

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»
Механіко-машинобудівний факультет
Кафедра технологій машинобудування та матеріалознавства

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеню магістра

студента Фоменко Богдан Костянтинович
академічної групи 131М-22Н-1 ММФ
спеціальності 131 Прикладна механіка
за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг
машинобудівного виробництва»
на тему: «Підвищення ефективності автоматизованої механічної
обробки деталі «Фланець» на багатоцільовому верстаті з ЧПК»
затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від
30 квітня 2024 р. за №382-с

Встановлено, що матеріали даної кваліфікаційної роботи містять чутливу інформацію щодо реальних об'єктів критичної інфраструктури України, національної безпеки і оборони України, зокрема відомості про їх місце розташування, службове призначення, конструкторську і технологічну документацію, описи конструкторських матеріалів та їх властивості, іншу додаткову літературу та посилання. У зв'язку з чим такі матеріали не підлягають відкритому оприлюдненню та мають зберігатися відповідно до встановленого режиму закладом освіти.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ЗАТВЕРДЖЕНО:

завідувач кафедри
Лінійного будівництва та матеріалознавства

_____ В.А. Дербаб
(підпис) (прізвище, ініціали)

«__» _____ 2024 року

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу

ступеню магістра

студенту ~~Фоменко Богдан Костянтинович~~

академічної групи 131М-22Н-1 ММФ

спеціальності 131 Прикладна механіка

за освітньо-науковою програмою «Наскрізний інжиніринг машинобудівного виробництва» на тему: «Підвищення ефективності автоматизованої механічної обробки деталі «Фланець» на багатоцільовому верстаті з ЧПК»

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 30 квітня 2024 р. за №382-с

Розділ	Зміст	Термін
--------	-------	--------

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Прийнято до виконання _____

Б.К. Фоменко

РЕФЕРАТ

Тема дипломного проекту: Підвищення ефективності автоматизованої механічної обробки деталі «Фланець» на багатоцільовому верстаті з ЧПК

Розрахунково - пояснювальна записка виконана на 82 аркушах формату А4, складається з 4 розділів. Креслення виконані на 4 аркушах формату А1 і 1 аркуш формату А2. Додатки до розрахунково-пояснювальної записці складають 15 арк. формату А4.

Об'єктом розробки в дипломному проекті є операційні технологічні процеси механічної обробки деталі - «Фланець».

Мета дипломного проекту - розробка та удосконалення технологічних процесів деталей паливної системи літака з застосуванням прогресивних комп'ютерних САД / Сам систем і устаткування з ЧПУ.

Методи досліджень, використані в дипломному проекті,

- Тривимірне твердотільне моделювання;
- Аналіз структурних складових технологічного процесу;
- Синтез структурних складових технологічного процесу.

Результати дипломного проектування позитивні:

досягнуто скорочення трудомісткості обробки деталі «Фланець» на 36% за рахунок скорочення допоміжного часу, введення раціональних режимів різання і застосування верстатів з ЧПУ, зміна заводських режимів різання на більш прогресивні, скорочення допоміжного часу.

Новизна розробок полягає в тому, що:

показана інтеграція алгоритму проектування технології і автоматизованих методів САД / САМ на основі застосування закладених можливостей в сучасне програмне забезпечення SolidWorks і ESPRIT

Практична значимість «Методика раціонального вибору ріжучих і допоміжних інструментів стандарту ISO для автоматизованої технології обробки деталі з важкооброблювальних сталей».

Ключові слова:

технологічний процес, фланець, станок, пристосування, інструмент, режими різання, ESPRIT, програмування.

Робота пов'язана з науковим напрямом кафедри технологій машинобудування та матеріалознавства та виконана відповідно договору про співпрацю та договором про нерозголошення конфіденційної інформації та комерційної таємниці з ТОВ «Машінтех».

ЗМІСТ

Вступ.....	
1 Аналітичний розділ	
1.1 Технічна характеристика об'єкту виробництва деталі «Фланець».....	
1.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Фланець».....	
2 Технологічний розділ.....	
2.1 Визначення виробничої програми випуску деталі.....	
2.2 Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки деталі «Фланець»....	
2.3 Визначення методів обробки поверхонь деталей «Фланець».....	
2.4 Розробка та обґрунтування маршруту виготовлення деталі «Фланець».....	
2.5 Розрахунок припусків розмірів для деталей «Фланець»	
2.6 Детальна розробка маршруту обробки деталі «Фланець».....	
3 Спеціальний розділ	
3.1 Проектування верстатного пристосування.....	
3.2 Проектування ріжучого інструмента.....	
4 Науково-дослідницький розділ.....	
Висновки.....	
Література.....	
Додаток.....	
Додаток 1. Технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець»....	
Додаток 2. Специфікація верстатного пристосування.....	
Додаток А.....	
Додаток Б.....	

Вступ

До авіаційної промисловості України, що є найбільш конкурентоспроможною галуззю, належать 40 підприємств. На авіацію працюють 28 підприємств, що виробляють окремі комплектуючі. Зараз на цих підприємствах працює близько 100 тис. чоловік. Авіапромисловість України цілком спроможна задовольнити потреби внутрішнього ринку в пасажирських літаках злітною вагою до 51 тонни.

На сьогодні найбільш швидким, комфортним та надійним видом транспорту є літак. На сучасний український ринковий простір вже кілька років інтенсивно готується вийти літак АН-148

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

1. АНАЛІТИЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Технічна характеристика об'єкту виробництва деталі «Фланець»

Деталь «Фланець» представлена (рис 1.1) є частиною паливного баку літака. Фланець зварюється з торцем корпусу баку і до нього з допомогою різьбових отворів приєднується до гідроприводу гідросистеми літака. Деталь працює в агресивному середовищі і витримує дуже великі навантаження:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

1.1.1 1.2.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Стосовуючи нестандартні пристосування, однак кількість цих пристосувань невелика.

Деталь має невеликі показники маси, оскільки виготовляється із сплаву алюмінію який задовільно обробляється різанням при використанні стандартного інструменту. Аналізуючи вимоги до робочого креслення, робимо висновок, що матеріал деталі забезпечує необхідні механічні властивості, шорсткість і задану товщину стінок при використанні лиття, що доречні в умовах серійного виробництва.

Поверхні фланцю піддається інтенсивному зносу внаслідок роботи в агресивному середовищі. Щоб зменшити вплив корозії на деталь в процесі виготовлення застосовується анодування. Це дозволяє продовжити термін служби деталі.

Твердість деталі HB 60, дозволяє забезпечити необхідну міцність і достатній ресурс деталі.

Конструкція деталі дозволяє обробляти взаємозалежні поверхні за один установ «на прохід». Єдиним нетехнологічним з цього погляду елементом є різьбовий отвір М6-6Н, що розташований з боку на циліндричній поверхні деталі.

При обробці фланцю виконується принцип суміщення баз. Протягом усього технологічного процесу використовуються одні й ті ж бази, тому виконується принцип сталості баз, що збільшує точність обробки.

Цифрове значення коефіцієнту дає висновок про технологічність деталі. Коефіцієнт точності обробки визначається за формулою 1.1:

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Визначення виробничої програми випуску деталей «Фланець»

Виробнича програма випуску деталей розраховується на початковому етапі проектування технологічного процесу в залежності від річної потреби виробів і запасних частин за формулою 2.1:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Основним показником, який характеризує серійне виробництво, є величина партії деталей, яка запускається періодично (серіями випускається виріб, який складається з певних деталей). Величина партії визначається за формулою 2.2:

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Клас розмірної точності відливки призначається в залежності від метода відливки габаритів та матеріалу заготовки у діапазоні [7-12].

Клас розмірної точності відливки – 8

Допуски розмірів форми та розміщення поверхонь призначаються в залежності від класа розмірної точності відливки. Дані заносимо у таблицю .

Ступень точності поверхонь призначається в залежності від метода отримання заготовки, габаритних розмірів деталі та її матеріалу діапазон [11-18].

Ступень точності поверхонь -15

Параметр шорсткості поверхні відливки визначається в залежності від ступені точності поверхні Ra=50

Ряд припусків призначається залежності від ступені точності поверхні.

Діапазон [6-9]..Ряд припусків – 7.

Припуск на обробку призначається в залежності від загального поля допуску на розмір заготовки, ряду припуску та МОП. Дані заносимо у таблицю 2.1

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

$$K_{\text{вм}} = \frac{m_{\text{д}}}{m_{\text{з}}} = \frac{2,52}{3,5} = 0,72 \quad (2.3)$$

де $m_{\text{д}}$ – вага деталі

$m_{\text{заг}}$ – вага заготовки.

При обраному методі коефіцієнт використаного матеріалу значно більше існуючого. Це означає ,що обраний метод - доцільніший.

Точність відливки: 8 – 5 – 15 – 10

8– клас розмірної точності

5– ступінь корабління

15– ступень точності поверхні

10- точність ваги.

2.4 Визначення методів обробки поверхонь деталей «Фланець»

При визначенні маршруту виготовлення деталі орієнтуємося на вид заготовки і її точність. Кількість технологічних операцій, хня концентрація буде зумовлюватись методами обробки поверхонь, які визначаються з огляду на не- обхідний квалітет розміру, параметр шорсткості й умови оброблюваності алюмінієвих ливарних сплавів. Перелік поверхонь, їх розміри і методи обробки, які забезпечують виконання вимог креслення, наведено в таблицях 2.3.

Таблиця 2.3 - Етапи та стадії обробки поверхонь деталі «Фланець»

№ поверхні	Найменування	Розмір, мм	Квалітет	Допуск мкм	Шорсткість Ra/мкм	МОП

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

2.5 Обґрунтування та розробка маршруту виготовлення деталі «Фланець»

Маршрут обробки деталізначається у залежності від типу виробництва, способу та товщини шару покриття деталі.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 2.5 -Технологічний процес виготовлення деталі «Фланець»

№ оп.	Найменування операції	Стислий зміст операції	Модель верстата
		Підрізання торців і обробка зовнішніх пове-	

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Загальний припуск на обробку $2Z_{\min}=3,0 \times 2$ мм

Розрахунковий розмір дорівнює мінімальному розміру деталі $D_d=\varnothing 279,814$

мм.

Розрахунковий розмір розраховується за формулою .

$$D_p = D_d + 2 \cdot Z_{\min} \quad (2.6)$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

чистове точіння: $2Z_{\min} = 2,5 \text{ мм}$
 $2Z_{\max} = 2,69 \text{ мм}$

чорнове точіння: $2Z_{\min} = 3,5 \text{ мм}$
 $2Z_{\max} = 4,78 \text{ мм}$

Перевірка розрахунків за формулою:

$$\begin{aligned} \Sigma Z_{\max} - \Sigma Z_{\min} &= T_z - T_d \\ \Sigma 7,27 - \Sigma 6 &= 1,4 - 0,13 = 1,27 \end{aligned} \quad (2.10)$$

Дані розрахунків припусків для деталей «Фланець» зведені в таблицю 2.7.

Схема розташування припусків:

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

4.8 детальна розробка маршруту обробки деталі «Фланець»

Детальна розробка операції - 005 Токарна з ЧПК; зведена в таблиці 2.9, 2.10,
2.11

Таблиця 2.9 - Операційна технологія. Операція - 005 Токарна з ЧПК;

Зміст операції:	1. Встановити, закріпити та зняти деталь 2. Підрізати торець ($73,3 \pm 0,37$), ($28,76_{-0,52}$), точити циліндричні поверхню ($\varnothing 210_{-1,15}$), та конусну поверхню ($\varnothing 210 \times 40^\circ$).
-----------------	---

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Мастильно – охолоджуючий технологічний засіб – емульсія 10%

Таблиця 2.10 - Режими різання на операцію 005- Токарна ЧПК.

Елементи режимів різання	Переходи	
	чорновий	чистовий
<p>Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.</p>		

Таблиця 2.11 – Норми часу на операцію - 005 Токарна ЧПК, хв.

№ п/п	Умовне познач.	Складові частини штучного часу, норми часу	Значення, хв
1	2	3	4
<p>Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.</p>			
6.4	t ₄	пристрій Перевірити прихід деталі або інструмента в задану точку після обробки	0,15

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

детальна розробка операції - 010 Токарна з ЧПК, зведена в таблицю 2.12, 2.13, 2.14

Таблиця 2.12 - Операційна технологія. Операція - 010 Токарна з ЧПК;

Зміст операції:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити та зняти деталь 2. Підрізати торець ($28,5J_{s14\pm 0,26}$), розточити внутрішні поверхні ($12\times 45^{\circ+0,25}$) ($\varnothing 22\pm 0,29$) ($\varnothing 217\pm 0,29$) і ($\varnothing 217\pm 0,29\times 60^{\circ}$) оп-
-----------------	---

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Таблиця 2.13- Режими різання на операцію - 010 Токарна ЧПК

Елементи режимів різання	Переходи	
	чорновий	чистовий

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

№ п/п	Умовне познач.	Складові частини штучного часу, норми часу	Значення, хв
1	2	3	4

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

6.3	t ₃	механізму, перемотати, заправити стрічку в зчитуючий пристрій	0,04
6.4	t ₄	Перевірити прихід деталі або інструмента в задану точку після обробки	0,31

с. 5	t ₅	Перемістити перфострічку в початкове положен-	0,15
<p>Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.</p>			

Детальна розробка операції - 015 Свердлильна з ЧПК; зведена в таблицях 2.15, 2.16, 2.17

Таблиця 2.15 - Операційна технологія. Операція - 015 Свердлильна з ЧПК;

Зміст операції :	<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити, закріпити та зняти деталь 2. Центрувати 20 отворів (Ø12), по програмі
------------------	---

<p>Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.</p>

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

де: $S_{0T}=0,1$ мм/об – табличне значення подач [14, с.217]
 $K_S=1$ – коефіцієнт враховуючий глибину свердління.
 $K_{Ss}=1$ коефіцієнт враховуючий жорсткість СПД

$K_{Sn}=1$ коефіцієнт враховуючий матеріал інструменту
 $K_{Sd}=1$ коефіцієнт враховуючий тип отвору
 $K_{SM}=1$ коефіцієнт враховуючий марку матеріалу

$$S_o=0,1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,1 \text{ мм/об}$$

По паспорту верстата $S_o=0,1$ мм/об.
Швидкість різання визначаємо за формулою 2.13:

$$C_v \cdot D^q$$

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} \quad (2.14)$$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Момент сил опору різання: $(75) \dots (45)^{0,75}$

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

$$T_o = (28.8 + 4) / 1420 \cdot 0,1 = 0,2 \text{ хв.}$$

Таблиця 2.16 - Режими різання на операцію - 015 Свердлильна ЧПК

Елементи режимів різання	Номер позиції револьверної головки		
	1	2	3

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

1.	$T_{шт}$	Штучний час : $T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{д.} \cdot K_{тв}) \cdot (1 + \frac{\%T_{обс}}{100})$	24,42
2.	$T_{ц.а.}$	Час циклу автоматичної роботи $T_{ц.а.} = \sum T_{о.} + \sum T_{м.д.}$	19,4

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

0,0	6	єЮ	0,00
7.	$K_{тв}$	Коефіцієнт на $T_{д.}$	1,23
8.	$\%T_{обс}$	Час на обслуговування та на відпочинок і особисті потреби $\%T_{обс} = \%a_{тех} + \%a_{орг} + \%a_{вим}$	10

9.	Тпз	Підготовчо-заклучний час: $T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2} + T_{пр.обр.}$	26,7
9.1	Тпз1	На організаційну підготовку;	8
9.2	Тпз2	На наладку верстата;	11,7
9.3	Т _{пр.обр.}	На пробну обробку деталі;	7
10.	n	Партія деталей	40
11	Нч	Норма часу ($T_{шт.к.}$) $Hч = T_{шт} + T_{пз} / n$	25,1

Детальна розробка операції - 020 Свердлильна; зведена в таблицях 2.18, 2.19, 2.20

Таблиця 2.18 - Операційна технологія. Операція - 020 Свердлильна

Зміст операції:	1. Встановити, закріпити та зняти деталь 2. Центрувати отвір (Ø8) 3. Свердлити отвір (Ø5) 4. Нарізати різьбу в отворі (M6×1)
Устаткування:	Свердлильний станок 2Н118; 1. Найбільший умовний діаметр сверлення 18 мм:
<div style="border: 2px solid red; padding: 10px;"> <p>Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.</p> </div>	
мастильно – охолоджуючий технологічний засіб – емульсія 10%	

Таблиця 2.19 – Режими різання на операцію - 020 Свердлильна

Режими різання по переходам	Переходи		
	1	2	3
Глибина різання t, мм.	4	2,5	-
Нормативна подача $S_0 = S_t K_s$, мм/обр.	0,222	0,039	1
Дійсна подача S мм/обр.	0,12	0,05	1
Нормативна швидкість різання $V_0 = V_t K_v$.м/хв.	70	49	20
Розрахункова частота обертання шпинделю $n_0 = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D}$.обр ⁻¹	2236	3901	1078

Дійсна частота обертання шпинделю n , обр ⁻¹	2000	2800	1000
Дійсна швидкість різання $V = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{1000}$. м/хв .	62,8	35,1	18,8
Довжина робочого ходу L , мм	4	16	12
Основний час $T_{oi} = L/S \cdot n$, хв.	0,009	0,11	0,01
Основний час на операцію. $T_o = \Sigma T_{oi}$, хв.	0,129		

Таблиця 2.20 – Норми часу на операцію - 020 Свердлильна, хв.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Підготовчо-заключний час на налагодження	8
Підготовчо-заключний час на видачу приладу та інструменту .	6
Штучно - калькуляційний час $T_{штк} = T_{шт} + T_{пз}/n$	2,5

Контрольна операція.

На столі БТК контролюються всі розміри деталі.

3. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Проектування верстатного пристосування

При свердлінні двадцяти отворів застосовано верстатне пристосування для установки деталі на столі верстата. Деталь при обробці базується в пристосуванні по нижній площині для створення основної технологічної бази. Для створення додаткової бази застосовані пальці: циліндричний і зрізаний циліндричний. Закріплення деталі проводиться за допомогою спеціальних налагоджень. Затиск деталі механізований за допомогою гідроциліндра. Корпус пристосування базується при установці пристосування на столі за допомогою болтів по т-образним пазах.

Розрахунок точності пристосування.

Точність верстатного пристосування при свердлінні визначається по умові:

$$\varepsilon \leq [\varepsilon], \quad (3.1)$$

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

$\varepsilon_{\text{п}}$ – похибка установки, мкм.

Похибка базування дорівнює нулю, так як установча і вимірювальні бази суміщені.

Похибка закріплення приймаємо рівною 125 мкм (через відсутність достовірних розрахункових залежностей).

Похибка положення визначаємо за формулою:

$$\xi_n = \beta \cdot \sqrt{N} \cdot \cos \alpha = 0,5 \cdot \sqrt{1500} \cdot 1 = 19,36 \text{ мкм} \quad (3.4)$$

Похибка пристосування:

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

$f_1 = 0,16$ – коефіцієнт тертя в зоні контакта;

$f_2 = 0$

В якості приводу затиску приймаємо гідроциліндр двухсторонньої дії
діаметром 50 мм (по типу 7021-0208)

Технічна характеристика гідроциліндра:

Діаметр поршня – 100 мм,

Діаметр штока – 45 мм,

Хід поршня не більше – 32 мм.

Реалізована сила на штоку гідроциліндра при робочому тиску масла – 10

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

α – задній кут, це кут дотику до задньої поверхні до розглянутої точки
ріжучої кромки до місця дотику поверхні різання $\alpha=12^\circ$

d – товщина серцевини свердла $d = 2,5$ мм.

b – ширина пера (зуба) $b = 0,58 \cdot D = 8$ мм.

f – ширина стрічки $f = 2$ мм.

l_0 – довжина робочої частини $l_0 = 100$ мм.

L – загальна довжина свердла $L = 175$ мм.

Р
Р
Ш
П
М
Р
Р
Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

l_0

100

За усіма показниками свердло надійно протистоїть руйнівним силам
які виникають при різанні має чотирьох разовий запас тривалості.

4. СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Алмазні свердла: види, особливості, застосування свердел з алмазним напиленням

Алмаз, як відомо, є одним з найбільш твердих мінералів на землі. Саме тому найбільш ефективним інструментом по обробці матеріалів, що володіють високою міцністю, є алмазне свердло. На сучасному ринку представлено безліч видів алмазних свердел (рис 4.1), що відрізняються між собою як конструктивним виконанням, так і технологією виготовлення. Для ефектив-

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

- з ріжучою частиною кулястої форми;
- конічного типу;

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

конічного інструменту (тобто глибина отвору, після свердління якого він піддається критичному зносу) становить 9-12 метрів при роботі по натуральному каменю і 10-14 метрів при виконанні отворів в інших матеріалах.

Алмазні свердла не вимагають постійного охолодження в процесі обробки, а також не мають потреби в регулярній заточування. Щоб не допустити перегріву (який вкрай небажаний), інструмент досить в ході свердління періодично занурювати в ємність з водою і здійснювати обробку на невеликих оборотах.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

ключно високою стійкістю до зносу. Найбільш значущим недоліком даної технології є те, з її допомогою можна виготовляти тільки великогабаритні інструменти, якими, наприклад, є свердла алмазні кільцеві. Пояснюється це наступним. Для того щоб створити за допомогою такої технології міцне ви-

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

За технологією напилення, яка передбачає використання гальванічного обладнання, виготовляють переважно трубчасті алмазні свердла, а також інструмент з конічною ріжучою частиною. Використовуючи дану технологію, можна виробляти і мініатюрні свердла з алмазним напиленням, що відрізняються навіть складною конфігурацією.

Алмазне покриття, що створюється за даною технологією, характеризується однорядним розташуванням зерен, через що відрізняється досить низькою стійкістю. Це особливо критично для покриття, що наноситься на ріжучі кромки інструменту. Свердло з алмазним напиленням, яке отримано гальванічним методом, з цієї причини відрізняється невеликим робочим ресурсом, але цей недолік компенсується невисокою вартістю такого інструменту.

Кожен з видів алмазних свердел відрізняють певні особливості, які обов'язково слід враховувати при виборі і застосуванні такого інструменту.

Коронки з алмазним напиленням. Алмазний інструмент, ріжучий частина якого оснащена коронками з напиленням, нанесеним гальванічним методом, зовні дуже нагадує корончаті свердла звичайного типу. Великою перевагою такого інструменту, крім його доступною вартості, є також і те, що при його використанні на нього чиниться невелике торцеве тиск. Завдяки цьому його можна використовувати для свердління на високих оборотах, що підвищує продуктивність процесу.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

тому інструменти, основою конструкції яких є трубка з алмазним напиленням, використовуються переважно для свердління кахельної плитки.

Свердла з ріжучими елементами з спеченої алмазної крихти. Як вже говорилося вище, свердла, ріжуча частина яких виготовлена з алмазної крихти методом спікання, відрізняються високою надійністю і можуть з успіхом експлуатуватися на протязі тривалого часу. Кожним з таких інструментів,

якщо при їх використанні дотримуються всі технологічні рекомендації, можна виконати свердління понад сто отворів. Однак є у свердел даної категорії і недоліки, найбільш значимий з яких полягає в тому, що в процесі обробки інструмент піддається значному торцевого тиску, що не дає можливості застосовувати високу швидкість обробки. Цим недоліком обумовлено значне зниження продуктивності свердління

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

струментів даного типу, дозволяє створювати на ній покриття, в якому кількість алмазних зерен збільшено в 2-2,5 рази. Така технологія передбачає не звичайну електричну обробку, а нанесення алмазного покриття вакуумно-дифузійним методом. При використанні цього способу зазори між алмазними зернами заповнюються металом, що і забезпечує найвищу стійкість формується покриття.

4.3 Сфера застосування

Алмазні свердла проявляють високу ефективність при обробці матеріалів, з якими не можуть впоратися свердла звичайного типу.

Механічні характеристики алмазного покриття дозволяють успішно застосовувати такий інструмент для виконання отворів в матеріалах, що відрізняються високою міцністю: кахельної плитці, керамограніті, склі, бетоні; цеглі, натуральному і штучному камені.

За допомогою такого інструменту (зокрема, свердел алмазних трубчастого типу) виконуються отвори в бетонних будівельних конструкціях, необхідні для монтажу електричних розеток. Крім того, саме інструментом даного типу виконується свердління скла і дзеркал, що робить такі свердла особливо актуальними при виробництві оптичних приладів різного призначення. Радіоелектроніка, приладобудівна галузь і машинобудування - це ті сфери, де без використання алмазних свердел, що відрізняються високою твердістю, практично не обійтися.

4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Дослідження конструкції твердотільної моделі деталі «Фланець» та інтегрування її в програму ESPRIT

Сучасні технології машинобудування відрізняються не тільки інноваційними розробками в сфері передового інструменту, обладнання і оснастки, але також виділяється сучасне програмне забезпечення, за допомогою якого можна робити моделювання і розрахунок технології, від кореня моделі заготовки і до готової деталі. Розглянемо програмний модуль FeatureCAM для токарно-фрезерної обробки, за допомогою якого візуалізуємо процес обробки деталі «Фланець», і отримаємо технічні параметри обробки, в тому числі керуючу програму для верстата з ЧПУ.

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Рис.5.1 - 3D модель деталі «Фланець»

Готову тривимірну модель деталі зберігаємо в форматі .igs для того щоб конвертувати її в формат .psmodel через програму SolidWorks. Далі, імпортуємо файл деталі в форматі .psmodel в програму FeatureCAM. Таким чином створення 3D моделі деталі і конвертація файлу закінчена, можна приступати до наступного етапу.

5.2 Створення технологічного процесу обробки деталі в ESPRIT.

Для початку відкриваємо програму ESPRIT і створюємо новий файл (Точіння / Фрезерування (рис 5.2)). Вказуємо одиниці виміру - міліметрів.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

зґ
збігалася з віссю деталі від шпинделя в сторону заднього центру.

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

ТИС
НОГ
ПОТ

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Далі, після створення заготовки і корекції системи координат, ми отримуємо деталь окреслені контури заготовки (рис 5.5).

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 5.5 - Деталь після створення СК і заготовки

На наступному етапі зробимо візуалізацію механічної обробки деталі, для цього в пункті "Елемент" виберемо "новий елемент", далі просуваємося по контекстного меню по пунктам "Торець - напрямок подачі - Готово"

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 5.6 - Підрізка торця деталі «Фланець»

Виконуємо токарну обробку зовнішніх циліндричних та конічних поверхонь «Фланця». Виконуємо наступний алгоритм: Елементи - точіння - точіння

- вказати елемент - готово. В параметрах вказуємо геометрію ріжучої частини інструменту та режими різання. В результаті візуалізації отримуємо наступне (рис 5.7).

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Наступним етапом виконується переустанов деталі для цього у вікні "обробка", обираємо: установи – новий установ - установ 2. Та виконується обробка внутрішніх поверхонь і підрізна торця фланцю. Виконуємо наступний алгоритм: Елементи - точіння - розточування - вказати елемент – готово. Обробка представлена (рис 5.8, рис 5.9)

**Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.**

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис. 5.9 - Обробка торця

Виконуємо обробку двадцяти отворів деталі .Виконуємо наступний алгоритм: Елементи - точіння – отвір - вказати елемент --готово. В параметрах вказуємо геометрію ріжучої частини інструменту та режими різання. В результаті візуалізації отримуємо наступне (рис 5.10).

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Результатом роботи ми отримуємо код керуючої програми для верстата з ЧПУ PUMA MX1600ST рис. 5.11. Таким чином, обробка деталі в системі ESPRIT закінчена.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Рис.5.11 – Верстат PUMA MX1600ST

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

11)

1)

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В якості загальних висновків, можна сказати наступне - у програмі ESPRIT мається значна кількість стратегій та траєкторій для чорнової і чистової обробки поверхонь деталі. Значна кількість варіантів траєкторій чистової обробки деталі і варіативність програмування підводів, відводів, переходів і підйому ріжучого інструменту призводить до значного скорочення часу на розрахунок траєкторії на ПК та машинного часу на обробку деталі. В результаті раціоналізації обробки значно скорочено машинний час, а як наслідок, і кількість переміщень та підйомів робочих вузлів верстата, що відображається на ресурсі самого верстата та стійкості ріжучого інструменту в цілому.

Щодо науково-дослідницького розділу можна сказати що комп'ютерне моделювання процесу механічної обробки деталі в САМ-системах дозволяє спрогнозувати потрібну якість і точність обробки поверхонь деталі, з урахуванням сучасного високотехнологічного обладнання, оснащення, пристосувань, контрольно-вимірювальних приладів, а також прогресивного ріжучого інструменту та скорегованих режимних параметрів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. ДСТУ 8833:2019. Національний стандарт України виливки із сірого чавуну з пластинчастим графітом. http://online.budstandart.com/ru/catalog/doc-page?id_doc=82147 .
2. ДСТУ 8981:2020 Виливки з металів та сплавів. Допуски розмірів, маси та припуски на механічне оброблення. ДСТУ (Державний Стандарт України).
3. Технічне креслення. Розробка робочих креслеників деталей за креслеником загального виду [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: О.Г.Гетьман, Н.В. Білицька, Г.В. Баскова. – Електронні текстові дані (1файл: 10,474Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 150 с.
4. Петраков Ю.В. Лабораторно-комп'ютерний практикум з теорії різання // Рекомендовано МОН України як навчальний посібник для вищих навчальних закладів (Лист МОН України №1.4/18-Г-212), Київ, Політехніка, 2006, 190с.
5. Гейчук, В. М. Функціональне проектування верстатів, роботів та машин в Autodesk Inventor. Частина I [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю «Галузеве машинобудування» / В. М. Гейчук ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 13,39 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2017. – 394 с.
6. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані (1 файл: 15,26 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.
7. David A. Stephenson, John S. Agapiou Metal Cutting Theory and Practice. Third Edition 2016 by Taylor & Francis Group, LLC 932p.
8. Найкращі рішення для обробки. Лінійка необертальних інструментів. Токарна обробка. Обробка канавок. Різьбонарізання. Відрізання. Метрична версія каталогу 2019. 08/2020 3395080. Member IMC Group ISCAR / www.iscar.com.ua .
9. Найкращі рішення для обробки. Фрезерування. Свердління. Інструментальна оснастка. Метрична версія каталогу 2020-2021. 10/2020 3395081. Member IMC Group ISCAR / www.iscar.com.ua
10. Петраков Ю.В., Мацківський О.С. Моделювання фрезерування кінцевими фрезами. Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (73). 2015.

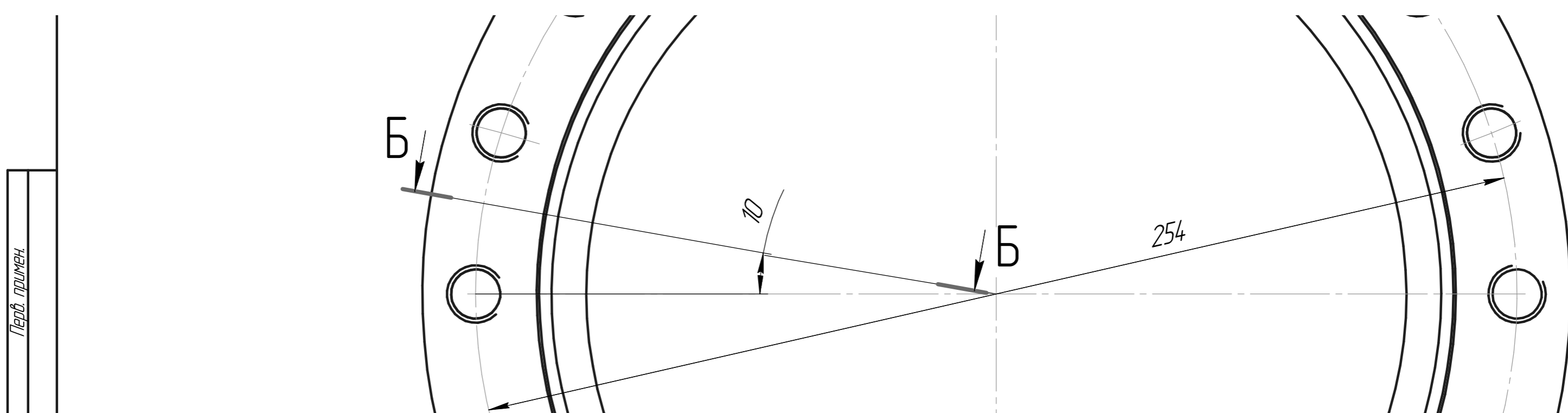
11. Петраков Ю.В. Розвиток САМ-систем автоматизованого програмування верстатів з ЧПК: Монографія. – Київ, Січка, 2011. – 220 с.
12. Дубовой В.М. Моделювання та оптимізація системи: підручник / Дубовой В.М., Кветний Р.Н., Михальов О.І., Усова А.В. – Вінниця: ПП «ГД Едельвейс», 2017. – 804с.
13. Васильченко Я.В. Математичне моделювання процесів різання та різальних інструментів. Практикум. ДДМА, Краматорськ, 2019. – 249с
14. Zhuravel, O . Yu , Derbaba, V.A., Protsiv, V.V., & Patsera, S.T. (2019). Interrelation between Shearing Angles of External and Internal Friction During Chip Formation. Solid State Phenomena. Materials Properties and Technologies of Processing, (291), 193-203. - 2019. doi.org/10.4028/www.scientific.net/SSP.291.193
15. Kravchenko, Yu., & Derbaba, V. (2020). Empirical definition of the shearing angle and chip-edge contact length when cutting. Збірник наукових праць НГУ. – Дніпро: Національний ТУ «Дніпровська політехніка», 63, 123-133. <http://znp.nmu.org.ua/index.php/en/archives/33-63en/358-63en11>.
16. Щербина Є.Ю. Критерії стійкості ріжучого інструменту для висошвидкісної обробки / Є.Ю. Щербина, В.А. Дербаб, В.А. Козечко // Збірник наукових праць НГУ. – Д.: Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет», 2022 – № 67 – С.77-95 <https://doi.org/10.33271/crpnmu/67.077> .
17. Derbaba V.A. Evaluation of the adequacy of the statistical simulation modeling method while investigating the components presorting processes / V.A. Derbaba, V.V. Zil, S.T. Patsera // Scientific bulletin of National Mining University Dnipropetrovsk.. – 2014. – № 5 (143). – P. 45-50.

280f9^(-0,056)_(-0,186)

√ Ra 12,5 (√)

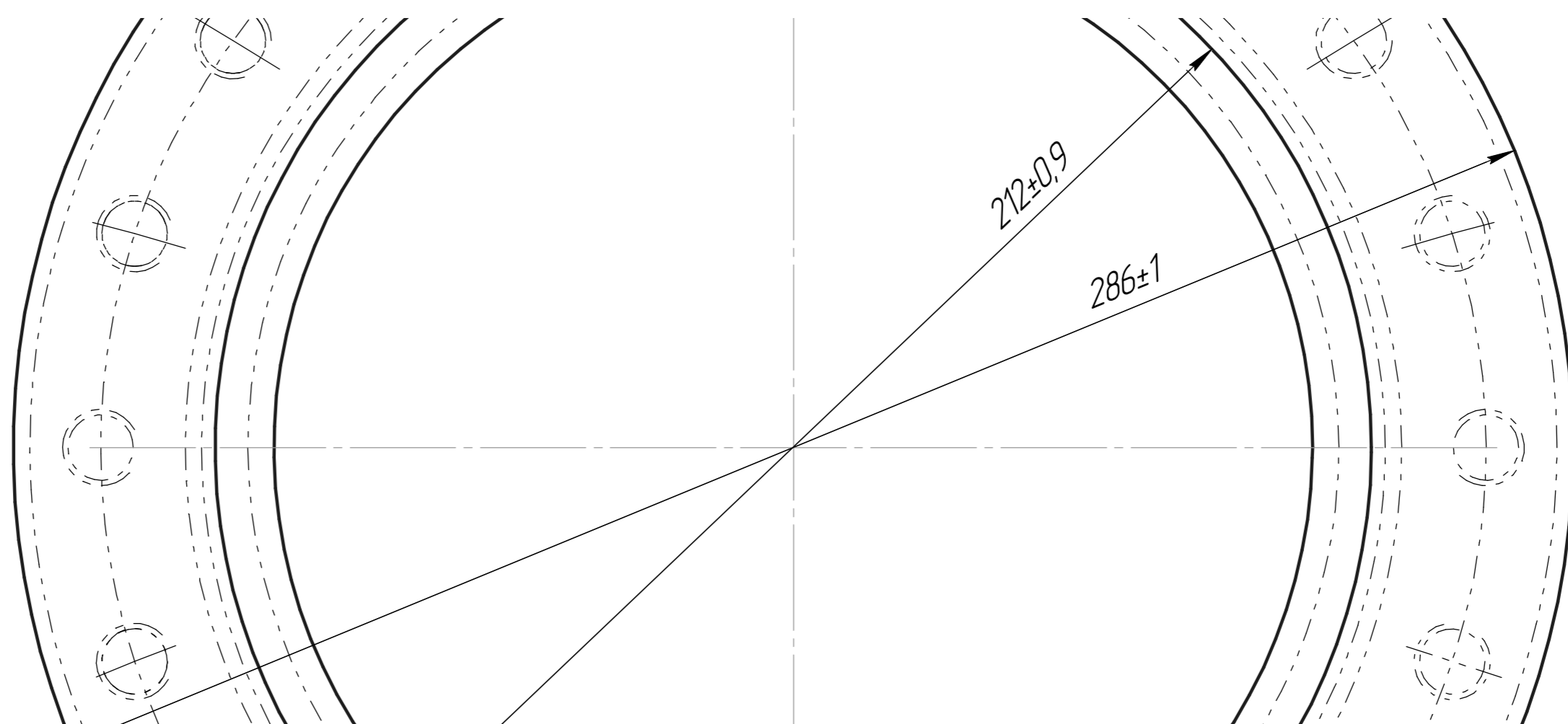
223H11^(+0,29)

Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.



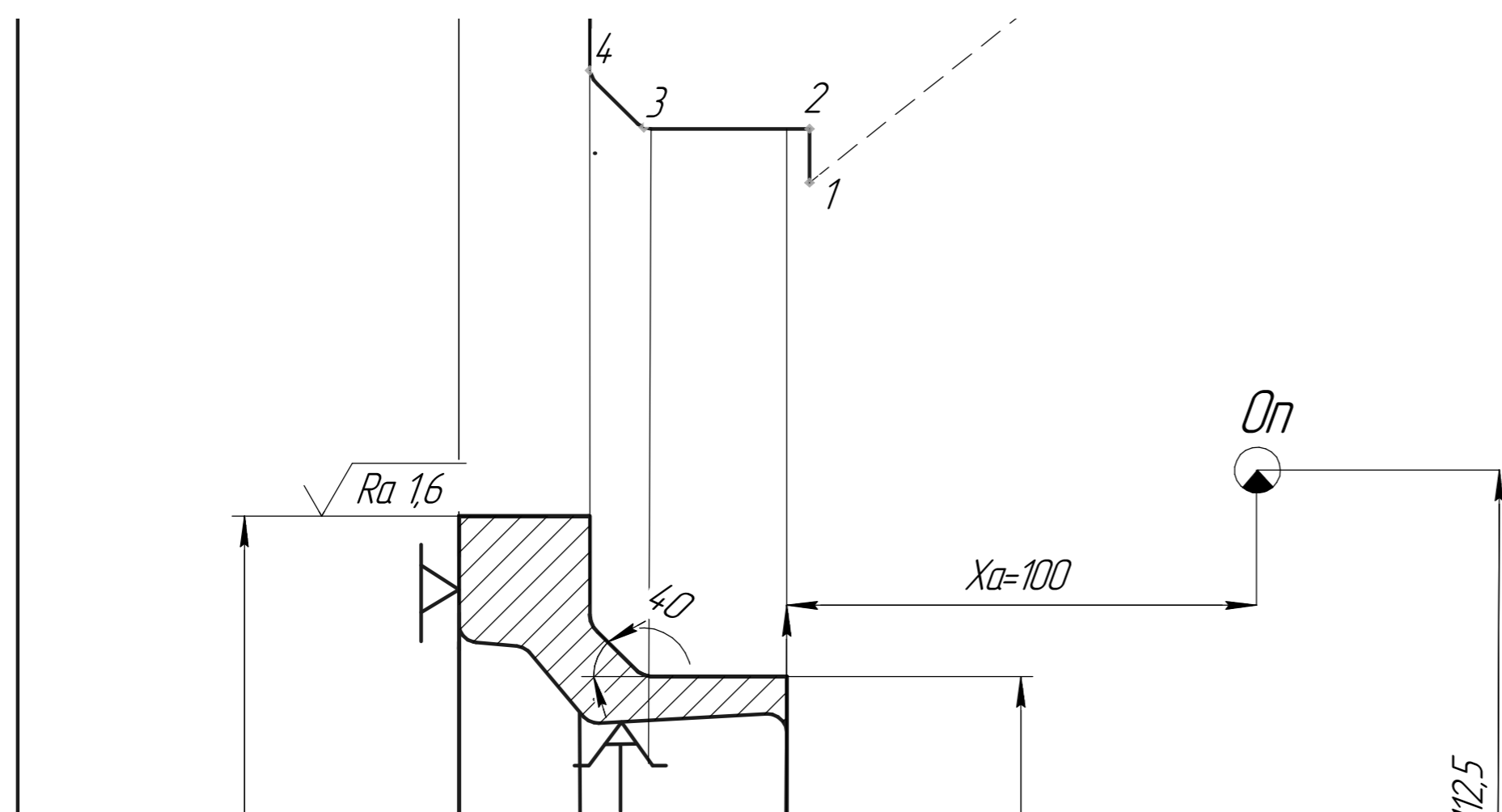
Конференційну інформацію та комерційну таємницю вилучено з матеріалів на підставі експертного висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.



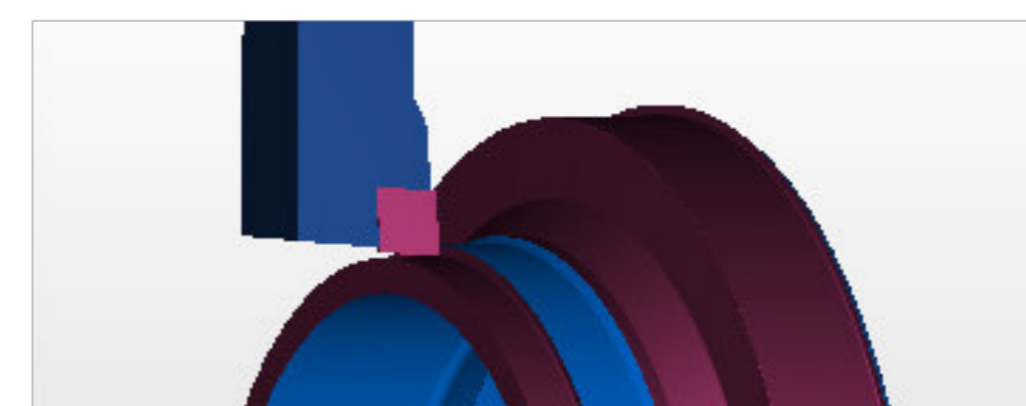
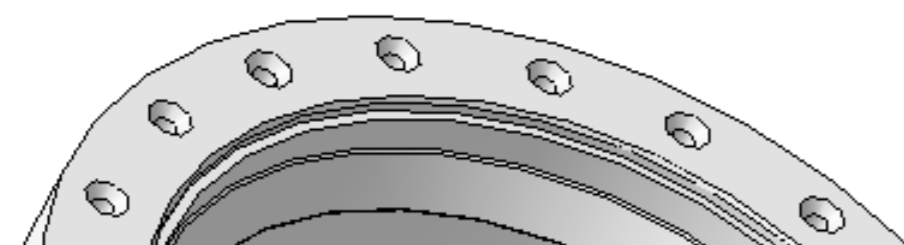
Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.



Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.

Автоматизація технологічного процесу обробки деталі "Фланець"
Верстат моделі: PUMA MX1600ST



```
%  
O1000  
(УСТАНОВ1 ФЛАНЕЦ 1-12-2018 )  
  
( OPERATION: ROUGH FACE топен1 )  
( SW_TURN_80_RH R = 0.0313 )  
N25 G50 X-9.8425 Z4.9213 S3000  
N30 G0 T0101  
N35 G96 S1200 M3  
N40 X-11.4173 Z1.0  
N45 X-11.4173 Z0.2756 M8
```

Конференційну інформацію
та комерційну таємницю
вилучено з матеріалів на
підставі експертного
висновку від 18.06.2024р.