max}} - d_{i \text{ min}} \quad (1.14)$$

$$2Z_3 \text{ max} = d_{\text{зар max}} - d_3 \text{ min} = 322,4 - 315,74 = 6,66 \text{ мм}$$

$$2Z_5 \text{ max} = d_3 \text{ max} - d_5 \text{ min} = 316,55 - 315,11 = 1,44 \text{ мм}$$

$$2Z_6 \text{ max} = d_5 \text{ max} - d_6 \text{ min} = 315,43 - 315 = 0,43 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$2Z_{i \text{ min}} = d_{i-1 \text{ min}} - d_{i \text{ max}} \quad (1.15)$$

$$2Z_3 \text{ min} = d_{\text{зар min}} - d_3 \text{ max} = 319,4 - 316,55 = 2,85 \text{ мм}$$

$$2Z_5 \text{ min} = d_3 \text{ min} - d_5 \text{ max} = 315,74 - 315,43 = 0,31 \text{ мм}$$

$$2Z_6 \text{ min} = d_5 \text{ min} - d_6 \text{ max} = 315,11 - 314,919 = 0,191 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \text{ max}} - 2Z_{0 \text{ min}} = Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}}, \quad (1.16)$$

$$2Z_{0 \text{ max}} = d_{\text{зар max}} - d_6 \text{ min} = 322,4 - 314,919 = 7,481 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \text{ min}} = d_{\text{зар min}} - d_6 \text{ max} = 319,4 - 315 = 4,4 \text{ мм}$$

$$7,481 - 4,4 = 3 + 0,081$$

$$3,081 = 3,081$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$d_{\text{заг ном}} = d_{\text{заг min}} + ei d_{\text{заг}} = d_{\text{заг max}} - es d_{\text{заг}}, \quad (1.17)$$

$$d_{\text{заг ном}} = 319,4 + 1,2 = 322,4 - 1,8 = 320,6$$

$$d_{\text{заг}} = \varnothing 320,6_{-1,2}^{+1,8}$$

$$d_3 = \varnothing 315,74_{-0,81}$$

$$d_5 = \varnothing 315,11_{-0,32}$$

$$d_6 = \varnothing 315_{-0,081}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

1.5.2 Розрахунок припусків і технологічних розмірів табличним методом

За ГОСТ 7505-74 [8, табл. 49, стр. 248], враховуючи масу заготовки $Q = 5,4$ кг, матеріалу деталі - група сталі М2, ступінь складності штампування С2, клас чистоти поверхні деталі, розмірний інтервал, знаходимо загальний мінімальний припуск на заготовку для розміру $26h11_{-0,13}$: $Z_{0 \text{ min}} = 2,9$ мм на сторону. Загальний припуск розкладаємо між переходами механічної обробки, використовуючи коефіцієнт співвідношення припусків:

$$Z_{i \text{ min}} = j_i \cdot 2Z_{0 \text{ min}}, \quad (1.18)$$

де j_i – коефіцієнт співвідношення припуску;

$$Z_{3-4 \text{ min}} = 0,76 \cdot 2,9 = 2,2 \text{ мм}$$

$$Z_{5-6 \text{ min}} = 0,24 \cdot 2,9 = 0,7 \text{ мм}$$

Розглянута поверхня зовнішня, тому розрахункові розміри визначаємо як максимальні.

$$l_{i \max} = l_{i+1 \max} + Z_{i+1 \min} + Tl_i \quad (1.19)$$

$$l_{4 \max} = l_{5 \max} + Z_{5 \min} + Tl_4 = 26 + 0,7 + 0,13 = 26,83 \text{ мм}$$

$$l_{3 \max} = l_{4 \max} + Z_{4 \min} + Tl_3 = 26,83 + 0,7 + 0,33 = 27,86 \text{ мм}$$

$$l_{2 \max} = l_{3 \max} + Z_{3 \min} + Tl_2 = 27,86 + 2,2 + 0,33 = 30,39 \text{ мм}$$

$$l_{\text{заг} \max} = l_{2 \max} + Z_{2 \min} + Tl_{\text{заг}} = 30,39 + 2,2 + 2 = 34,59 \text{ мм}$$

$$\text{Приймаємо } l_{\text{заг} \max} = 34,6 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні розміри:

$$l_{i \min} = l_{i \max} - Tl_i \quad (1.20)$$

$$l_{\text{заг} \min} = l_{\text{заг} \max} - Tl_{\text{заг}} = 34,6 - 2 = 32,6 \text{ мм}$$

$$l_{3 \min} = l_{3 \max} - Tl_3 = 30,39 - 0,33 = 30,06 \text{ мм}$$

$$l_{4 \min} = l_{4 \max} - Tl_4 = 27,86 - 0,33 = 27,53 \text{ мм}$$

$$l_{5 \min} = l_{5 \max} - Tl_5 = 26,83 - 0,13 = 26,7 \text{ мм}$$

$$l_{6 \min} = l_{6 \max} - Tl_6 = 26 - 0,13 = 25,87 \text{ мм}$$

Визначаємо граничні значення припусків для переходів механічної обробки.

Розраховуємо максимальні значення припусків:

$$Z_{i \max} = l_{i-1 \max} - l_{i \min} \quad (1.21)$$

$$Z_{3 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{3 \min} = 34,6 - 30,06 = 4,54 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \max} = l_{3 \max} - l_{4 \min} = 30,39 - 27,53 = 2,86 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \max} = l_{4 \max} - l_{5 \min} = 27,86 - 26,7 = 1,16 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \max} = l_{5 \max} - l_{6 \min} = 26,83 - 25,87 = 0,96 \text{ мм}$$

Розраховуємо мінімальні значення припусків:

$$Z_{i \min} = l_{i-1 \max} - l_{i \min} \quad (1.22)$$

$$Z_{3 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{3 \max} = 32,6 - 30,39 = 2,21 \text{ мм}$$

$$Z_{4 \min} = l_{3 \min} - l_{4 \max} = 30,06 - 27,86 = 2,2 \text{ мм}$$

$$Z_{5 \min} = l_{4 \min} - l_{5 \max} = 27,53 - 26,83 = 0,7 \text{ мм}$$

$$Z_{6 \min} = l_{5 \min} - l_{6 \max} = 26,7 - 26 = 0,7 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку розрахунків за контрольним правилом:

$$TZ_0 = 2Z_{0 \max} - 2Z_{0 \min} = Tl_{\text{заг}} + Tl_{\text{дет}}, \quad (1.23)$$

$$2Z_{0 \max} = l_{\text{заг} \max} - l_{6 \min} = 34,6 - 25,87 = 8,73 \text{ мм}$$

$$2Z_{0 \min} = l_{\text{заг} \min} - l_{6 \max} = 32,6 - 26 = 6,6 \text{ мм}$$

$$8,73 - 6,6 = 2,13 = 2,0 + 0,13$$

Визначаємо номінальний розмір заготовки та технологічні виконавчі розміри:

$$l_{\text{заг} \text{ ном}} = l_{\text{заг} \min} + ei l_{\text{заг}} = l_{\text{заг} \max} - es l_{\text{заг}}, \quad (1.24)$$

$$l_{\text{заг} \text{ ном}} = 32,6 + 0,7 = 34,6 - 1,3 = 33,3$$

$$l_{\text{заг}} = 33,3_{-0,7}^{+1,3}$$

$$l_3 = 30,39_{-0,33}$$

$$l_4 = 27,86_{-0,33}$$

$$l_5 = 26,83_{-0,13}$$

$$l_6 = 26_{-0,13}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 1.6.

Таблиця 1.6 – Розрахунок припусків технологічних розмірів

Характеристика поверхні	МОП		Елементи припусків, мкм				Розрахунковий, мм		Допу ск мм	Граничні відхилення розмірів, мм		Граничне значення припусків, мкм		Виконавчий розмір, мм
	i	Метод обробки	Rz	h	ρ	ϵ_y	2Z	d	Td	d _{max}	d _{min}	2Z _{max}	2Z _{min}	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№5 Циліндрич. зовнішня Ø315h8-0,081 Ra0,8	1	Заготовка	200	250	588	-	-	322,42	3,0	322,4	319,4	-	-	Ø320,6 ^{+1,8} _{-1,2}
	2	ТО	-	-	315	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	Точіння чорнове	50	50	35	791	2,87	316,546	0,81	316,55	315,74	6660	2850	Ø316,55 _{-0,81}
	4	ТО	-	-	35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	5	Точіння чистове	25	25	2	40	0,306	315,425	0,32	315,43	315,11	1440	310	Ø315,43 _{-0,32}
	6	Шліфування	5	10	1	1	0,105	315	0,081	315	314,919	430	191	Ø315 _{-0,081}
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{зар}} + Td_{\text{дет}}; 7,481 - 4,4 = 3 + 0,081; 3,081 = 3,081$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№4, 6 Торцева зовнішня 26h11-0,13 Ra1,6	1	Заготовка					-	34,59	2,0	34,6	32,6	-	-	$33,3^{+1,3}_{-0,7}$
	2	Точіння чорнове					2,2	30,39	0,33	30,39	30,06	4540	2210	$30,39_{-0,33}$
	3	Точіння чорнове					2,2	27,86	0,33	27,86	27,53	2860	2200	$27,86_{-0,33}$
	4	Точіння чистове					0,7	26,83	0,13	26,83	26,7	1160	700	$26,83_{-0,13}$
	5	Точіння чистове					0,7	26	0,13	26	25,87	960	700	$26_{-0,13}$
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{заг} + Td_{дет}; \quad 8,73 - 6,6 = 2,0 + 0,13; 2,13 = 2,13$													
№3 Циліндрична внутрішня Ø290,5H7 ^{+0,052} Ra0,8	1	Заготовка					-	278,64	3,0	281,6	278,6	-	-	$Ø280,4^{+1,2}_{-1,8}$
	2	Точіння чорнове					4,6	286,24	0,81	287,05	286,24	8450	4640	$Ø286,24^{+0,81}$
	3	Точіння напівчистове					2,2	289,25	0,32	289,57	289,25	3330	2200	$Ø289,25^{+0,32}$
	4	Точіння чистове					0,6	290,17	0,13	290,3	290,17	1050	600	$Ø290,17^{+0,13}$
	5	Шліфування					0,2	290,5	0,052	290,55	290,5	382	200	$Ø290,5^{+0,052}$
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{заг} + Td_{дет}; \quad 11,952 - 8,9 = 3 + 0,052; 3,052 = 3,052$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№1, 9 Торцева зовнішня 29h12-0,21 Ra0,8	1	Заготовка					-	38,09	2,0	38,1	36,1	-	-	$36,8_{-0,7}^{+1,3}$
	2	Точіння чорнове					2,0	34,09	0,33	34,09	33,76	4340	2010	$34,09_{-0,33}$
	3	Точіння чорнове					2,0	31,76	0,33	31,76	31,43	2660	2000	$31,76_{-0,33}$
	4	Точіння чистове					0,8	30,63	0,21	30,63	30,42	1340	800	$30,63_{-0,21}$
	5	Точіння чистове					0,8	29,62	0,21	29,62	29,41	1220	800	$29,62_{-0,21}$
	6	Шліфування					0,1	29,31	0,21	29,31	29,1	520	100	$29,31_{-0,21}$
	7	Шліфування					0,1	29	0,21	29	28,79	520	100	$29_{-0,21}$
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad 9,31 - 7,1 = 2 + 0,21; 2,21 = 2,21;$													
№10 Циліндрична внутрішня $\varnothing 199H10^{+0,185}$ Ra0,8	1	Заготовка					-	187,79	2,8	190,6	187,8	-	-	$\varnothing 189,6_{-1,8}^{+1,0}$
	2	Точіння чорнове					6,0	196,59	0,72	197,31	196,59	9510	5990	$\varnothing 196,59^{+0,72}$
	3	Точіння чистове					1,2	198,51	0,29	198,8	198,51	2210	1200	$\varnothing 198,51^{+0,29}$
	4	Шліфування					0,2	199	0,185	199,185	199	675	200	$\varnothing 199^{+0,185}$
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad 11,385 - 8,4 = 2,8 + 0,185; 2,985 = 2,985;$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№2, 8 Торцева зовнішня 5h11-0,075 Ra0,8	1	Заготовка					-	14,28	2,0	14,3	12,3	-	-	$13^{+1,3}_{-0,7}$
	2	Точіння чорнове					2,5	9,78	0,18	9,78	9,6	4700	2520	$9,78_{-0,18}$
	3	Точіння чорнове					2,5	7,1	0,18	7,1	6,92	2860	2500	$7,1_{-0,18}$
	4	Точіння чистове					0,7	6,22	0,12	6,22	6,1	1000	700	$6,22_{-0,12}$
	5	Точіння чистове					0,7	5,395	0,12	5,4	5,28	940	700	$5,4_{-0,12}$
	6	Шліфування					0,1	5,175	0,075	5,175	5,1	300	105	$5,175_{-0,075}$
	7	Шліфування					0,1	5	0,075	5	4,925	250	100	$5_{-0,075}$
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0\max} - 2Z_{0\min} = Td_{\text{заг}} + Td_{\text{дет}}; \quad 9,375 - 7,3 = 2 + 0,075; 2,075 = 2,075;$													

Продовження таблиці 1.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
№7 Циліндрична внутрішня Ø285,5H7 ^{+0,052} Ra0,8	1	Заготовка					-	273,64	3,0	276,6	273,6	-	-	Ø275,4 ^{+1,2} _{-1,8}
	2	Точіння чорнове					4,6	281,24	0,81	282,05	281,24	8450	4640	Ø281,24 ^{+0,81}
	3	Точіння напівчистове					2,2	284,25	0,32	284,57	284,25	3330	2200	Ø284,25 ^{+0,32}
	4	Точіння чистове					0,6	285,17	0,13	285,3	285,17	1050	600	Ø285,17 ^{+0,13}
	5	Шліфування					0,2	285,5	0,052	285,552	285,5	382	200	Ø285,5 ^{+0,052}
Перевірка	$TZ_0 = 2Z_{0max} - 2Z_{0min} = Td_{зар} + Td_{дет}; \quad 6,725 - 4,9 = 1,8 + 0,025; 1,825 = 1,825;$													

1.6 Розрахунок режимів різання

1.6.1 Операція 015 – Токарна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу аналітичним способом на операцію 015 – токарну з ЧПК (рис.1.6). Обробка виконується на токарному верстаті з ЧПК LB2000 EX.

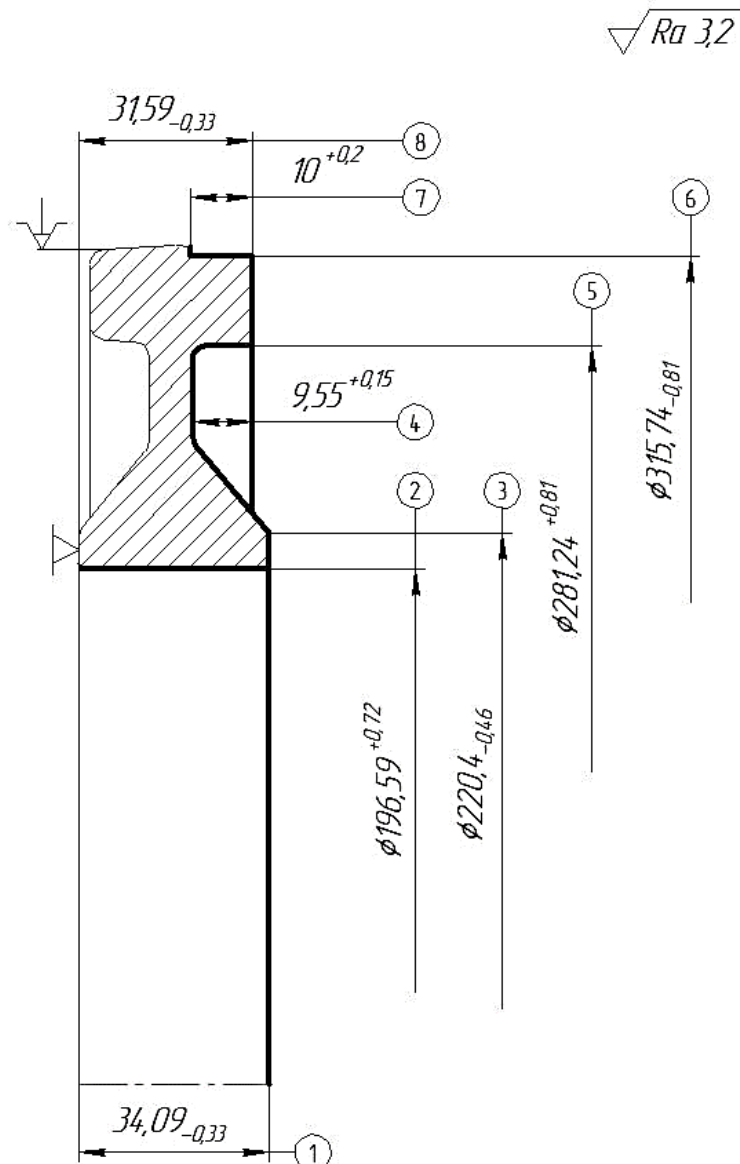


Рисунок 1.6 – Ескіз до обробки на операції 015 – токарної з ЧПК

Обробка виконується за 5 переходів.

Перехід №1 – підрізати торець 1.

Вибираємо різець: матеріал різальної частини різця беремо з [1,стор.115-118], геометричні параметри різальної частини різця з [1,стор.119-136], вибираємо розміри поперечного перерізу корпусу різця за паспортом верстата - різець збірний прохідний з мех.кріпленням пластин 16x16 r=1 мм ВК8 ГОСТ 21151-75

Знаходимо глибину різання t , мм:

$$t = 36,8 - 34,09 = 2,71 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу - S_0 мм/об [7,стор.268, табл.11] $S_0 = 0,6$ мм/об

Коректуємо значення подачі за паспортом верстату, приймаємо менше значення $S_{0\text{вт}}$ (мм/об) [10,стор.421]. Приймаємо $S_{0\text{вт}} = 0,6$ мм/об.

Визначаємо швидкість різання, яка допускається властивостями різця за формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S_{0\text{вт}}^y} \cdot K_v, \text{ м/хв}, \quad (1.25)$$

де T - стійкість інструменту, $T = 60$ хв;

C_v, m, x, y вибираємо з [7,стор. 269-270,табл. 17], $C_v=350, m=0,2, x=0,15, y=0,35$;

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{uv} \cdot K_{\varphi v} \cdot K_{\phi v} \cdot K_{rv}, \quad (1.26)$$

де K_{mv} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на швидкість різання [7,стор. 261,табл. 3],

$K_{mv} = 0,35$;

$$K_v = 0,35 \cdot 0,8 \cdot 0,65 \cdot 0,7 \cdot 0,97 \cdot 0,94 = 0,12$$

$$V = \frac{350}{60^{0,2} \cdot 2,71^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}} \cdot 0,12 = 17,66 \text{ м/хв}$$

Визначаємо частоту обертів оброблюваної деталі, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання в хв^{-1} :

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D_{max}}, \quad (1.28)$$

$$n = \frac{1000 \cdot 17,66}{3,14 \cdot 222} = 25$$

Одержані значення частоти обертів, оброблюваної деталі коректуємо за паспортом верстату. Так як регулювання частоти обертання безступінчате, то приймаємо $n_{BT} = 25 \text{ хв}^{-1}$

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв.

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{BT}}{1000}, \quad (1.29)$$

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 222 \cdot 25}{1000} = 17,4 \text{ м/хв}$$

Визначаємо силу різання P_z за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V_d^n \cdot K_p, \quad (1.30)$$

де C_p, x, y, m визначаємо по [7, стор. 273-274], $C_p=300$, $x=1,0$, $y=0,75$, $m=-0,15$.

$$K_p = K_{mp} \cdot K_{yp} \cdot K_{\varphi p} \cdot K_{\lambda p} \cdot K_{rp}, \quad (1.31)$$

де K_p - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив конкретних умов обробки.

K_{mp} - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив фізико - механічних властивостей оброблюваного матеріалу на силові залежності [7, стор. 264, табл. 9].

$K_{\varphi p}, K_{yp}, K_{\lambda p}, K_{rp}$ - поправочний коефіцієнт, який враховує вплив геометричних параметрів різця на силу різання [7, стор. 275, табл. 23].

$$K_p = \left(\frac{1000}{750}\right)^{0,75} \cdot 0,89 \cdot 1,25 \cdot 1,0 \cdot 0,93 = 1,28$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 2,71^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 17,4^{-0,15} \cdot 1,28 = 4622,0 \text{ Н}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт.

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60}, \quad (1.32)$$

$$N = \frac{4622 \cdot 17,4}{1020 \cdot 60} = 1,31 \text{ кВт}$$

Вибраний режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою:

$$N_{\text{різ}} < N_{\text{шп}},$$

де $N_{\text{шп}}$ - потужність на шпинделі верстату.

$$N_{\text{шп}} = N_{\text{дв}} \cdot \eta, \text{ кВт}, \quad (1.33)$$

де $N_{\text{дв}}, \eta$ вибираємо з [10, стор. 421], $N_{\text{дв}} = 10 \text{ кВт}, \eta = 0,75$

$$N_{\text{шп}} = 10 \cdot 0,75 = 7,5 \text{ кВт}$$

$$1,31 \text{ кВт} < 7,5 \text{ кВт} \text{ — умова виконується}$$

Визначаємо машинний час

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_{\text{овт}}} \cdot i, \text{ хв}, \quad (1.34)$$

де L – шлях інструменту в напрямку подачі в мм;

i - кількість робочих ходів,

$$L = l + y + \Delta \quad (1.35)$$

де l – розмір поверхні, що оброблюється в напрямку подачі в мм;

$y = t \cdot \tan \varphi$ – величина вривання мм, де φ – головний кут в плані;

$\Delta - 1 \div 3$ мм – вихід ріжучого інструменту (перебіг);

$$t_0 = \frac{16,2 + 2,71 + 3}{25 \cdot 0,6} \cdot 1 = 1,46 \text{ хв}$$

Аналогічно виконуємо для інших переходів. Загальний час по операції складає 6,85 хв.

1.6.2 Операція 040 – Свердлильна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 040 – свердлильну з ЧПК (рис.1.7). Обробка виконується на верстаті з ЧПК MU400.

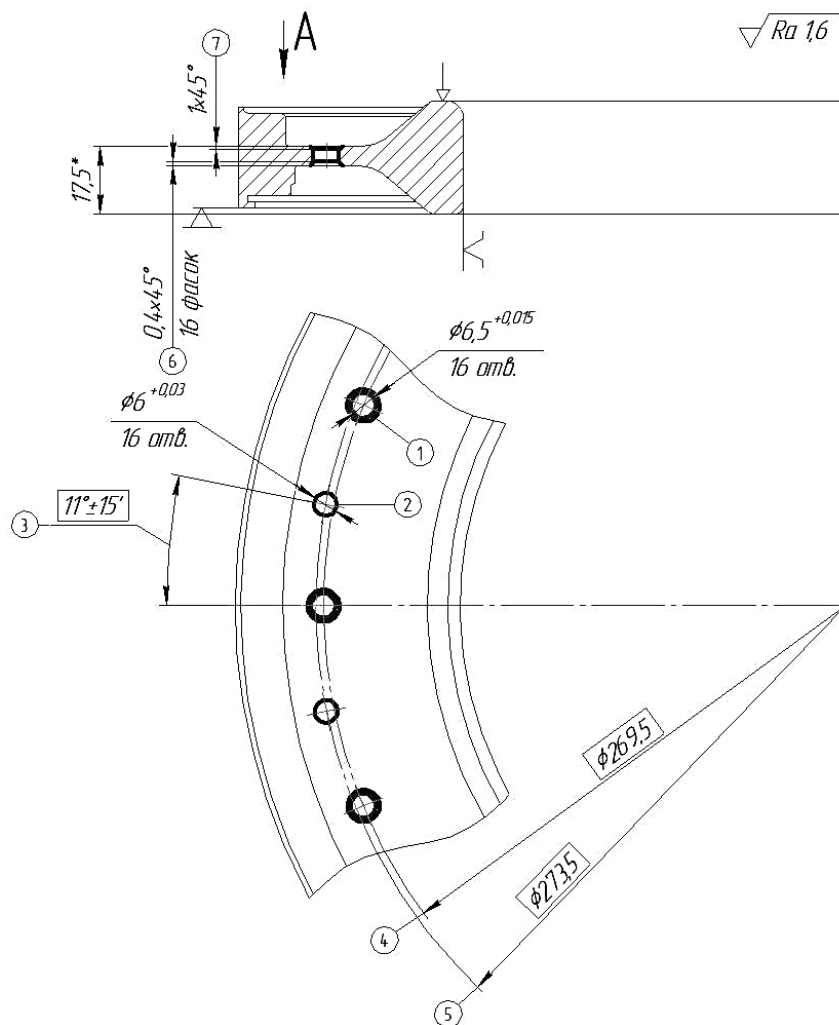


Рисунок 1.7 – Ескіз до обробки на операції 040 – свердлильної з ЧПК

Перехід №1 – Свердлити 16 отв.пов.1 на розмір Ø6,3, витримуючи розмір 4, по програмі. Свердло Ø6,3 P6M5K5 ГОСТ 10902-77;

Визначаємо глибину різання:

$$t = 6,3 / 2 = 3,15 \text{ мм}$$

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] приймаємо значення подачі $S_0 = 0,1$ мм/об.

За рекомендованими значеннями інструменту по [12] визначаємо швидкість різання, що допускається різальними властивостями інструменту. З інтервалу 15...35 м/хв приймаємо $V = 20$ м/хв.

Визначаємо частоту обертання шпинделя, яка відповідає знайдений швидкості головного руху різання в хв^{-1} по формулі (1.28):

$$n = \frac{1000 \cdot 20}{3,14 \cdot 6,3} = 1011 \text{ хв}^{-1}.$$

Одержані значення частоти обертів, коректуємо за паспортом верстату по [11], приймаємо найближче менше значення $n_{\text{вт}} = 1000$ хв^{-1} .

Визначаємо дійсну швидкість різання в м/хв, відповідно до прийнятій частоті обертання за формулою (1.29):

$$V_d = \frac{3,14 \cdot 6,3 \cdot 1000}{1000} = 19,8 \text{ м/хв.}$$

Дійсне значення різання входить у проміжок рекомендованої швидкості.

Знаходимо силу різання та крутний момент при свердлінні за формулами:

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.42)$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S_0^y \cdot K_p, \text{ Н} \quad (1.43)$$

де C_p, q, y, C_M, q, y , – визначаємо по [7, стр.281, табл.32]; $C_p = 68, q = 1,0, x-, y = 0,7$; – для сили різання, $C_M = 0,0345, q = 2,0, x-, y = 0,8$; – для крутного моменту.

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^{1,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,14 = 974,44 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 6,3^{2,0} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 1,14 = 3,12 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Визначаємо потужність, витрачену на різання в кВт за формулою:

$$N = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, \quad (1.44)$$

$$N = \frac{3,12 \cdot 1000}{9750} = 0,32 \text{ кВт}$$

Визначаємо режим різання перевіряємо по потужності верстату за умовою та формулою (1.33):

$$N_{\text{шп}} = 12 \cdot 0,8 = 9,6 \text{ кВт} > 0,32 \text{ кВт} \text{ – умова виконується}$$

Визначаємо машинний час при свердлінні за формулою:

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_0} \cdot i, \text{ хв} \quad (1.45)$$

$$y = 0,5 \cdot D, \text{ мм} \quad (1.46)$$

$$y = 0,5 \cdot 6,3 = 3,15 \text{ мм}$$

$$L = 5 + 3,15 + 5 = 13,15 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{13,15}{1000 \cdot 0,1} \cdot 16 = 2,1 \text{ хв}$$

Аналогічно виконуємо для інших переходів. Загальний час по операції складає 7,74 хв.

1.6.3 Операція 060 – Круглошліфувальна з ЧПК

Визначаємо режими різання та основного часу табличним способом на операцію 060 – шліфувальну з ЧПК (рис.1.12). Обробка виконується на верстаті з ЧПК Studer S 110 [11].

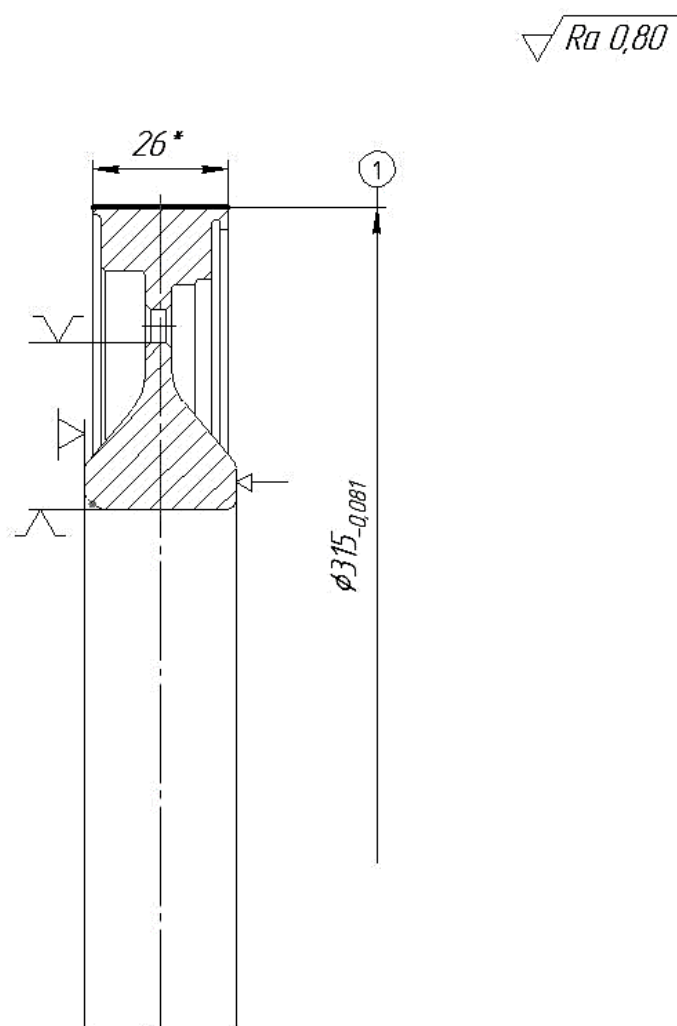


Рисунок 1.12 – Ескіз до обробки на операції 060 – круглошліфувальній з ЧПК

Перехід №1 – Шліфувати пов.1, по програмі. Для обробки титанового сплаву для зовнішнього круглого шліфування за [7, стор. 253] обираємо матеріал

абразивного круга – 24А40С1К. Профіль круга – 1 (з прямим профілем) з розмірами 300х63х127 мм [7, стор. 253, табл.170]. Обробку виконуємо методом врізання з радіальною подачею. Припуск для шліфування складає $h = 0,213$ мм.

Приймаємо колову швидкість заготовки $V_3 = 35$ м/хв [7, стор.301, табл.55].

По прийнятій V_3 визначаємо частоту обертання заготовки по (1.28) та приймаємо найближче значення по паспорту верстата:

$$n_3 = \frac{1000 \cdot 35}{3,14 \cdot 315} = 36 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_3 = 35$ об/хв.

Визначаємо дійсне значення колової швидкості заготовки за (1.29):

$$V_3^d = \frac{3,14 \cdot 315 \cdot 35}{1000} = 34,6 \text{ м/хв.}$$

Приймаємо колову швидкість абразивного круга $V_k = 35$ м/с по [7, стр.301, табл.55].

По прийнятій V_k визначаємо частоту обертання круга та приймаємо найближче значення по паспорту верстата:

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot V_k}{\pi \cdot D_k}, \quad (1.47)$$

$$n_k = \frac{1000 \cdot 60 \cdot 35}{3,14 \cdot 300} = 2229 \text{ об/хв}$$

По паспорту верстата [11] приймаємо $n_k = 2200$ об/хв.

Визначаємо дійсне значення колової швидкості абразивного круга:

$$V_k^D = \frac{\pi \cdot D_k \cdot n_k}{1000 \cdot 60}, \quad (1.48)$$

$$V_k^D = \frac{3,14 \cdot 300 \cdot 2200}{1000 \cdot 60} = 34,54 \text{ м/с}$$

Призначаємо радіальну подачу, мм/об по [7, стор. 301, табл. 55], $S_t = 0,002$ мм/об.

Визначаємо потужність за формулою:

$$N = C_N \cdot V_3^r \cdot S_t^x \cdot S_p^y \cdot d^q \cdot b^z \quad (1.49)$$

де C_N, r, y, q, z – визначаємо по [7, стр.303, табл.56], $C_N = 0,14, r = 0,8, x = 0,8, q = 0,2, z = 1$.

$$N = 0,14 \cdot 34,6^{0,8} \cdot 0,002^{0,8} \cdot 315^{0,2} \cdot 26^1 = 1,36 \text{ кВт}$$

$N_{\text{різ}} = 1,36 \text{ кВт} \leq N_{\text{шп}} = 3 \text{ кВт}$ – умова виконується, обробка можлива.

Визначаємо час на обробку за формулою:

$$t_0 = \frac{h}{n_3 \cdot S_t} \quad (1.50)$$

$$t_0 = \frac{0,213}{35 \cdot 0,002} = 3,04 \text{ хв}$$

1.7 Технічне нормування операцій

1.7.1 Операція 015 – Токарна з ЧПК

Допоміжний час визначається за формулою:

$$t_{\text{доп}} = t_y + t_{\text{упр}} + t_{\text{контр}}, \quad (1.51)$$

де t_y - час на установку і зняття деталі, [13, стор.138, к.51];

$t_{упр}$ - час на управління верстатом, [13, стор.152, к.60];

$t_{контр}$ - час на контроль оброблених поверхонь, [13, стор.160, к.64];

$$t_{доп} = 0,07 + 0,12 + (0,12 + 0,10) = 0,41 \text{ хв}$$

Оперативний час визначається за формулою:

$$t_{оп} = t_o + t_{доп}, \quad (1.52)$$

$$t_{оп} = 6,85 + 0,41 = 7,26 \text{ хв}$$

Додатковий час визначається за формулою:

$$t_{дод} = (\alpha_{тех} + \alpha_{відп}) \cdot t_{оп}, \quad (1.53)$$

де $\alpha_{тех}$ - відсоток від оперативного часу, необхідний на технічне обслуговування, хв; [13, стор.136, к.49];

$\alpha_{відп}$ - відсоток від оперативного часу, необхідний для відпочинку, хв; [13, стор.136, к.49];

$$t_{дод} = (0,06 + 0,04) \cdot 7,26 = 0,73 \text{ хв}$$

Штучний час визначається за формулою:

$$t_{шт} = t_{оп} + t_{дод}, \quad (1.54)$$

$$t_{шт} = 7,26 + 0,73 = 7,99 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначається за формулою:

$$t_{\text{пз}} = t_{\text{пз1}} + t_{\text{пз2}} + t_{\text{пз3}}, \quad (1.55)$$

де $t_{\text{пз1}}$ -норматив часу на наладку верстата і пристосування, $t_{\text{пз1}} = 12$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пз2}}$ -норматив часу на установку ріжучого інструменту, $t_{\text{пз2}} = 6$ хв; [13, стор.135, к.49];

$t_{\text{пз3}}$ -норматив часу на отримання ріжучого інструменту і здача його після закінчення зміни, $t_{\text{пз3}} = 7$ хв; [13, стор.135, к.49];

$$t_{\text{пз}} = 12 + 6 + 7 = 25 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначається за формулою:

$$t_{\text{шк}} = t_{\text{шт}} + \frac{t_{\text{пз}}}{n}, \quad (1.56)$$

$$t_{\text{шк}} = 7,99 + \frac{25}{16} = 9,55 \text{ хв}$$

1.7.2 Операція 040 – Свердлильна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому $t_y = 0,07$, [13, стор.438, к.63]; $t_{\text{упр}} = 0,85$ [13, стор.440, к.64]; $t_{\text{контр}} = 0,46$, [13, стор.446, к.67].

$$t_{\text{доп}} = 0,07 + 0,85 + 0,46 = 1,38 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{\text{оп}} = 7,74 + 1,38 = 9,12 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.53), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.422, к.56], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{дод}} = (0,07 + 0,03) \cdot 9,12 = 0,91 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{\text{шт}} = 9,12 + 0,91 = 10,03 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), де $t_{\text{пз1}} = 17$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз2}} = 2$ хв, [13, стор.422, к.56]; $t_{\text{пз3}} = 7$ хв, [13, стор.422, к.56].

$$t_{\text{пз}} = 17 + 2 + 7 = 26 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шк}} = 10,03 + \frac{26}{16} = 1,63 \text{ хв}$$

1.7.3 Операція 060 – Круглошліфувальна з ЧПК

Визначаємо допоміжний час за формулою (1.51), при цьому $t_y = 0,12$, [13, стор.56, к.5]; $t_{\text{упр}} = 0,16$ [13, стор.79, к.14]; $t_{\text{контр}} = 0,20$, [13, стор.81, к.15].

$$t_{\text{доп}} = 0,12 + 0,16 + 0,20 = 0,48 \text{ хв}$$

Оперативний час визначаємо за формулою (1.52):

$$t_{\text{оп}} = 3,04 + 0,48 = 3,52 \text{ хв}$$

Визначаємо додатковий час за формулою (1.53), де $\alpha_{\text{тех}}$ визначаємо по [13, стор.91, к.16], $\alpha_{\text{відп}}$ по [13, стор.92, к.17].

$$t_{\text{дод}} = (0,08 + 0,035) \cdot 3,52 = 0,41 \text{ хв}$$

Штучний час визначаємо за формулою (1.54):

$$t_{\text{шт}} = 3,52 + 0,41 = 3,92 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час визначаємо за формулою (1.55), де $t_{\text{пз1}} = 13$ хв, [13, стор.96, к.21]; $t_{\text{пз2}} = 5,5$ хв, [13, стор.97, к.21]; $t_{\text{пз3}} = 3,8$ хв, [13, стор.104, к.28].

$$t_{\text{пз}} = 13 + 5,5 + 3,8 = 22,3 \text{ хв}$$

Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою (1.56):

$$t_{\text{шк}} = 3,92 + \frac{22,3}{16} = 5,32 \text{ хв}$$

Всі розрахунки норм часу зводимо у таблицю 1.7.

Таблиця 1.7 – Норми часу по операціям

№ оп.	Найменування операції	Обладнання	t_0 , хв	$t_{\text{доп}}$, хв	$t_{\text{оп}}$, хв	$t_{\text{дод}}$, хв	$t_{\text{шт}}$, хв	$t_{\text{пз}}$, хв	$t_{\text{ш.кX}}$, в
015	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	6,85	0,41	7,26	0,73	7,99	25	9,55
020	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	6,91	0,44	7,35	0,74	8,09	25	9,65
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST-20	7,11	0,68	7,79	0,78	8,57	27	10,26
035	Токарна з ЧПК	HAAS ST-20	7,05	0,69	7,74	0,77	8,51	27	10,20
040	Свердлильна з ЧПК	MU400	7,74	1,38	9,12	0,91	10,03	26	1,63
050	Протяжна	7A52	5,14	1,21	6,35	0,76	7,11	22	8,49
060	Кругло-шліфувальна	Studer S110	3,04	0,48	3,52	0,41	3,92	22,3	5,32
065	Внутрішньо-шліфувальна	Studer S110	3,95	1,12	5,07	0,61	5,68	21,2	7,0
070	Внутрішньо-шліфувальна	Studer S110	2,87	1,32	4,19	0,50	4,69	22	6,07
075	Внутрішньо-шліфувальна	Studer S110	2,82	1,32	4,14	0,50	4,64	22	6,01

1.8 Розробка керуючої програми на операцію з ЧПК

Розробка керуючої програми проводимо для операції 040 – свердлильної з ЧПК у програмному пакеті NX.

На початку створюємо дві моделі – деталь, яка утворюється на оп.035, та деталь яка утворюється на оп.040.

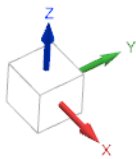
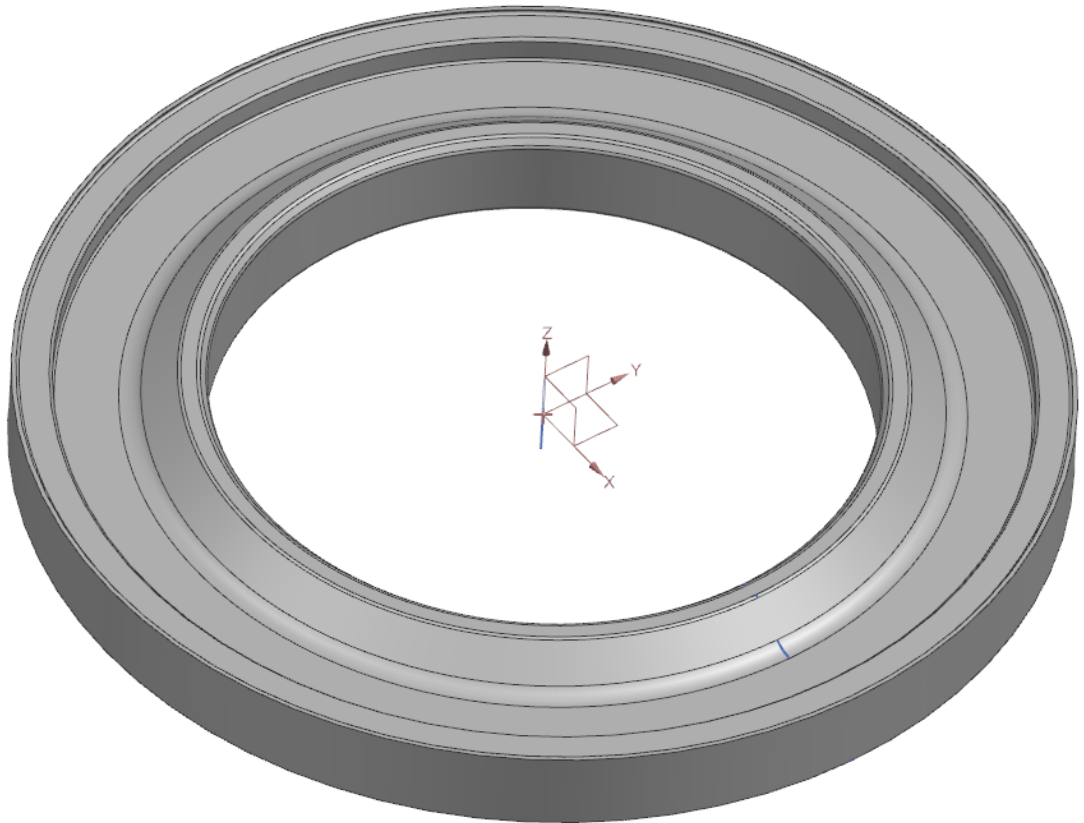


Рисунок 1.13 – Деталь, яка утворюється на операції 035

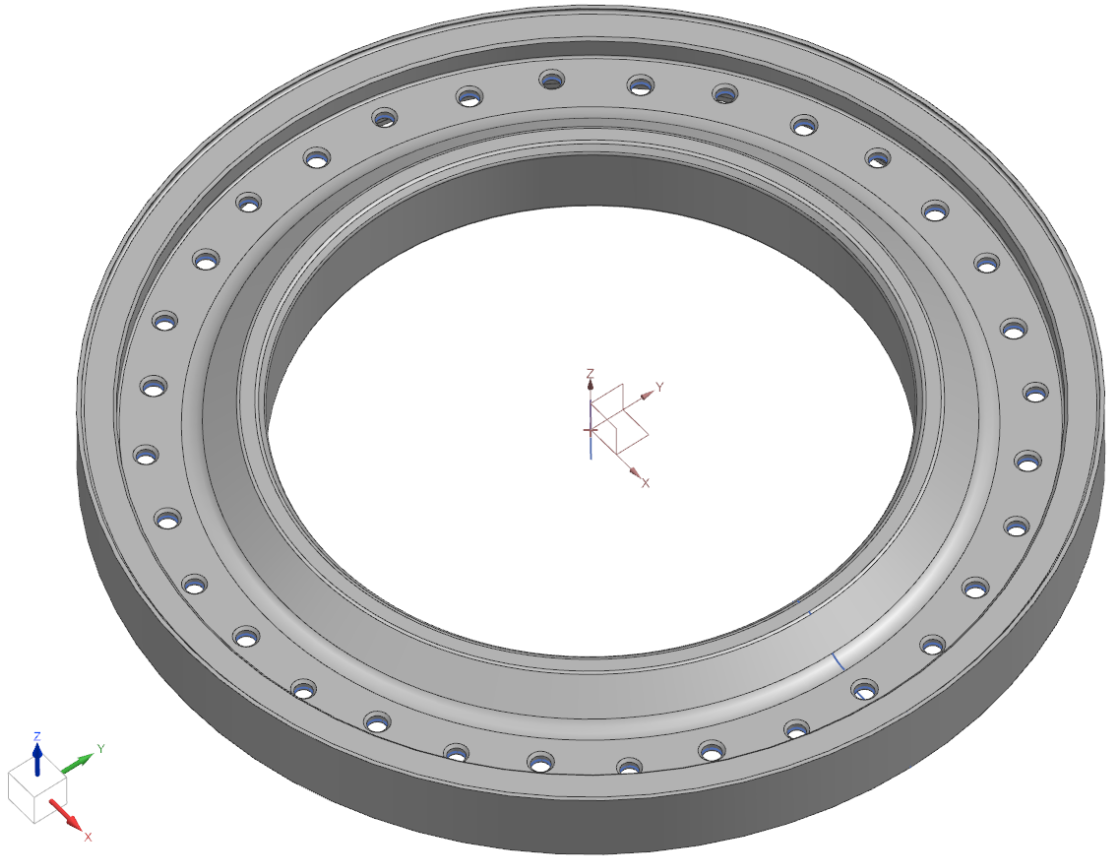


Рисунок 1.14 – Деталь, яка утворюється на операції 040

Далі встановлюємо нуль деталі та систему координат.

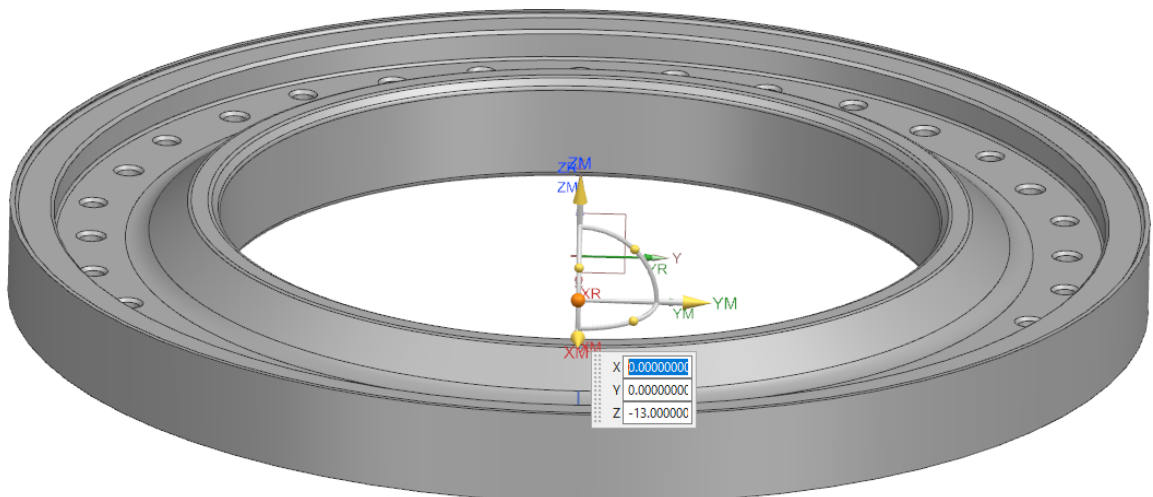


Рисунок 1.15 – Налаштування системи координат

Наступним етапом буде створення інструментів для обробки, згідно операції. Створюємо свердло $\varnothing 6,3$, свердло $\varnothing 5,8$, розгортка $\varnothing 6$, розгортка $\varnothing 6,5$, зенкер $\varnothing 8$.

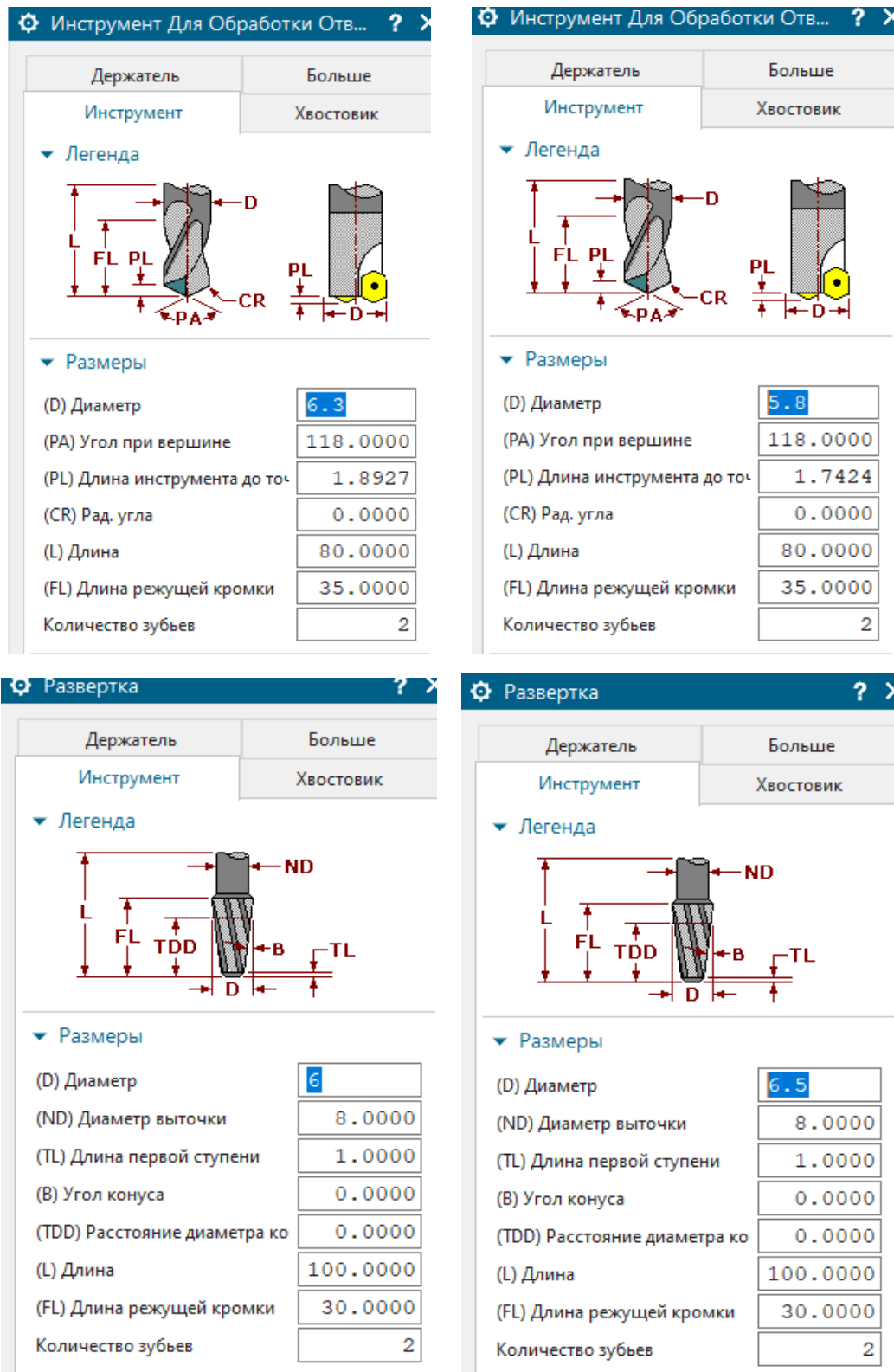


Рисунок 1.16 – Створення інструментів

Створюємо геометрію обробки згідно технології, та генеруємо програму КП, яка показана у додатку В.

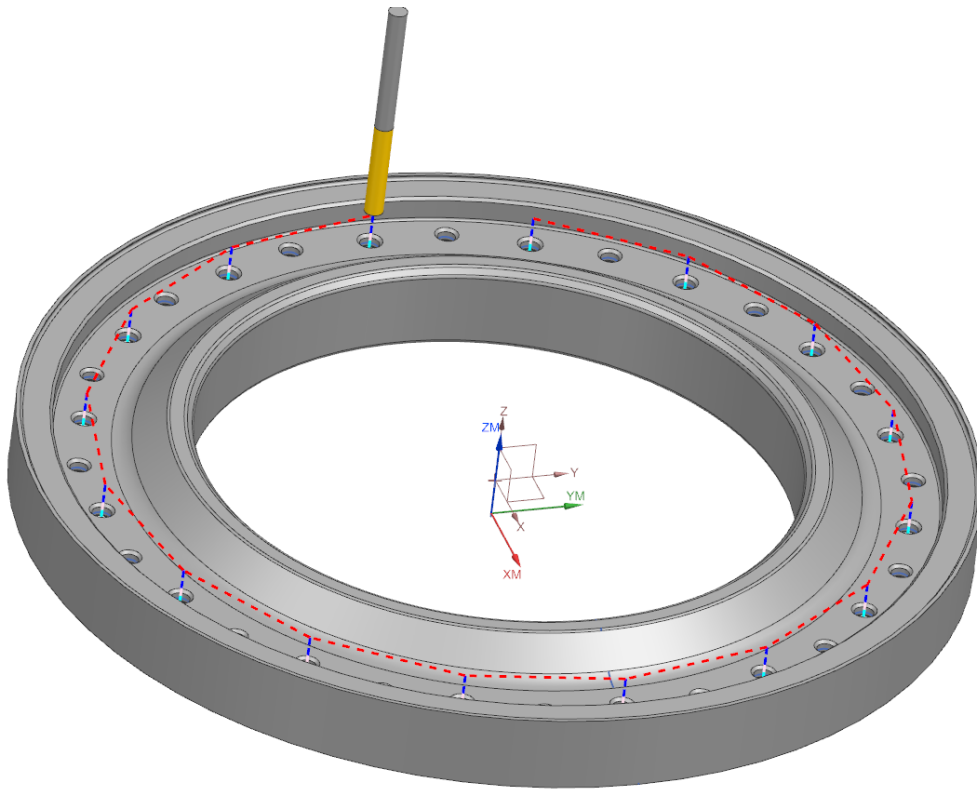


Рисунок 1.17 – Геометрія обробки отворів

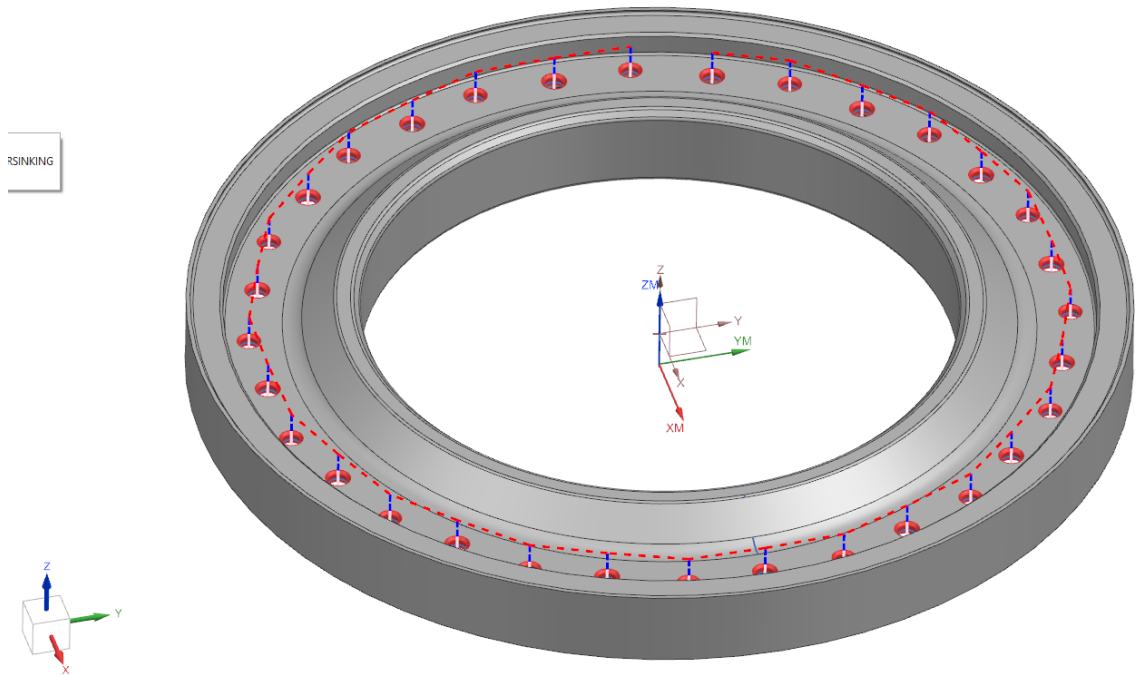


Рисунок 1.18 – Геометрія обробки фасок

2 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

2.1 Проектування робочого пристосування

На операції 040 – свердлильна з ЧПК використовується пневматичне пристосування (рис. 2.1). Пристосування встановлюється на столі верстата MU400.

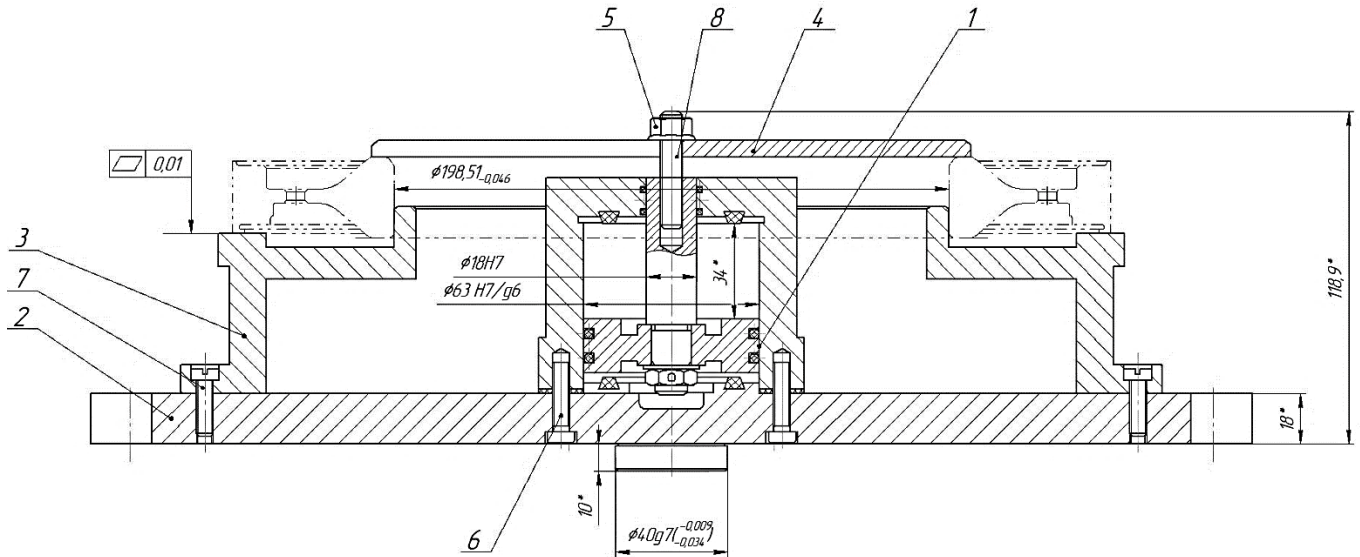


Рисунок 2.1 – Ескіз пристосування для свердління

Для затиску деталі «Диск» на операції використовуємо пристрій з пневмоциліндром.

Пневматичні приводи поділяються за видом пневмодвигуна на поршневі і діафрагмові, за схемою дії - на одно-і двосторонні, за методом компоновання з пристосуванням - на вбудовані та агрегатовані, за видом установки - на стаціонарні і обертові, за кількістю приводів - на одинарні та здвоєні.

До переваг приводів слід віднести швидкість дії (0,5 ... 1,2 с), сталість зусилля затиску і можливість його регулювання, простоту конструкції та експлуатації, незалежність працездатності від коливань температури навколишнього середовища.

Оптимальна робоча швидкість виконавчого механізму під час застосування пневмоприводу становить 0,1...2 м/с. При менших швидкостях виникають вібрації і нерівномірність ходу. Економічно доцільно застосування пневмоприводу в

механізмах із зусиллям до 30 кН і пневмоциліндрів з максимальним діаметром 250 мм.

Недоліками пневмоприводу є досить низький коефіцієнт корисної дії, великі габарити в порівнянні з гідроприводом (через застосування низького тиску повітря), нерівномірність переміщення робочих органів, особливо при змінних зусиллях, неможливість зупинки в середині ходу.

Циліндри виготовляються одно- та двосторонньої дії. У циліндрах односторонньої дії зворотний хід здійснюється пружиною, що забезпечує економію стисненого повітря до 40%.

2.1.1 Конструкція і принцип роботи пристосування

Пристосування складається з пневмоциліндру 1, який закріплюється на планшайбі 2 гвинтами 6, та підставки 3, на яку встановлюється деталь. Затиск деталі відбувається кришкою 4 при дії зусилля на штоці пневмоциліндру.

Центрування пристосування на столі верстата відбувається за допомогою центратора 9. Закріплюється пристосування болтами М16 крізь пази на пристосуванні.

Принцип роботи пристосування полягає у тому, що при потраплянні стислого повітря у верхню частину пневмоциліндра, поршень зі штоком зміщується вниз. У шток вгвинчена шпилька 8, на якій на іншому кінці загвинчена гайка 5. Зусилля, яке передається через шпильку та гайку на кришку 4, закріплює деталь. При потраплянні стислого повітря у нижню частину пневмоциліндра поршень зі штоком зміщується вгору, внаслідок чого сила затиску послаблюється та деталь розкріплюється.

2.1.2 Визначення похибки базування та закріплення. Розрахунок пристосування на точність

Деталь «Диск» встановлюється на циліндричний палець з вертикальною віссю і площину (рис. 2.2).

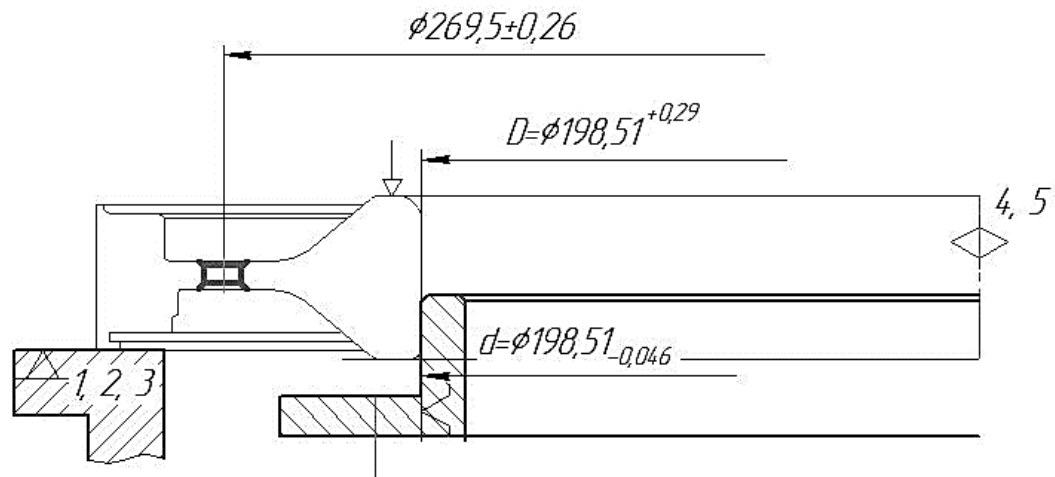


Рисунок 2.2 – Схема встановлення деталі жорсткий циліндричний палець.

Визначаємо похибку встановлення на розмір $\phi 269,5 \pm 0,26$ під час свердління по [14, стр.51].

Похибка встановлення визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\text{вст}} = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}, \quad (2.1)$$

де ε_3 – частина загальної похибки встановлення, викликана зміщенням вимірювальної бази відносно встановленого на розмір ріжучого інструмента під дією прикладених сил закріплення;

ε_6 – частина загальної похибки встановлення, викликана неспівпадінням вимірювальної та налагоджувальної баз.

Похибка встановлення на розмір визначаємо за [14, стр.51] по формулі:

$$\varepsilon_{\delta_d} = \frac{S_{max}}{2}, \quad (2.2)$$

$$S_{max} = Td_d + TD_0, \quad (2.3)$$

де Td_d – допуск на базовий діаметр деталі;

TD_0 – допуск на отвір оправки.

$$S_{max} = 0,29 + 0,046 = 0,336 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{\delta_d} = \frac{0,336}{2} = 0,168 \text{ мм}$$

Похибка закріплення по [14, стр.51] складає $\varepsilon_3 = 0$ мкм, так як напрямок сили закріплення та розмір обробки взаємно перпендикулярні.

$$\varepsilon_{вст} = \sqrt{0,168^2 + 0^2} = 0,168 \text{ мм}$$

Так як похибка встановлення менша за допуск на виготовлення $\varnothing 269,5 \pm 0,26$ ($Td=0,52$ мм), то даний спосіб встановлення можна використовувати при обробці.

Визначимо розмір установка при розгортанні на розмір $\varnothing 6^{+0,03}$ (рис. 1.7). Відхилення вісі отвору відносно вісі заготівки не більше 0,01 мм. Товщина щупа $S=3_{-0,006}$ мм. Розрахунок виконуємо згідно рекомендаціям [14, стр.80].

Визначаємо середній розмір обробки:

$$\frac{B_{cp}}{2} = \frac{\left(B + \frac{TB}{2}\right)}{2} \quad (2.4)$$

де TB – допуск на виготовлення отвору, $TB = 0,03$ мм;

$$\frac{B_{cp}}{2} = \frac{\left(6 + \frac{0,03}{2}\right)}{2} = \frac{6,015}{2} = 3,0075 \text{ мм}$$

Визначаємо середній розмір висоти установка:

$$H_{\text{cp}} = \frac{B_{\text{cp}}}{2} + S \quad (2.5)$$

$$H_{\text{cp}} = 3,0075 + 3 = 6,0075 \text{ мм}$$

Визначаємо допуск на виготовлення установка по формулі:

$$T_H = T_{\text{т.т.}} - k_2 \cdot \omega \quad (2.6)$$

де $T_{\text{т.т.}}$ – допуск на відхилення вісі відносно отвору, $T_{\text{т.т.}} = 0,01$ мм;

k_2 – коефіцієнт, що враховує частку похибки обробки в загальній похибки, спричиненої факторами, незалежними від конструкції пристосування; $k_2 = 0,6 \dots 0,8$;

ω – середня економічна точність обробки., визначаємо по [14, табл.5.5].

$$T_H = 0,01 - 0,6 \cdot 0,01 = 0,004 \text{ мм}$$

Приймаємо $T_H = 0,01$ мм.

Визначаємо виконавчий розмір установка:

$$\boxed{H} = 6,01^{+0,01} \text{ мм}$$

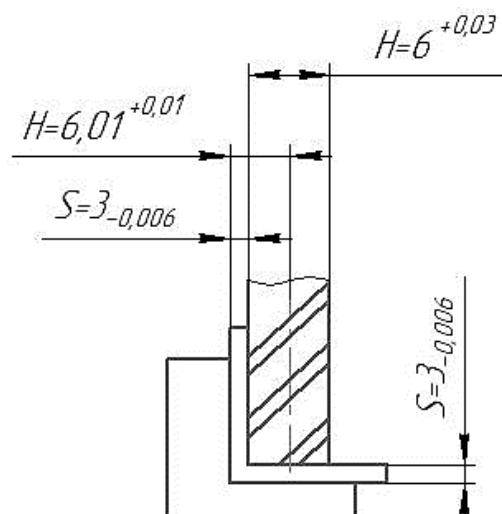


Рисунок 2.3 – Схема налаштування інструмента для розгортання отвору

2.1.3 Визначення необхідної сили затиску. Вибір приводу

Розрахунок зусилля затиску виконуємо відносно попередньо розрахованої сили різання та крутного моменту. Розрахунок проводимо по лімітуючому інструменту, тобто, де сили при обробці виникають найбільші, а саме при свердлінні отвору . Сила різання складає $P_z = 974,44$ Н, крутний момент $M_{кр} = 3,12$ Нм.

Зусилля затиску визначаємо за формулою [14, стр.104]:

$$W = \frac{3 \cdot k \cdot P_z \cdot (D^2 - d^2)}{f \cdot (D^3 - d^3)}, \quad (2.7)$$

де k – коефіцієнт запасу;

$$k = k_0 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (2.8)$$

де k_0 - гарантований коефіцієнт запасу закріплення [14, стр.100]; $k_0 = 1,5$;

k_1 - коефіцієнт, що враховує зміну сил різання в процесі обробки [14, стр.100]; $k_1 = 1,0$;

k_2 - коефіцієнт, що залежить від виду обробки, оброблюваного матеріалу і нерівномірного зносу різального інструменту [14, стр.101], $k_2 = 1,0$;

k_3 - коефіцієнт, що враховує умови переривчастого виду обробки, в умовах плавної обробки [14, стр.102], $k_3 = 1,0$;

k_4 - коефіцієнт, що характеризує затискний пристрій з точки зору сталості сил затиску [14, стр.102], $k_4 = 1,0$;

k_5 - коефіцієнт, що характеризує зручність розміщення рукоятки для ручних затискачів [14, стр.102], $k_5 = 1,2$;

k_6 - коефіцієнт, враховується, коли розрахунок сил затиску здійснюється з урахуванням моментів різання і залежить від виду опорної поверхні пристосування [14, стр.102], $k_6 = 1,5$;

$$k = 1,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,5 = 2,7$$

$$W = \frac{3 \cdot 2,7 \cdot 974,44 \cdot (315^2 - 290,5^2)}{0,16 \cdot (315^3 - 290,5^3)} = 1085,7 \text{ Н}$$

Так як зусилля затиску діє в одному напрямку із зусиллям на штоці, то приймаємо $W=Q$.

Визначаємо зусилля затиску за формулою:

$$Q = \rho \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \eta, \quad (2.9)$$

де ρ - тиск повітря, $\rho = 0,6$ Мпа;

D – діаметр циліндра, мм;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta=0,8$;

Із цієї формули визначаємо формулу діаметра циліндра:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\rho \cdot \pi \cdot \eta}}, \quad (2.10)$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1085,7}{0,6 \cdot 3,14 \cdot 0,85}} = 52,1 \text{ мм}$$

Згідно ГОСТ 15608-81 приймаємо діаметр пневмоциліндра 63 мм, а діаметр штока 18 мм. Виходячи із стандартного діаметру пневмоциліндра розраховуємо дійсне зусилля затиску:

$$Q = 0,6 \frac{3,14 \cdot 63^2}{4} \cdot 0,85 = 1589,0 \text{ Н}$$

Так як сила різання складає 974,44 Н, а сила затиску 1589,0 Н, то цієї сили достатньо для затиску деталі та даний пристрій забезпечить достатній затиск деталі для запобігання зсуву заготовки з пристрою.

2.2 Проектування контрольного пристосування

Контрольні пристосування служать для контролю розмірів окремих поверхонь деталі і точності їх взаємного розташування, для контролю за якістю і стабільністю технологічного процесу, в тому числі і з метою управління ним, для перевірки відстаней між деталями складальної одиниці, між складальними одиницями машини або між осями, для перевірки конфігурації, коректності положення деталей або складальних одиниць, для контролю конструктивних характеристик, які утворюються в процесі складання, для визначення експлуатаційних параметрів деталей окремих машин і технічних характеристик виробу в цілому та ін.

Контрольно-вимірювальне пристосування являє собою особливу виробничий вимірювання і контролю - конструктивно поєднує базують, затискні і вимірювальні пристрої.

Головні вимоги до контрольно-вимірювальним пристосуванням:

- забезпечення оптимальної точності;
- зручність в експлуатації;
- технологічність у виготовленні;
- зносостійкість;
- економічна доцільність.

2.2.1 Конструкція і принцип роботи контрольного пристосування

Контрольний пристрій призначен для перевірки радіального биття внутрішньої поверхні $\varnothing 199H10^{+0,185}$ відносно поверхні А та Б деталі, яке повинно складати не більше 0,02 мм.

Пристрій (рис.2.3) складається з плити 1, на яке встановлюється вал 3. Деталь встановлюється та центрується на планшайбі 4. Обертання планшайби при вимірюванні забезпечується підшипником 7.

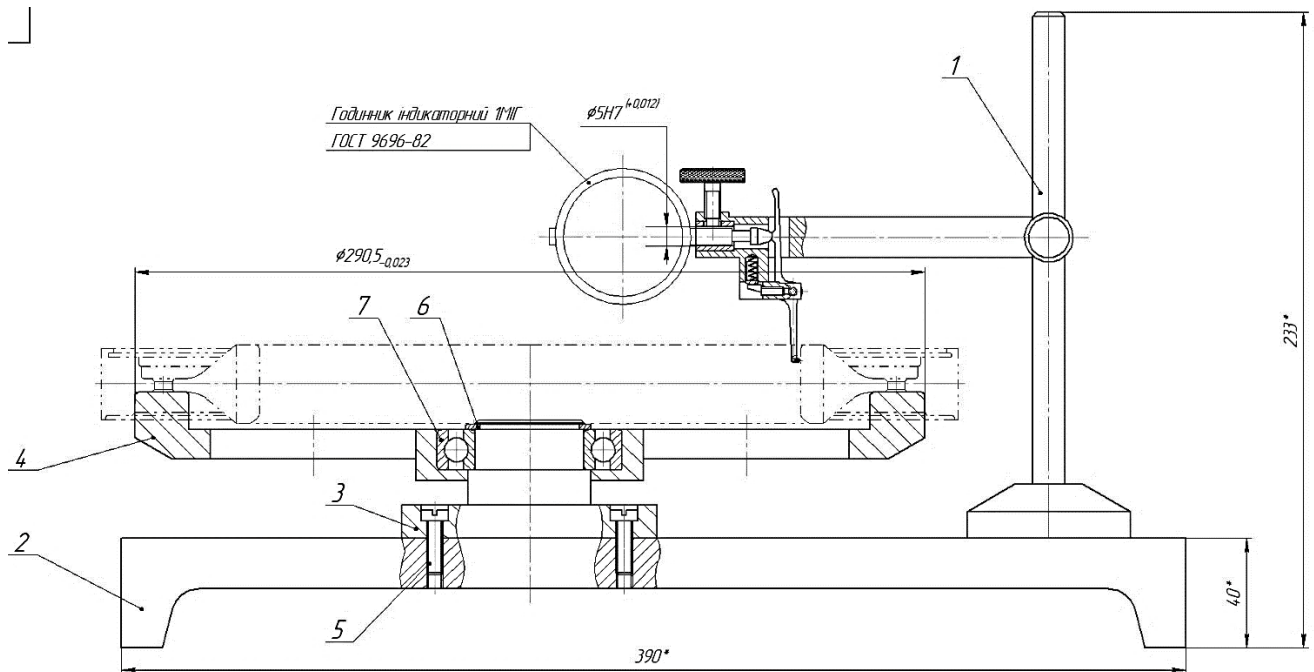


Рисунок 2.3 – Ескіз контрольного пристосування

Після встановлення деталі у планшайбу 4, до вимірювальної поверхні підводиться індикаторний годинник та лімб встановлюється на нуль. Далі деталь прокручується та відхилення радіального биття буде відображатися на циферблаті. Дійсне значення биття буде дорівнювати різниці найбільшого та найменшого значення показань.

2.3 Розрахунок на міцність

Виконаємо розрахунок на міцність для шпильки 8, яка використовується у пристосуванні для свердління на 040 операції. Попередньо було обрано діаметр шпильки 8 мм.

Запас міцності по напруженням визначаємо по [16, стр.194] за формулою:

$$k = \frac{[\sigma]}{\sigma_{max}}, \quad (2.8)$$

де $[\sigma]$ – допустимі значення згідно механічним властивостям матеріалу [16, стр.200, табл..9.1];

σ_{max} –максимальне напруження, яке виникає у деталі;

k –коефіцієнт запасу, для деталей пристосування $k = 1,5 - 2,0$;

Таким чином напруження, яке виникає у деталі повинне відповідати формулі:

$$k \cdot \sigma_{max} \leq [\sigma] \quad (2.9)$$

Виконуємо розрахунок на міцність у програмі ANSYS Workbench. Завантажуємо в програму попередньо виконану 3д модель шпильки та виконуємо розбивку її на сітку з розміром 0,5 мм (рисунок 2.4). Після цього прикладаємо зусилля, які будуть діяти на шпильці, а саме зусилля на штоці та місце закріплення гайки. Сила на штоці складає 1589,0Н (рисунок 2.5). Наступним кроком буде запуск розрахунків та аналіз результатів.

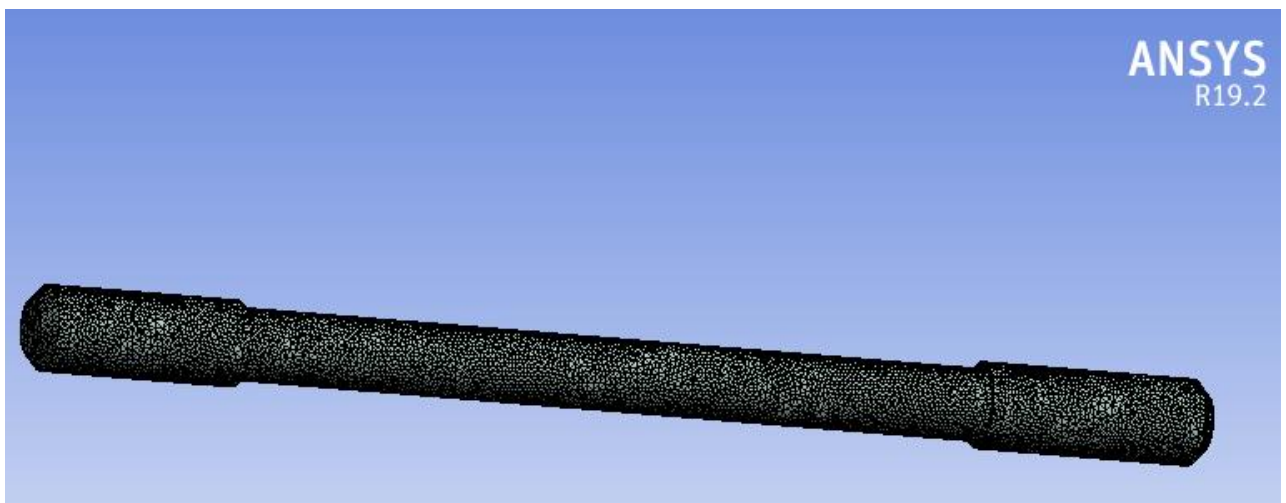


Рисунок 2.4 – Розбивка шпильки на сітку

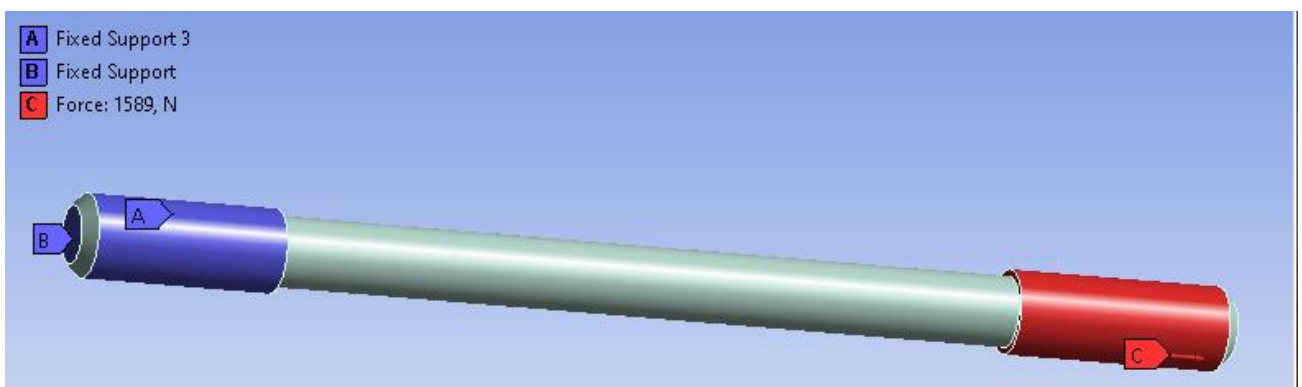


Рисунок 2.5 – Прикладення сил до шпильки

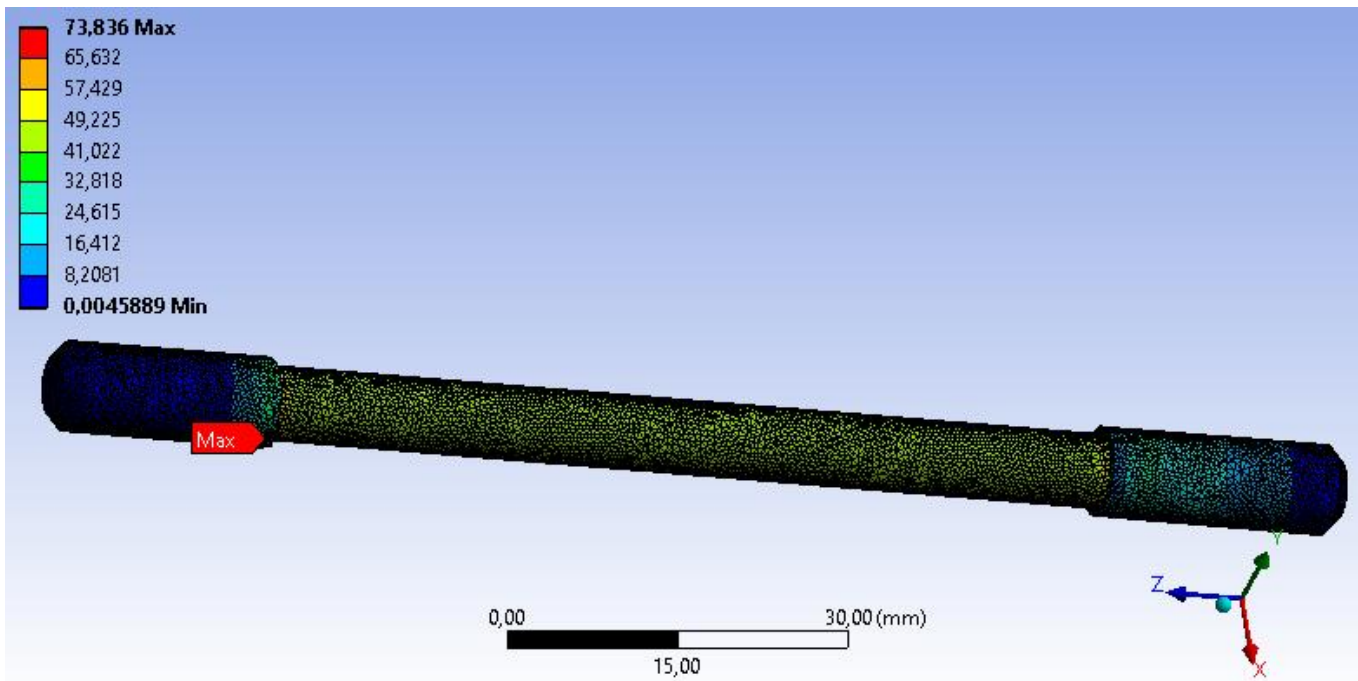


Рисунок 2.6 – Результат розрахунку на міцність шпильки

Розрахунок показав, що найбільші напруги виникають у верхній частині шпильки. Значення найбільшої напруги складає 73,84 МПа.

Допустиме значення матеріалу шпильки (сталь 14Х17Н2) при розтязі-стисканні складає 120 МПа , [16, стр.200, табл.9.1].

За формулою (2.9):

$$k \cdot \sigma_{max} = 1,5 \cdot 73,84 = 110,76 \text{ МПа}$$

$$110,76 \text{ МПа} \leq 120 \text{ МПа}$$

Таким чином, максимальна напруга менше за допустиму, значить величина перетину навантаженої деталі обрана правильно.

3 ОРГАНІЗАЦІЙНА ЧАСТИНА

3.1 Розробка необхідної кількості технологічного обладнання

Орієнтуючись на задану програму випуску базової деталі $N = 2000$ шт, попередньо призначаємо тип виробництва – серійне.

На дільниці окрім деталі «Диск» виробляються наступні деталі: диск 2 ступені ($N = 9000$ шт), лабіринт передній ($N = 4500$ шт), проставка 1 ступені ($N = 7500$ шт), проставка 0 ступені ($N = 9000$ шт).

Визначаємо розрахункову кількість верстатів за формулою:

$$S_{Pi} = \frac{\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i}{F_d \cdot m \cdot 60} \quad (3.1)$$

де i – номер технологічної операції;

$t_{ш.к.}$ –штучно-калькуляційний час, розрахований попередньо у розділі 1.7;

m –кількість робочих змін;

Розраховуємо кількість верстатів для кожної механічної операції, та приймаємо цю кількість шляхом округлення до цілого числа.

$$S_{P010} = \frac{180867}{2004 \cdot 2 \cdot 60} = 0,75, \quad \text{приймаємо } S_{n010} = 1 \text{ верстат}$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження верстата за формулою:

$$k_{3i} = \frac{S_{Pi}}{S_{ni}} \quad (3.2)$$

де S_{Pi} –розрахункова кількість верстатів;

S_{ni} –прийнята кількість верстатів;

$$k_{3010} = 0,75/1 = 0,75$$

Аналогічно розраховуємо для інших операцій.

Розраховуємо середній коефіцієнт завантаження ділянки за формулою:

$$\bar{k}_3 = \sum S_p / \sum S_n \quad (3.3)$$

$$\bar{k}_3 = 20,71/26 = 0,8$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Кількість обладнання та коефіцієнти завантаження обладнання

№ оп.	Найменування операції	Модель обладнання	$\sum_{j=1}^l t_{ш.к.ij} \cdot N_i$	S_p , шт..	S_n , шт..	k_3
1	2	3	4	5	6	7
015	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	506150	2,10	3	0,70
020	Токарна з ЧПК	LB2000 EXII	501800	2,09	3	0,70
030	Токарна з ЧПК	HAAS ST-20	533520	2,22	3	0,74
035	Токарна з ЧПК	HAAS ST-20	530400	2,21	3	0,74
040	Свердлильна з ЧПК	MU400	358600	1,49	2	0,75
050	Протяжна	7A52	407520	1,69	2	0,85
060	Круглошліфувальна	Studer S110	383040	1,59	2	0,80
065	Внутрішньо-шліфувальна	Studer S110	364000	1,51	2	0,76
070	Внутрішньо-шліфувальна	Studer S110	376340	1,56	2	0,78
075	Внутрішньо-шліфувальна	Studer S110	372620	1,55	2	0,77
	Всього:	-		18,02	24	$\bar{k}_3 = 0,75$

Будуємо графік завантаження обладнання (рисунок 3.1).

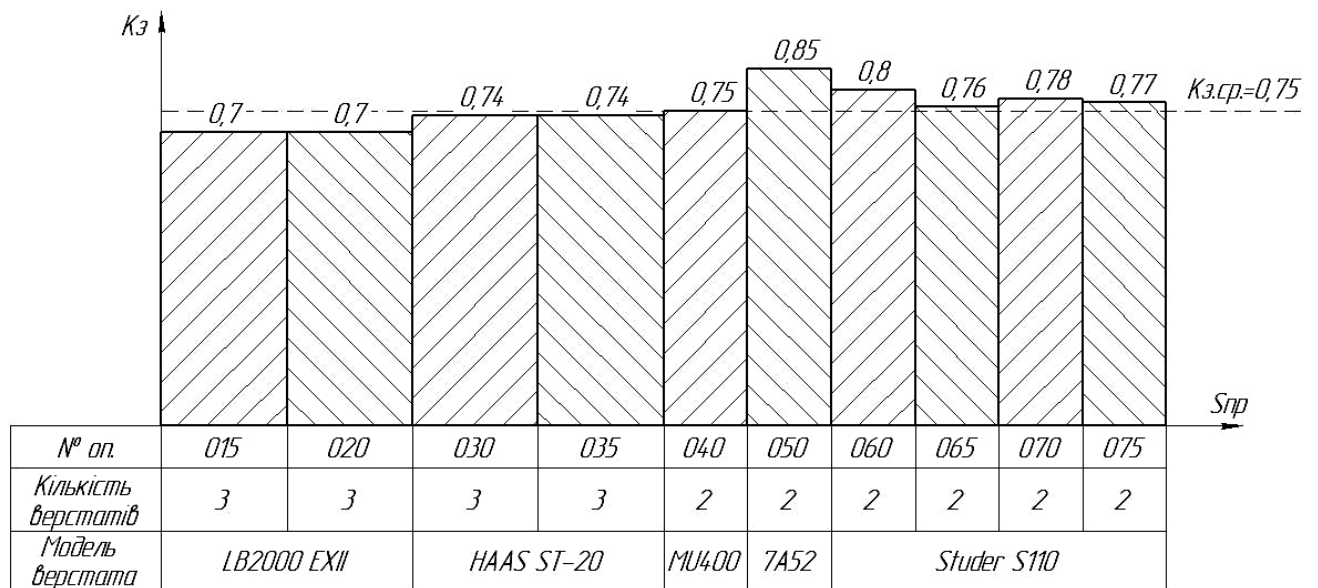


Рисунок 3.1 – Графік завантаження обладнання

3.2 Визначення чисельності основних виробничих робітників

У серійному виробництві чисельність робітників-верстатників визначають шляхом аналізу структури штучного часу та побудови циклограми багатOVERстатного обслуговування.

БагатOVERстатне обслуговування використовується на верстатах з ЧПК, та може бути застосоване в тому випадку, якщо основний (машинно-автоматний) час на операцію більше суми допоміжного часу на інших операціях та часу, що використовується на переходи оператора від верстата до верстата, тобто:

$$t_{0\max} \geq \sum t_{\text{доп}} + \sum t_{\text{пер}}, \quad (3.6)$$

де $t_{\text{доп}}$ – допоміжний час на операції, хв.;

$t_{\text{пер}}$ – час, що використовується на переходи оператора від верстата до верстата, хв. $t_{\text{пер}} = 0,2$ хв.;

Перевіряємо можливість застосування багатOVERстатного обслуговування для операцій з ЧПК:

Оп.015: $6,85 \geq 0,41 + 0,2 = 0,61$ – умова виконується;

Оп.020: $6,91 \leq 0,44 + 0,2 = 0,64$ – умова не виконується;

Оп.030: $7,11 \geq 0,68 + 0,2 = 0,88$ – умова виконується;

Оп.035: $7,05 \geq 0,69 + 0,2 = 0,89$ – умова не виконується;

Оп.040: $7,74 \geq 1,38 + 0,2 = 1,58$ – умова не виконується;

Розраховуємо кількість верстатів, яке може обслужити один робітник у попередньо прийнятій зоні обслуговування, за формулою:

$$m_s = \frac{t_{\text{оп max}}}{t_{\text{обс}} + t_{\text{пер}}} \quad (3.7)$$

де $t_{\text{оп max}}$ – максимальний оперативний час на верстатах, намічених до об'єднання в зону обслуговування;

$t_{\text{пер}}$ – час, затрачуване перехід від верстата до верстата, $t_{\text{пер}} = 0,2$ хв;

$t_{\text{обс}}$ – час обслуговування робочим оператором верстата, тобто час, що витрачається на встановлення, закріплення та зняття деталі, керування верстатом, контроль якості обробки та інші ручні та машинно-ручні прийоми.

Число операторів в зоні багатостаночного обслуговування:

$$R_i = \frac{S_i}{m_{si}} \quad (3.6)$$

де S_i – кількість прийнятих верстатів на операції, що перевіряється;

i – номер зони обслуговування;

Для інших операцій розрахунок кількості основних виробничих робітників визначаємо за формулою:

$$R = \frac{\sum t_{\text{шт.к.}} \cdot N}{F_{\text{др}} \cdot 60} \quad (3.7)$$

де $F_{\text{др}}$ – фонд роботи працюючих, $F_{\text{др}} = 2004$ год;

$$m_{s\ 015} = \frac{7,26}{0,73 + 0,2} = 7,8 = 8 \text{ верстатів}$$

$$R_{015} = 3/8 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 020} = \frac{7,35}{0,74 + 0,2} = 7,8 = 8 \text{ верстатів}$$

$$R_{020} = 3/8 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 030} = \frac{7,79}{0,78 + 0,2} = 7,9 = 8 \text{ верстатів}$$

$$R_{030} = 3/8 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 035} = \frac{7,74}{0,77 + 0,2} = 7,9 = 8 \text{ верстатів}$$

$$R_{035} = 3/8 = 1 \text{ оператор}$$

$$m_{s\ 040} = \frac{9,12}{0,91 + 0,2} = 8,2 = 8 \text{ верстатів}$$

$$R_{040} = 2/8 = 1 \text{ оператор}$$

Протяжчики (оп.050):

$$R_{\text{ток.}} = \frac{407520}{2004 \cdot 60} = 3 \text{ чол.}$$

Шліфувальники (оп.060, 065, 070, 075):

$$R_{\text{шл.}} = \frac{1496000}{2004 \cdot 60} = 12 \text{ чол.}$$

Чисельність основних виробничих робітників на ділянці $\sum R = 20$ чол.

4 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРИСТРОЇВ

В умовах впровадження інноваційних процесів на підприємстві часто виникає питання забезпечення технологічних операцій різними видами пристосувань. Сучасні методи і засоби технологічної підготовки виробництва передбачають комплексне використання прогресивних технічних і організаційних рішень з метою забезпечення в мінімальні терміни і при мінімальних трудових витратах повну готовність виробництва до випуску виробів заданої якості. Вони передбачають комплексне взаємозалежне вирішення основних завдань підготовки виробництва послідовно, від проектування конструкцій виробів і обробки їх на технологічність до освоєння серійного виробництва, [17].

Одним з етапів підготовки виробництва є забезпечення технологічних операцій необхідним оснащенням. На кожному кроці підготовки виробництва необхідна оснастка різного рівня механізації з відповідними вимогами до жорсткості, точності і ін, [17].

Використання складних спеціальних пристосувань підвищує продуктивність праці, але при невеликому річному випуску деталей такі пристосування можуть виявитись економічно недоцільними: від їх використання собівартість операції не знижується, а навпаки, підвищується, [17].

Розрахунок економічної ефективності використання пристосувань має за основу порівняння затрат та економії, які виникають при його використанні відносно річного періоду. Затрати включають в себе амортизацію пристосувань та витрати на його утримання та експлуатацію. Економія досягається за рахунок зниження трудомісткості виготовлення деталей, [17].

Пристосування вважається рентабельним, якщо річна економія, отримана від його застосування, більше пов'язаних з ним річних витрат, [17].

Собівартість C_a використання нового (модернізованого) пристосування розраховують за формулою:

$$C_a = Z_a \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_a}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (4.1)$$

Собівартість використання C_B при використанні старого пристрою розраховують за формулою:

$$C_B = Z_B \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right) + \frac{S_B}{\Pi} \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right) \quad (4.2)$$

де Z_a, Z_B – заробітна плата робітника за одну деталь відповідно для нового та старого пристосування, грн;

H – цехові накладні витрати у % до заробітної плати, $H = 200\%$;

S_a, S_B – витрати на виготовлення відповідно нового та старого пристосувань, грн;

Π – річна програма випуску деталей, шт, $\Pi = 2000$ шт. (визначено у п.1.2);

A – строк амортизації пристосування в роках; Приймаємо за [17, стр.28] для простих пристроїв $A = 1$ рік; для пристроїв середньої складності $A = 3$ роки.

q – витрати, пов'язані з експлуатацією пристосувань (ремонт, регулювання, зберігання) у % від їх вартості, $q = 20\%$.

У початковий період проектування, коли визначена лише принципова схема нового пристосування, точно визначити його вартість неможливо. У цьому випадку застосовуємо наближений спосіб розрахунку за формулою:

$$S = C_{\Pi} \cdot N, \quad (4.3)$$

де S – витрати на виготовлення пристосування, грн.

N – кількість деталей в пристосуванні, шт;

C_{Π} – затрати на одну деталь пристосування, грн. Приймаємо за [17, стр.28] для пристроїв середньої складності $C_{\Pi} = 150$ грн., та для простих $C_{\Pi} = 75$ грн

$$S_a = 150 \cdot 4 = 600 \text{ грн}$$

$$S_B = 75 \cdot 4 = 300 \text{ грн}$$

$$q_a = 0,2 \cdot 600 = 120 \text{ грн}$$

$$q_b = 0,2 \cdot 300 = 60 \text{ грн}$$

Для підрахування заробітної плати робітника використовуємо формулу:

$$З = t_{\text{шт}} \cdot З_{\text{хв}} \quad (4.4)$$

де $t_{\text{шт}}$ – штучно-калькуляційний час;

$З_{\text{хв}}$ – хвилинна ставка робітника, грн. Приймаємо за [17, стр.32, додаток А] $З_{\text{хв}} = 0,96$ грн. для робітника 4-го розряду, $З_{\text{хв}} = 1,085$ грн. для робітника 5-го розряду.

$$З_a = 10,03 \cdot 0,96 = 9,63 \text{ грн}$$

$$З_b = 12,64 \cdot 1,085 = 13,71 \text{ грн.}$$

Тоді за формулами (4.1), (4.2) відповідно:

$$C_a = 9,63 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{600}{2000} \cdot \left(\frac{1}{3} + \frac{120}{100}\right) = 29,35 \text{ грн}$$

$$C_b = 13,71 \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right) + \frac{300}{2000} \cdot \left(\frac{1}{1} + \frac{60}{100}\right) = 41,37 \text{ грн}$$

Собівартість залежить в основному від річної програми випуску деталей. Програма випуску $П_k$ - програма при якій обидва порівнюваних варіанти пристосувань економічно рівноцінні. Програма випуску визначається за формулою:

$$П_k = \frac{(S_a - S_b) \cdot \left(\frac{1}{A} + \frac{q}{100}\right)}{(З_b - З_a) \cdot \left(1 + \frac{H}{100}\right)} \quad (4.5)$$

$$P_k = \frac{(600 - 300) \cdot \left(1 + \frac{120}{100}\right)}{(13,71 - 9,63) \cdot \left(1 + \frac{200}{100}\right)} \approx 54 \text{ шт.}$$

Так як задана річна програма $P > P_k$, та $C_a < C_b$, то більш вигідно застосовувати складне пристосування з пневмоприводом (п.2.1).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

При виконанні механічних робіт у цеху виникають такі небезпеки: рухомі частини виробничого обладнання (шпинделі верстатів, оправки з інструментом, столи верстатів), вироби, що пересуваються, і заготовки; стружка матеріалу, що обробляється; уламки інструментів, висока температура поверхні оброблюваної деталі та інструментів; підвищена напруга в електроланцюзі, при якому може статися замикання через тіло людини – відносяться до категорії небезпечних фізичних факторів.

Заходи щодо забезпечення виробничої санітарії та гігієни праці повинні відповідати вимогам ДБН 3.3.5-8.6.6.1-2002 «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничої середовища, тяжкості та напруженості трудового процесу».

Електробезпека - це система організаційних та технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого та небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики, [18].

Аналіз виробничого травматизму показує, що кількість травм, спричинених дією електричного струму, є незначною і становить близько 1 %. Однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм становить 20-40% і посідає одне з перших місць. Щороку в Україні від електричного струму гине приблизно 1500 осіб. Найбільша кількість випадків електротравматизму, в тому числі зі смертельними наслідками, стається при експлуатації електроустановок напругою до 1000 В, що пов'язано з їх поширенням і відносною доступністю практично для кожного, хто працює на виробництві. Випадки електротравматизму під час експлуатації електроустановок напругою понад 1000 В нечасті, що зумовлено незначним поширенням таких електроустановок і обслуговуванням їх висококваліфікованим персоналом, [18].

Основними причинами електротравматизму на виробництві є:

- випадкове доторкання до неізольованих струмопровідних частин електроустаткування;

- використання несправних ручних електроінструментів;
- застосування нестандартних або несправних переносних світильників напругою 220 чи 127 В; - робота без надійних захисних засобів та запобіжних пристосувань; - доторкання до незаземлених корпусів електроустановок, що опинилися під напругою внаслідок пошкодження чи пробоя ізоляції;
- недотримання правил будови, улаштування, безпечної експлуатації електроустановок та правил експлуатації електрозахисних засобів тощо.

Електротравма - це травма, яка спричинена дією електричного струму чи електричної дуги. За наслідками електротравми умовно поділяють на два види: місцеві електротравми, коли виникає локальне ушкодження організму, та загальні електротравми (електричні удари), коли уражається весь організм унаслідок порушення нормальної діяльності життєво важливих органів і систем. Приблизний розподіл електротравм за їх видами має такий вигляд: місцеві електротравми - 20 %; електричні удари - 25 %; змішані травми (сукупність місцевих електротравм та електричних ударів) - 55 %, [18].

Для правильного визначення необхідних засобів та заходів захисту людей від ураження електричним струмом необхідно знати допустимі значення напруг дотику та струмів, що проходять через тіло людини, [18].

Напруга дотику (доторкання) це напруга між двома точками електричного кола, до яких одночасно доторкається людина. Гранично допустимі значення напруги дотику та сили струму для нормального (безаварійного) та аварійного режимів електроустановок при проходженні струму через тіло людини по шляху "рука - рука" чи "рука - ноги" регламентуються ГОСТом 12.1.038-82 (табл. 3.7 та 3.8) , [18].

У разі виконання роботи в умовах високої температури (понад 25 °С) і відносної вологості повітря (понад 75 %) значення табл. 3.8 необхідно зменшити у три рази, [18].

Аварійний режим електроустановки означає, що вона має певні пошкодження, які можуть призвести до виникнення небезпечних ситуацій. Як

видно із табл. 3.7, значення $I/от$ та $Iя$ істотно залежать від тривалості дії струму, [18].

Гранично допустимі значення сили струму (змінного та постійного), що проходить через тіло людини при тривалості дії понад 1 с нижчі за пороговий невідпускаючий струм, тому за таких значень людина, доторкнувшись до струмовідних частин установки, здатна ще самотійно звільнитися від дії електричного струму, [18].

Організаційні та технічні заходи електробезпеки.

До роботи на електроустановках допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли інструктаж та навчання з безпечних методів праці, перевірку знань правил безпеки та інструкцій відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують та кваліфікаційної групи з електробезпеки, і які не мають протипоказань, визначених Міністерством охорони здоров'я України, [18].

З метою профілактики професійних захворювань, нещасних випадків та забезпечення безпеки праці працівники, що обслуговують діючі електроустановки, в обов'язковому порядку проходять попередній (при прийнятті на роботу) та періодичні (термін обумовлений професією та характеристикою роботи) медичні огляди, [18].

Роботи в електроустановках стосовно їх організації поділяються на такі, що виконуються: за нарядом-допуском; за розпорядженням; у порядку поточної експлуатації, [18].

Безпека робіт у діючих електроустановках досягається наступними організаційними заходами:

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- оформлення нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до роботи, нагляд під час виконання робіт;

- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв у роботі та її закінчення.

Робота в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяється на три категорії:

- зі зняттям напруги;
- без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них;
- без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою.

До технічних заходів, які необхідно виконувати в діючих електроустановках для забезпечення безпеки робіт належать:

1. При проведенні робіт зі зняттям напруги в діючих електроустановках:

- вимкнення установки (частини установки) від джерела живлення електроенергії;
- механічне блокування приводів апаратів, які здійснюють вимкнення, зняття запобіжників, від'єднання кінців лінії, що забезпечує електропостачання, та інші заходи, що унеможливають випадкову подачу напруги до місця проведення робіт;
- вивішування заборонних плакатів на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірка відсутності напруги на струмовідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановлення заземлення (увімкнення заземлюваних ножів; встановлення переносних заземлень);
- огороження робочих місць або струмовідних частин, що залишаються під напругою, і вивішування на огороженнях плакатів безпеки;

2. При проведенні робіт без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них - виконання робіт за нарядом не менш ніж двома працівниками із застосуванням електрозахисних засобів, під постійним наглядом, із забезпеченням безпечного розташування працівників, використовуваних механізмів та пристосувань;

3. При проведенні робіт без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою, є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмовідних частин на відстань, меншу від допустимої, тому передбачати технічні та організаційні заходи для запобігання такому наближенню не потрібно, [18].

Після припинення дії електричного струму на людину необхідно викликати лікаря, а до його прибуття надати потерпілому необхідну допомогу, [18].

ВИСНОВКИ

Мета роботи дипломного проєкту – проєктування технологічного процесу виготовлення деталі «Диск».

Під час виконання дипломного проєкту було визначено метод отримання заготовки, а саме штампування на КГШП, та економічно обгрунтовано. Було розроблено план обробки деталі, розраховані припуски, визначено операційні розміри по переходам. На операції визначено режими різання та нормування.

Для свердління отворів було розроблено пневматичне пристосування. Для контролю радіального биття спроектовано контрольне пристосування.

У економічному розділі було розглянуто економічну ефективність від впровадження пневматичного пристосування по зрівнянню з ручним.

На технологічний процес виготовлення деталі «Диск» було розроблено комплект технологічних карт.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Електронний ресурс: <https://metinvest-smc.com/ru/steel/stal-45/>;
2. Електронний ресурс: <https://metal-holding.ua/ua/blog/zacem-nuzna-i-kak-provoditsa-zakalka-stali>;
3. А. П. Гуляєв, В. Д. Кальнер, І. С. Козловський. Термічна обробка в машинобудуванні: Справоч- Т35 нік / За редом Лахтіна, А. Г. Рахштадта. - Машинобудування, 1980. 783 с., Іл. М.:
4. Методичні вказівки до дипломного проектування з технології авіадвигунобудування і машинобудування для студентів спеціальностей «Технологія машинобудування» і «Технологія будування авіаційних двигунів» / укл. В.К. Яцекно, В.І. Ципак, Є.Я. Коренєвський та ін. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2003. – 245 с.
5. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисциплін з техно-логічних методів виробництва заготовок для студентів спеціальностей: 8.090101 Прикладне матеріалознавство; 8.090202 Технологія машинобудування; 8.090203 Металорізальні верстати та системи; 7.090260 Технологія будування авіаційних двигунів, денної форми навчання / Укл. В.М. Плєскач, І.В. Акімов – Запоріжжя: ЗНТУ, 2010. - 82 с.
6. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 1. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985. - 694 с.
7. Справочник технолога-машиностроителя : в 2 т. Т. 2. / [под ред. А.Г.Косиловой, Р.К.Мещерякова]. – М. : Машиностроение, 1985.- 652 с.
8. Косилова А.Г. Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении / А.Г. Косилова, Р.К. Мещеряков, М. А. Калинин. – М. : Машиностроение, 1976. – 352 с.
9. Додатки до методичних вказівок для виконання практичних занять з дисциплін «Технологічні основи машинобудування», «Технологія машинобудування», «Теоретичні основи технології виготовлення деталей та складання машин» для студентів спеціальності 6.05050201 – технологія

машинобудування всіх форм навчання // Укл.: В.І. Ципак (перевидання 2-е). Під ред., Гончар Н.В. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2012 – 62 с.

10. Нефедов Н.А. Сборник задач и примеров по резанию металлов и режущему инструменту: учеб. Пособие [для техникумов по предмету «Основы учения о резании металлов и режущий инструмент»]/Н.А.Нефедов, К.А.Осипов. – 5-е изд., перераб. И доп. – М.:Машиностроение, 1990. – 448с.

11. Електронний ресурс: <https://vitcompany.com.ua/stanki/stanki-frezernye-s-chpu/gorizontalno-frezernye-stanki/gorizontalno-frezernyy-standok-s-chpu-haas-hs-1-id16730.html>

12. Електронний ресурс: www.iscar.com

13. Справочник нормировщика-машиностроителя. Том II. Техническое нормирование станочных работ. Под редакцией Е.И.Стружестраха. – Москва, 1961. – 890с.

14. В.А. Богуслаев, В.А. Леховицев, А.С. Смирнов «Верстатні пристрої» - Запоріжжя, ОАО «Мотор Січ» 2000г. – 461 с.

15. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – М. : Машиностроение, 1975. – 447 с.

16. Корсаков В.С. Основы проектирования приспособлений / В.С. Корсаков. – М. : Машиностроение, 1983. – 248 с.

17. Методичні рекомендації для дипломного проектування “Оцінка економічної ефективності технічних рішень” для студентів зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньої програми «Технології машинобудування» усіх форм навчання / Укл. Г.В. Пухальська - Запоріжжя: НУ«Запорізька політехніка», 2023 - 43 с.

18. Електронний ресурс:<http://www.ztec.com.ua/ztec/elib>

19. Самохоцький О.І., Парфеновська Н.Р. Технологія термічного оброблення металів. М., "Машинобудування", 1976, 311 с.

ДОДАТОК А
Специфікація робочого пристосування

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
Справ. №						<u>Документація</u>			
					НУЗП 293226.008 СК	Складальне креслення			
						<u>Складальні одиниці</u>			
			1			Пневмоциліндр	1		
						<u>Деталі</u>			
			2			Планшайба	1		
			3			Підставка	1		
			4			Кришка	1		
			9			Центратор	1		
						<u>Стандартні вироби</u>			
Взам. інв. №	Підп. и дата			5		Гайка М8			
						ГОСТ 4161-2013	1		
				6		Гвинт М8х20			
						ГОСТ 7796-70	6		
				7		Гвинт М6х20			
						ГОСТ 1491-80	12		
				8		Шпилька М8х40			
						ГОСТ 22041-76	1		
Инв. № подл.	Підп. и дата	НУЗП 293226.008.00							
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Пристосування для свердління отворів Складальне креслення	Лит.	Лист	Листов
		Разраб.	Шептун В.О.						1
		Пров.	Вишнєпольський Є.В.						
Н.контр.	Дядя С.І.								
		Утв.	Дядя С.І.						
НУЗП 293226.008.00						НУ ЗП, зрМ-112сп			

ДОДАТОК В
Керуюча програма

```

| Number of warnings: 1 |
|=====|
| GENERAL WARNING |
|-----|
| Language 'russian' is not fully translated, therefore 1 message/s will appear in English.
|
|=====|

```

```

(СОЗДАН      : USER      )
(ДАТА       : 18.06.2025 , 16:47      )
(НАИМЕНОВАНИЕ : MODEL2.PRT      )
N10 G17 G21 G94 G90

```

```

(DRILLING , TOOL : STD_DRILL)

```

```

N12 T00 M6
N14 G53
N16 G17 G0 G90 X-134.75 Y0. S0 M3
N18 G43 Z26. H0
N20 G94 G81 G98 Z6.607 F250. R19.
N22 X-124.493 Y-51.567
N24 X-95.283 Y-95.283
N26 X-51.567 Y-124.493
N28 X0. Y-134.75
N30 X51.567 Y-124.493
N32 X95.283 Y-95.283
N34 X124.493 Y-51.567
N36 X134.75 Y0.
N38 X124.493 Y51.567
N40 X95.283 Y95.283
N42 X51.567 Y124.493
N44 X0. Y134.75
N46 X-51.567 Y124.493
N48 X-95.283 Y95.283
N50 X-124.493 Y51.567
N52 G80
N54 M5

```

```

(DRILLING_1 , TOOL : STD_DRILL_2)

```

```

N56 M6
N58 G53
N60 G17 G0 G90 X-134.238 Y26.093 S0 M3
N62 G43 Z26. H0
N64 G94 G81 G98 Z6.758 F250. R19.
N66 X-134.005 Y-27.264
N68 X-113.371 Y-76.47
N70 X-75.477 Y-114.034
N72 X-26.093 Y-134.238

```

N74 X27.264 Y-134.005
N76 X76.47 Y-113.371
N78 X114.034 Y-75.477
N80 X134.238 Y-26.093
N82 X134.005 Y27.264
N84 X113.371 Y76.47
N86 X75.477 Y114.034
N88 X26.093 Y134.238
N90 X-27.264 Y134.005
N92 X-76.47 Y113.371
N94 X-114.034 Y75.477
N96 G80
N98 M5

(BORING_REAMING , TOOL : REAMER)

N100 M6
N102 G53
N104 G17 G0 G90 X-124.493 Y51.567 S0 M3
N106 G43 Z26. H0
N108 G94 G81 G98 Z7.5 F250. R19.
N110 X-134.75 Y0.
N112 X-124.493 Y-51.567
N114 X-95.283 Y-95.283
N116 X-51.567 Y-124.493
N118 X0. Y-134.75
N120 X51.567 Y-124.493
N122 X95.283 Y-95.283
N124 X124.493 Y-51.567
N126 X134.75 Y0.
N128 X124.493 Y51.567
N130 X95.283 Y95.283
N132 X51.567 Y124.493
N134 X0. Y134.75
N136 X-51.567 Y124.493
N138 X-95.283 Y95.283
N140 G80
N142 M5

(BORING_REAMING_1 , TOOL : REAMER_2)

N144 M6
N146 G53
N148 G17 G0 G90 X-134.238 Y26.093 S0 M3
N150 G43 Z26. H0
N152 G94 G81 G98 Z7.5 F250. R19.
N154 X-134.005 Y-27.264
N156 X-113.371 Y-76.47
N158 X-75.477 Y-114.034
N160 X-26.093 Y-134.238

N162 X27.264 Y-134.005
N164 X76.47 Y-113.371
N166 X114.034 Y-75.477
N168 X134.238 Y-26.093
N170 X134.005 Y27.264
N172 X113.371 Y76.47
N174 X75.477 Y114.034
N176 X26.093 Y134.238
N178 X-27.264 Y134.005
N180 X-76.47 Y113.371
N182 X-114.034 Y75.477
N184 G80
N186 M5

(COUNTERSINKING , TOOL : CHAMFER_MILL)

N188 M6
N190 G53
N192 G17 G0 G90 X-134.238 Y26.093 S0 M3
N194 G43 Z26. H0
N196 G94 G81 G98 Z12. F250. R19.
N198 X-134.75 Y0. Z11.75
N200 X-134.005 Y-27.264 Z12.
N202 X-124.493 Y-51.567 Z11.75
N204 X-113.371 Y-76.47 Z12.
N206 X-95.283 Y-95.283 Z11.75
N208 X-75.477 Y-114.034 Z12.
N210 X-51.567 Y-124.493 Z11.75
N212 X-26.093 Y-134.238 Z12.
N214 X0. Y-134.75 Z11.75
N216 X27.264 Y-134.005 Z12.
N218 X51.567 Y-124.493 Z11.75
N220 X76.47 Y-113.371 Z12.
N222 X95.283 Y-95.283 Z11.75
N224 X114.034 Y-75.477 Z12.
N226 X124.493 Y-51.567 Z11.75
N228 X134.238 Y-26.093 Z12.
N230 X134.75 Y0. Z11.75
N232 X134.005 Y27.264 Z12.
N234 X124.493 Y51.567 Z11.75
N236 X113.371 Y76.47 Z12.
N238 X95.283 Y95.283 Z11.75
N240 X75.477 Y114.034 Z12.
N242 X51.567 Y124.493 Z11.75
N244 X26.093 Y134.238 Z12.
N246 X0. Y134.75 Z11.75
N248 X-27.264 Y134.005 Z12.
N250 X-51.567 Y124.493 Z11.75
N252 X-76.47 Y113.371 Z12.
N254 X-95.283 Y95.283 Z11.75

N256 X-114.034 Y75.477 Z12.

N258 X-124.493 Y51.567 Z11.75

N260 G80

N262 M5

N264 M2

Распечатка траектории содержит 146 строк.

ДОДАТОК Г
Технологічні карти

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.008

1

1

Разраб. Шептун В.О.

НУЗП

НУЗП 715524.008

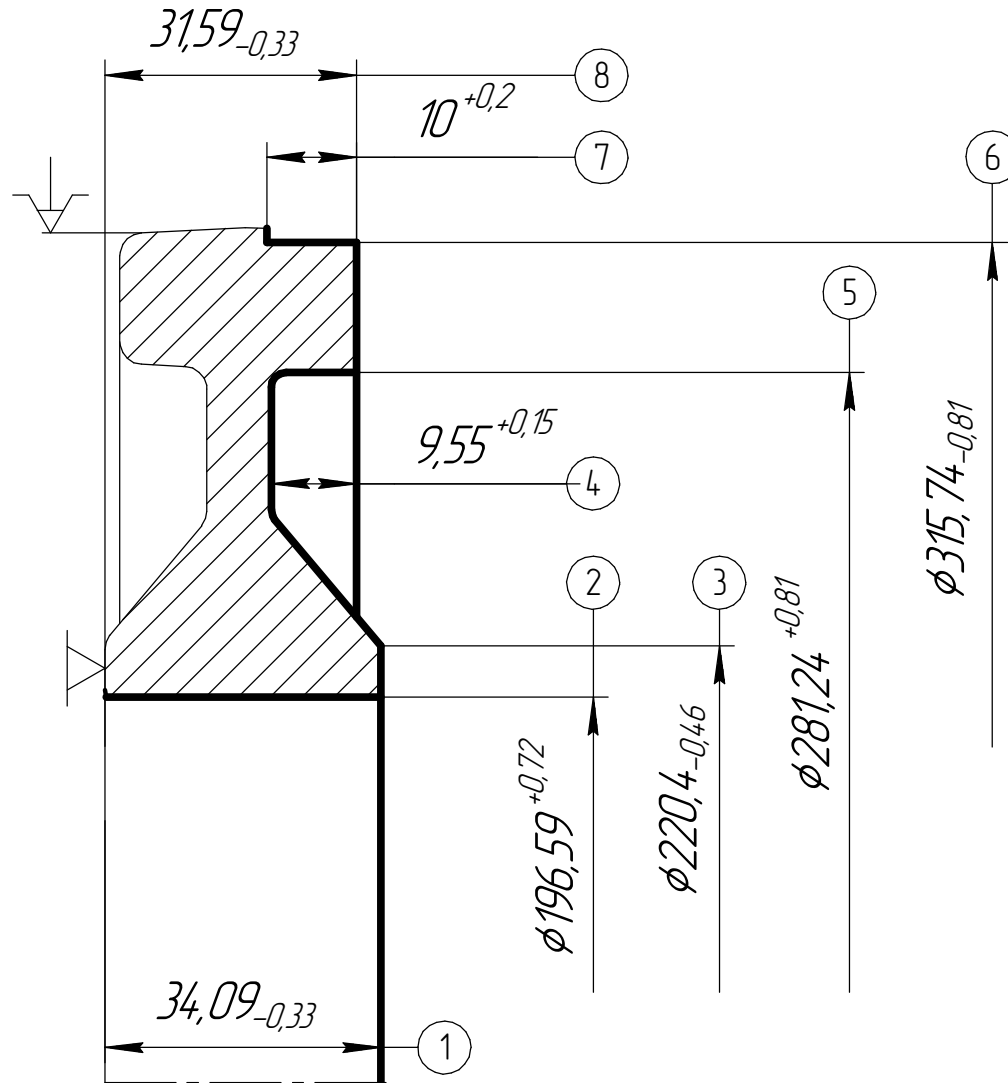
М-112сп.2014.1.008

Провер. Вишнепольський Е.В.

Диск

015

Н. контр. Дядя С.І.



* - Розміри для довідок

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.008

1

1

Разраб. Шептун В.О.

НУЗП

НУЗП 715524.008

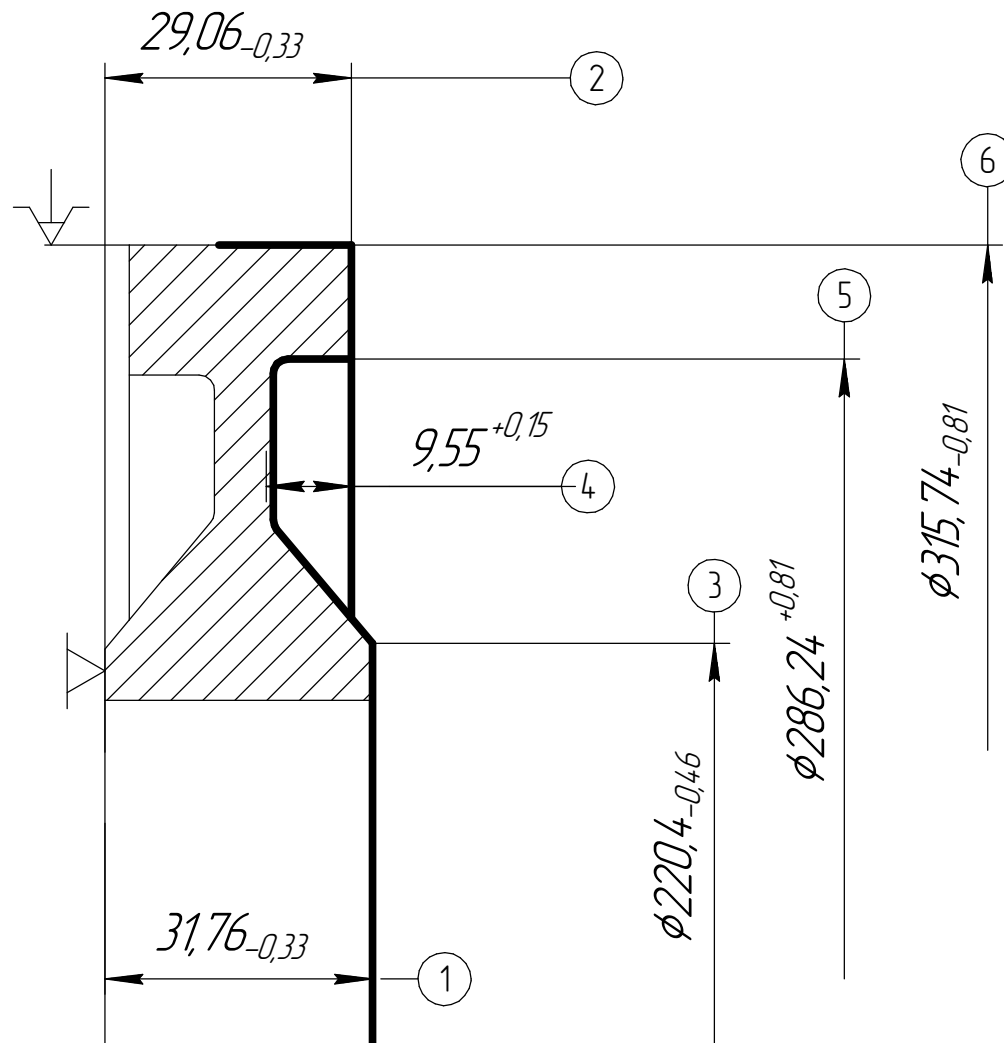
М-112сп.2014.1.008

Провер. Вишнепольський Е.В.

Диск

020

Н. контр. Дядя С.І.


 $\sqrt{Ra 3,2}$

* - Розміри для довідок

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.008

1

1

Разраб. Шептун В.О.

НУЗП

НУЗП 715524.008

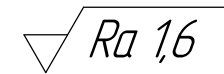
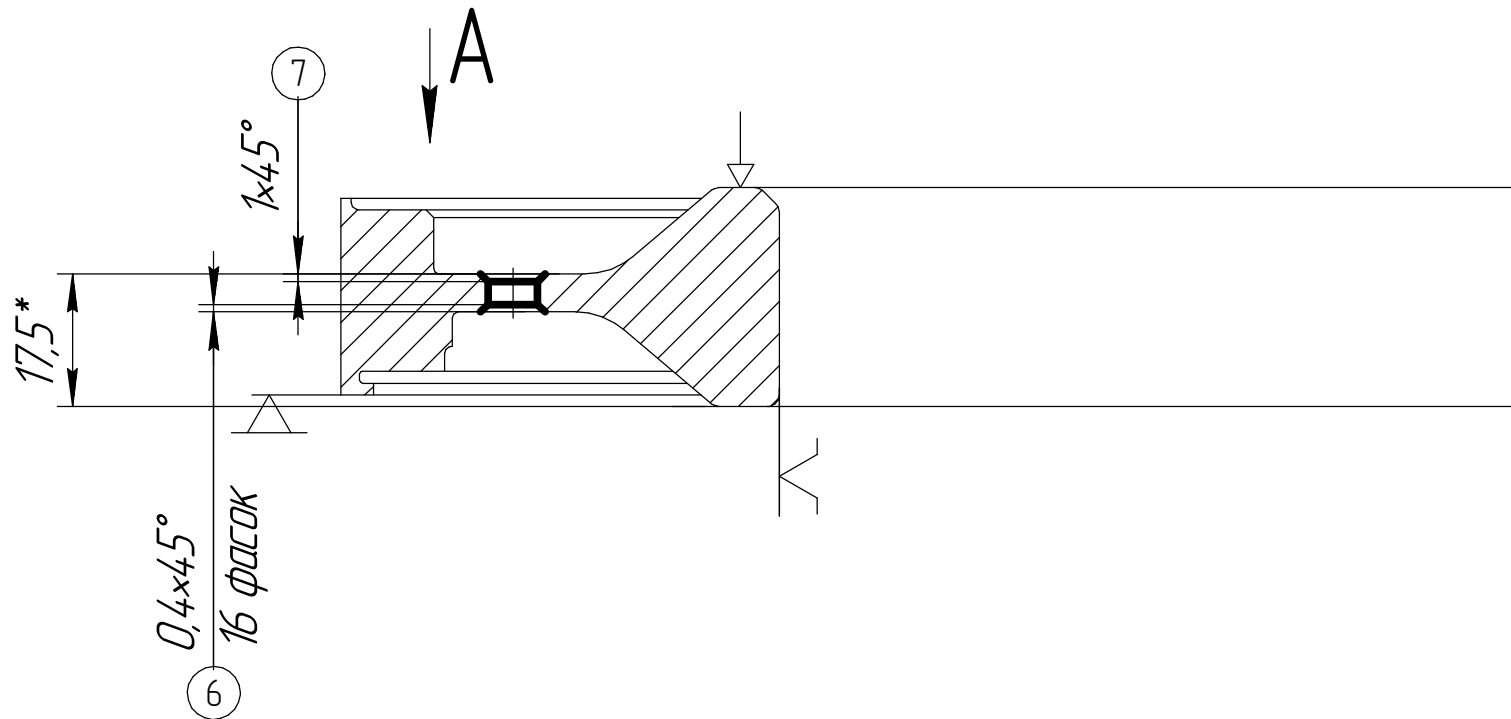
М-112сп.2014.1.008

Провер. Вишнепольський Е.В.

Н. контр. Дядя С.І.

Диск

040


 Ra 1,6


* - Розміри для довідок

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

НУЗП 0214.1.008

3

НУЗП 715524.008

М-112сп.2014.1.008

040

Р		П/И	Д или В	L	t	l	s	n	v
Р 01		05	12	1	1	32	0,15	800	20,1
02									
О 03	7. Перевстановити деталь та закріпити								
04									
О 05	8. Зенкерувати 16 фасок, витримуючи розмір 8								
Т 06	ВИ Оправка спеціальна								
07	РИ Зенкер 2323-0511 ГОСТ 12489-71								
08	СИ Шаблон 0,4x45° спеціальний;								
Р 09		06	12	0,4	0,4	32	0,15	800	20,1
10									
О 11	9. Зняти деталь								
12									$t_{CH}=0,1$
13									
14									
15									
16									
17									
18									
OK									

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.008

1

1

Разраб. Шептун В.О.

НУЗП

НУЗП 715524.008

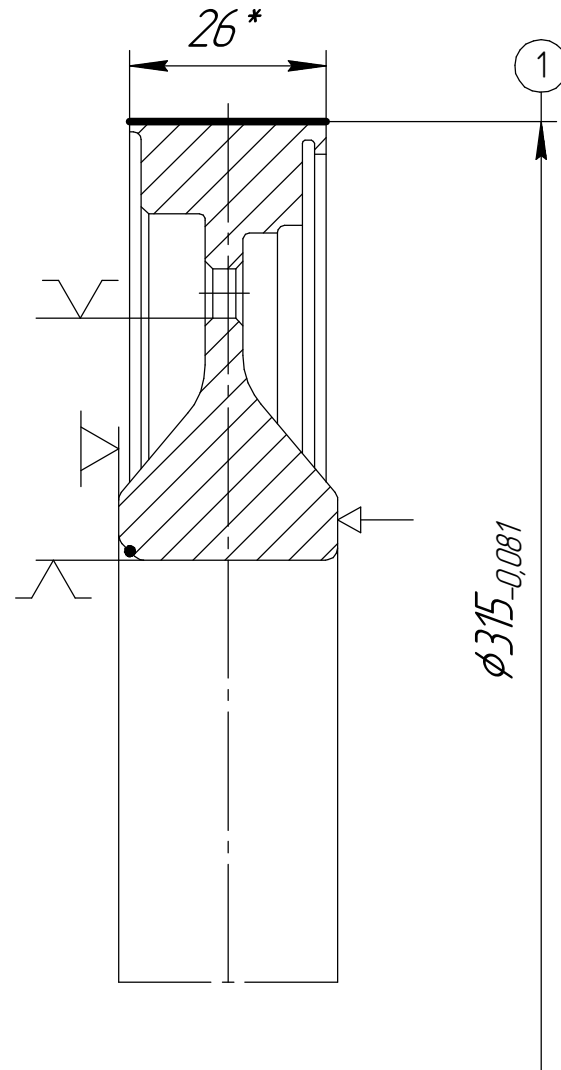
М-112сп.2014.1.008

Провер. Вишнепольський Е.В.

Диск

060

Н. контр. Дядя С.І.



Ra 0,80

* - Розміри для довідок

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.008

1

1

Разраб. Шептун В.О.

НУЗП

НУЗП 715524.008

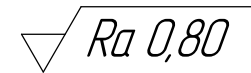
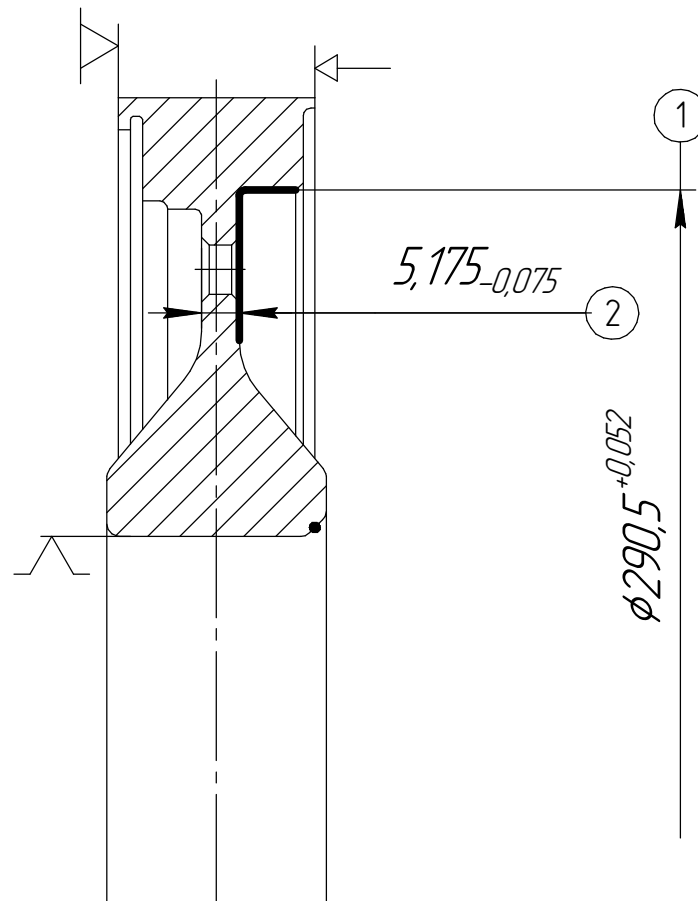
М-112сп.2014.1.008

Провер. Вишнепольський Е.В.

Диск

070

Н. контр. Дядя С.І.


 Ra 0,80


* - Розміри для довідок

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
														НУЗП 0214.1.008		1	1			
Разрад.	Шептун В.О.			НУЗП		НУЗП 715524.008				М-112сп.2014.1.008										
Провер.	Вишнепольський Є.В.																			
Н. контр.	Дядя С.І.			Диск																
Наименование операции				Материал		Твердость	EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД							
Внутрішньошліфувальна				Титановий сплав BT8-1		HB = 190 МПа	166	2,5	φ320,6×36,8			5,4	1							
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы		T ₀	T ₀	T _{п.з.}	T _{шт.}	СОЖ										
Внутрішньошліфувальний Studer S110				-		2,87	1,32	22	4,69	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75										
P				ПИ	D или B	L	f	l	s	n	v									
0 01	1. Встановити та закріпити деталь											t _{yc} =0,15								
T 02	ПР Пристосування спеціальне																			
03																				
0 04	2. Шліфувати поверхню 1, з шліфовкою торця 2																			
T 05	ВИ Оправка спеціальна																			
06	РИ Круг шліфувальний ЧК D=270 T=63 H=125 24A40C1K спеціальний																			
07	СИ Шаблон φ290,5 спеціальний; Шаблон 5,175 спеціальний;																			
P 08				01	280	16,05	0,002	25	0,002	2200/35	35									
09																				
0 10	3. Зняти деталь											t _{сн} =0,1								
11																				
12																				
13																				
OK																				

Дубл.			
Взам.			
Подп.			

--	--	--	--	--	--

--	--	--	--	--	--

НУЗП 0214.1.008

1

1

Разраб. Шептун В.О.

НУЗП

НУЗП 715524.008

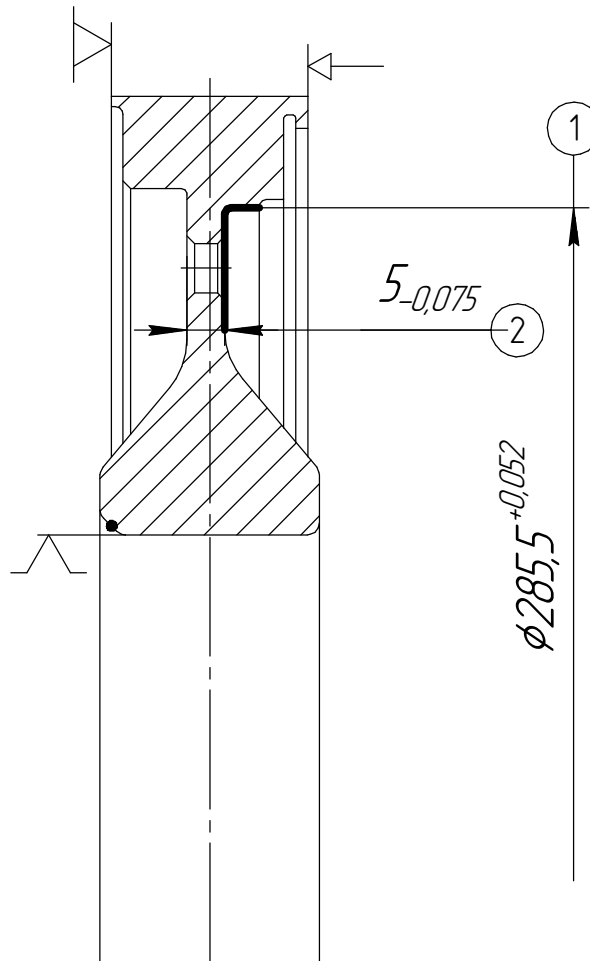
М-112сп.2014.1.008

Провер. Вишнепольський Е.В.

Диск

075

Н. контр. Дядя С.І.



* - Розміри для довідок

Дубл.																				
Взам.																				
Подп.																				
													НУЗП 0214.1.008		1	1				
Разрад.	Шептун В.О.			НУЗП			НУЗП 715524.008						М-112сп.2014.1.008							
Провер.	Вишнепольський Є.В.																			
Н. контр.	Дядя С.І.			Диск									075							
Наименование операции				Материал				Твердость		EB	MD	Профиль и размеры			M3	КОИД				
Внутрішньошліфувальна				Титановий сплав BT8-1				HB = 190 МПа		166	2,5	φ320,6×36,8			5,4	1				
Оборудование, устройство с ЧПУ				Обозначение программы				T ₀	T ₀	T _{п.з.}	T _{шт.}	СОЖ								
Внутрішньошліфувальний Studer S110				-				2,82	1,32	22	4,64	5% розчин Аквол-1 ГОСТ 1975-75								
P				ПИ	D или B			L	f	l	s	n	v							
0 01	1. Встановити та закріпити деталь														t _{yc} =0,15					
T 02	ПР Пристосування спеціальне																			
03																				
0 04	2. Шліфувати поверхню 1, з шліфовкою торця 2																			
T 05	ВИ Оправка спеціальна																			
06	РИ Круг шліфувальний ЧК D=270 T=63 H=125 24A40C1K спеціальний																			
07	СИ Шаблон φ285,5 спеціальний; Шаблон 5 спеціальний;																			
P 08				01	285,5	13,05	0,002	25	0,002	2200/35	35									
09																				
0 10	3. Зняти деталь														t _{сн} =0,1					
11																				
12																				
13																				
OK																				