

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»
НАВЧАЛЬНО - НАУКОВИЙ МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ
Кафедра технології машинобудування

«На правах рукопису»
УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри
_____ Олександр Охріменко
(підпис) (власне ім'я, прізвище)

“ _____ ” _____ 20 ____
р.

Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою
«Технології машинобудування»
зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

на тему: Конструкторське-технологічне забезпечення виготовлення деталі
“Фланець шпинделя”

Виконав:
студент 4 курсу, групи МТ-01

Шваб Ілля Андрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові) (підпис)

Науковий керівник
к.т.н. , доц. Субін Анатолій Анатолійович _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті
немає запозичень з
праць інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____
(підпис)

Київ – 2024 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ДП.ТМ.01.14.000.ПЗ	Пояснювальна записка	84	
3	A1	ДП.ТМ.01.14.001	Фланець шпинделя	1	
4	A1	ДП.ТМ.01.14.002	Графічне зображення операції 025	1	
5	A1	ДП.ТМ.01.14.003	Графічне зображення операції 030	1	
6	A1	ДП.ТМ.01.14.004	Пристосування для операції 025	1	
7	A1	ДП.ТМ.01.14.005	Пристосування для операції 030	1	
8	A1	ДП.ТМ.01.14.006	Науковий розділ	1	
9	A1	ДП.ТМ.01.14.007	G код для операцій 025,30	1	

				ДП.ТМ.01.14.000.ПЗ	
	ПІБ	Підп.	Дата		
Розробн	Шваб І.А.			Лист	Листів
Керівн.	Субін А.А.			1	1
Консульт.				КПІ ім. Ігоря Сікорського НН ММІ МТ-01__	
Н/контр.					
Зав.каф					

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Навчально – науковий механіко-машинобудівний інститут
Кафедра технології машинобудування

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 131 «Прикладна механіка»

Освітньо-професійною програмою «Технології машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олександр Охріменко

« ___ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
на дипломний проєкт студенту

_____ Шваб Ілля Андрійович _____

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломного проєкту: Конструкторське-технологічне забезпечення виготовлення деталі "Фланець шпинделя" _____

керівник проєкту Субін Анатолій Анатолійович, к.т.н., доцент _____ ,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «27» травня 2024 р. № 2115-с

2. Термін подання студентом дипломного проєкту «17» червня 2024р.

3. Вихідні дані до проєкту: креслення деталі, кількість деталей в рік 4000 ,
матеріал деталі Сталь 45Х _____

4. Зміст пояснювальної записки ,перелік завдань, які потрібно розробити: Методи зменшення внутрішніх напружень деталі; Вибір методу отримання заготовки для деталі Фланець Шпинделя, технологічних баз і схем базування, розроблення операційного ТП виготовлення деталі для верстатів ЧПУ, розрахунок припусків, режимів різання, норм часу; Проектування, опис і силовий розрахунок пристосувань _____

5. Перелік графічно -ілюстративного матеріалу: Кресленик деталі та її 3-D моделі - 1 аркуш; графічне представлення елементів ТП - 2 аркуші; конструкція верстатних пристроїв – 1-2 аркуші; ф.А1 _____

6. Консультанти розділів проекту (роботи)*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економічний	Субін А.А.		

7. Дата видачі завдання

22.04.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
	Розроблення креслеників деталі та заготовки	26.04.2024 р.	
	Проектування маршрутного та операційного процесів виготовлення деталі	13.05.2024 р.	
	Проектування складальних креслеників верстатних пристроїв	20.05.2024 р.	
	Аналіз і вирішення загальних питань	29.05.2024 р.	
	Оформлення ПЗ	10.06.2024 р.	

Студент

Ілля ШВАБ

Керівник проекту

Анатолій СУБІН

Анотація

Пояснювальна записка по дипломному проекту на тему: «Конструкторське-технологічне забезпечення виготовлення деталі “Фланець шпинделя”». Вона включає в себе 77 аркушів А4. Присутні додатки. Було використано 19 джерел.

Графічна частина складається з 7 аркушів А1:

- Креслення заготовки та деталі(1 шт)
- Пристосування для операції(2 шт)
- Науковий розділ(1 шт)
- Графічне зображення операції(2 шт)
- Лист з графічним зображення коду(1 шт)

В самому дипломному проекті розглянуто:

- Призначення та функції фланцю;
- Розроблено креслення та 3д-моделі деталі та заготовки
- Було вибрано технологічні бази для деталей;
- Був розроблений технологічний процес для деталі та обрані верстати для виконання вимог процесу
- Було розраховано припуски, режими різання, норми часу як аналоговим та аналітичними методами
- Спроектований пристрій для операції
- Розрахована похибка та сила зажиму
- Було розроблено коди для Фрезерно – вертикального верстата які було візуалізовано

Ключові слова: Фланець, ЧПУ, аналіз, оснастка, технологічний процес.

Бібліографічний опис:

Шваб І.А. Конструкторське-технологічне забезпечення виготовлення деталі «Фланець шпинделя»: дипломний проект за напрямом 131 «Прикладна механіка», спеціалізації «Технології машинобудування» / Шваб Ілля Андрійович. – Київ, 2024. – 84 с

Зміст

1. Дослідницький розділ	8
1.1. Огляд методів зменшення внутрішніх напружень деталі при обробці	8
1.2. Відпал	9
1.3. Повний відпал.....	10
1.4. Неповний відпал.....	11
1.5. Відпал сталі для зняття внутрішніх напружень(низький відпал)	12
1.6. Нормалізація	12
1.7. Ізотермічний відпал	13
1.8. Дифузійний відпал	14
1.9. Рекристалізаційний відпал	15
1.10. Загартування	16
1.11. Ультразвукова обробка.....	16
1.12. Види печей для відпалу	17
1.13. Проблематика моєї деталі	19
2. Технологічний розділ.....	21
2.1. Технологічний контроль якості кресленника.....	21
2.2. Аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі	21
2.3. Визначення типу виробництва.....	22
2.4. Дослідження конструкції деталі на технологічність	22
2.5. Якісна оцінка технологічності конструкції	23
2.6. Розроблення креслення заготовки	24
2.7. Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраної схеми базування.....	25
2.8. Проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь.....	27
2.9. Аналітичний розрахунок припусків	36
2.10. Розрахунок режимів різання	39
2.11. Визначення режимів різання аналоговим методом	46
2.12. Визначення норм часу	47
3. Конструкторський розділ	54

3.1. Операція 025	54
3.2. Операція 030	55
4. Економічний розділ.....	60
4.1. Розрахунок собівартості заготовки	60
5. Список використаної літератури	61
ДОДАТКИ.....	63

1. Дослідницький розділ

1.1. Огляд методів зменшення внутрішніх напружень деталі при обробці

Внутрішні напруження є однією з основних проблем, з якими стикаються виробники при виготовленні деталей шляхом штамповки. Ці напруги виникають внаслідок пластичного деформування матеріалу під час штамповки, а також внаслідок нерівномірного охолодження деталі після виготовлення.

Вони можуть призвести до деформації та руйнування деталі, а також до зниження її міцності та стійкості або до втоми. Крім того, вони можуть погіршити точність та якість поверхні деталі, що може призвести до проблем при з'єднанні або монтажі деталі в кінцевому продукті.

Два головних фактори, що спричиняють виникнення залишкових напружень, це пластична деформація під час силового впливу та нагрівання поверхневих шарів. Під час різання, виділення тепла через деформацію та тертя, призводить до високих температурних градієнтів та напружень, що перевищують межу плинності матеріалу. Пластична деформація стиснення, яка виникає після нормалізації температури в деталі, спричиняє появу залишкових напружень розтягування. У деяких випадках, крім температурних деформацій, слід враховувати структурні зміни та викликані ними зміни об'єму.

Отже, два головних фактори під час різання, силовий та температурний, діють у протилежних напрямках, що пояснює суттєву залежність величини та знака залишкових напружень від технологічного режиму обробки. Залишкові напруження під час точіння залежать від швидкості різання та подачі, величини переднього кута різця, затуплення різця, умов охолодження та механічних властивостей оброблюваного матеріалу.

Один з методів зменшення внутрішніх напружень - це теплове оброблення. Воно може включати в себе **відпал**, **нормалізацію** або **гартування**. Під час теплової обробки деталь нагрівається до певної температури, витримується протягом певного часу, а потім охолоджується. Цей процес може зменшити або видалити внутрішні напруження, а також покращити механічні властивості деталі.

Крім того, існують також інші методи зменшення внутрішніх напружень, такі як ультразвукова обробка, обробка електричним розрядом та обробка лазером. Ці методи можуть бути ефективними для зменшення внутрішніх напружень у певних випадках, але вони також можуть бути більш дорогими та складними у використанні.

1.2. Відпал

Відпал сталі - це один з етапів термічної обробки, під час якого нагрівається метал до необхідної температури, витримується протягом певного часу та повільно охолоджується. Цей процес дає змогу надати металу певних властивостей, які можуть бути необхідними для подальших технологічних операцій.

Для того, щоб краще зрозуміти суть відпалу сталей, необхідно розглянути, як проводиться відпал сталі, з якими цілями, які існують види відпалу і яка його основна мета.

Відпал сталі може проводитися різними способами, залежно від необхідних властивостей і характеристик металу. Наприклад, дифузійний відпал проводять за високих температур і тривалої витримки, що дає змогу усунути неоднорідності в структурі металу і зменшити внутрішні напруги. Рекристалізаційний відпал проводиться за нижчих температур і меншого часу витримки, що дає змогу поліпшити пластичність металу і знизити його твердість.

Відпал дає змогу:

1. Знизити твердість і поліпшити пластичність металу, що полегшує його механічну обробку, таку як різання, свердління тощо;
2. Зменшити внутрішні напруження, які можуть виникнути в результаті первинної обробки металу;
3. Змінити властивості наклепаного металу після холодної пластичної деформації;
4. Усунути структурну неоднорідність матеріалу, яка може виникнути під час затвердіння виливки після лиття.

Методи термічної обробки, які використовуються для відпалу сталі, можна розділити на дві великі категорії: категорія 1 і категорія 2. Крім того, існує два види відпалу металу: повний відпал і неповний відпал.

До першої категорії відпалу належать усі операції, під час яких сталь набуває необхідних властивостей, але не досягає фазової рекристалізації. Цей вид термічної обробки може включати нагрівання до певної температури, витримку протягом певного часу і подальше повільне охолодження.

Другий вид відпалу передбачає фазове перетворення сплаву. Цей вид термічної обробки полягає в нагріванні вище критичної точки фазового переходу і охолодженні при суворому дотриманні тимчасового і температурного режиму. В результаті такого термічного впливу структура сплаву істотно змінюється.

1.3. Повний відпал

Повний відпал - важливий метод термообробки сталі, який використовується для поліпшення її механічних і технічних властивостей. Він здебільшого використовується для пре-евтектоїдних і евтектоїдних сталей, що містять кількість вуглецю, яка не перевищує 0,8%. Процедура передбачає нагрівання сталі до температури, що перевищує критичну температуру A_3 для евтектоїдної сталі, на 30-50 градусів за Цельсієм. Критична температура для евтектоїдної сталі коливається від 723 °C до 910 °C і зазвичай нагрівається до 900-950 °C. У результаті нагрівання сталь повністю перетворюється на аустеніт, який відрізняється високою пластичністю. Сталь витримують при досягнутій температурі протягом деякого часу, достатнього для повного перетворення вихідної структури в аустеніт. Час витримки залежить від товщини і складу продукту, але зазвичай становить 1-2 години (Оптимальне значення: 1 година на кожен 1 дюйм (25,4 мм) товщини). Після витримки сталь повільно охолоджується в печі до температури близько 500-600 °C. Повільне охолодження сприяє утворенню феритово-перлітної структури, що характеризується хорошими механічними властивостями. Потім сталь охолоджують на повітрі до кімнатної температури. На цьому етапі завершується формування однорідної ферит-перлітної структури.

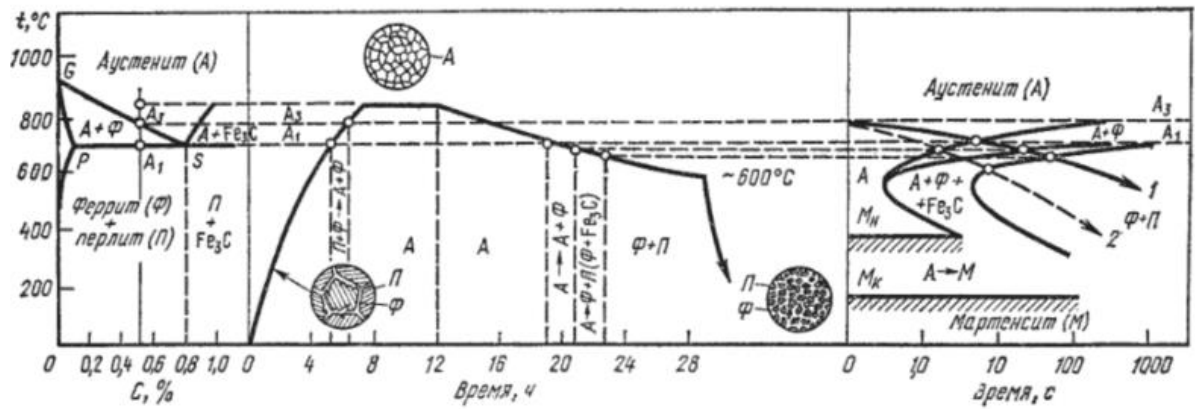
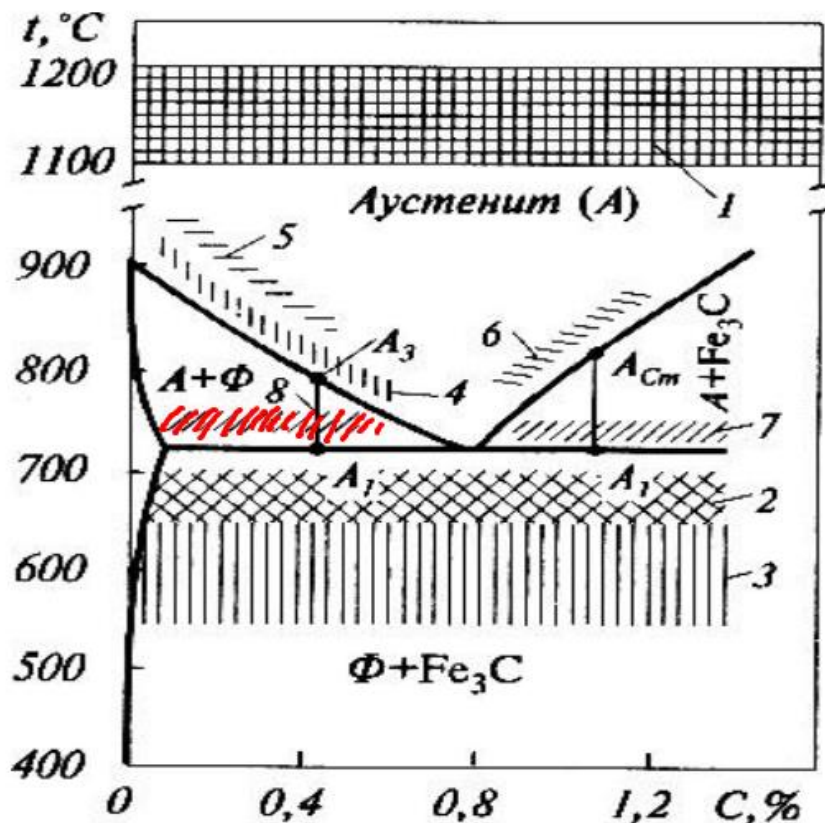


Схема повного відпалу

1.4. Неповний відпал

Неповний відпал - це метод термообробки сталі, що включає нагрівання, витримку і повільне охолодження в критичному температурному діапазоні. Процес починається з нагрівання сплаву до температури на 740-770 °С вище за точку a_1 , що становить приблизно 30-50 °С для більшості вуглецевих сталей та низьколегованих сталей, а часткова перекристалізація відбувається під час старіння, при цьому перліт переходить до аустенітної фази, а надлишок фериту лише частково перетворюється на аустеніт.

Результатом неповного відпалу є отримання сплаву з максимальною м'якістю, що значно полегшує механічні операції, такі як різання, штампування або формування. Цей метод особливо корисний для підготовки матеріалів для передових виробничих процесів, що вимагають високої пластичності та низьких витрат на обробку.



Червоним показано температурний інтервал неповного відпалу

1.5. Відпал сталі для зняття внутрішніх напружень (низький відпал)

Відпал сталі для зняття внутрішніх напружень - це метод термообробки, який використовується для виробів утворених зварюванням, виливків, заготовок після різання і т.д. У цих виробках можуть виникати залишкові напруги через нерівномірне охолодження та пластичну деформацію.

Відпал сталі для зняття внутрішніх напружень проводять при температурі 160-700°с, після чого виріб повільно охолоджують. Вибір температури залежить від марки сталі і способу попередньої обробки заготовки.

Цей метод термообробки дозволяє частково або повністю зняти залишкові напруги. У той же час, відпал сталі для зняття внутрішніх напружень може поліпшити механічні властивості виробу, такі як міцність і в'язкість, а також підвищити опір до втоми.

1.6. Нормалізація

Нормалізація - це вид відпалу, який призначений для повної фазової рекристалізації та усунення грубозернистої структури металу, отриманої в процесі прокатки, штампування, лиття та інших видів обробки тиском.

Під час нормалізації заевтектоїдну сталь нагрівають до температури вище A_{cm} , а доевтектоїдну - до температури вище A_{s3} . Після витримки при цій температурі виконується прискорене охолодження на повітрі, щоб дозволити аустеніту розпастися при більш низьких температурах. Це збільшує дисперсність ферито-цементитної структури, що, в свою чергу, підвищує міцність і твердість сталі в порівнянні з відпаленою сталлю.

Після нормалізаційного відпалу сталеві вироби набувають підвищеної стійкості до крихкого руйнування, що робить їх більш надійними і довговічними.

1.7. Ізотермічний відпал

Ізотермічний відпал - це метод термообробки, що використовується для легованих сталей та нержавіючої сталі. Процес починається з нагрівання матеріалу до 30-50 °C вище верхньої критичної точки A_{s3} , що призводить до утворення аустеніту. Потім метал швидко охолоджують до 660-680 °C, де він витримується до повного перетворення на перліт. Важливо мати на увазі, що точна температура витримки відіграє важливу роль у формуванні остаточної структури сталі. Заключний етап ізотермічного відпалу - охолодження повітрям до кімнатної температури.

У результаті цього процесу виходять продукти з однорідною структурою і більш чистою поверхнею. Крім того, сталь, піддана ізотермічному відпалу, стає набагато пластичнішою і легко обробляється, особливо шляхом різання. Через ці переваги ізотермічний відпал є одним з найбільш часто використовуваних методів обробки нержавіючої сталі.

Цей метод особливо важливий під час виготовлення деталей, що вимагають високої точності та якості поверхні, а також у тих випадках, коли для подальшого оброблення потрібна висока пластичність матеріалу.

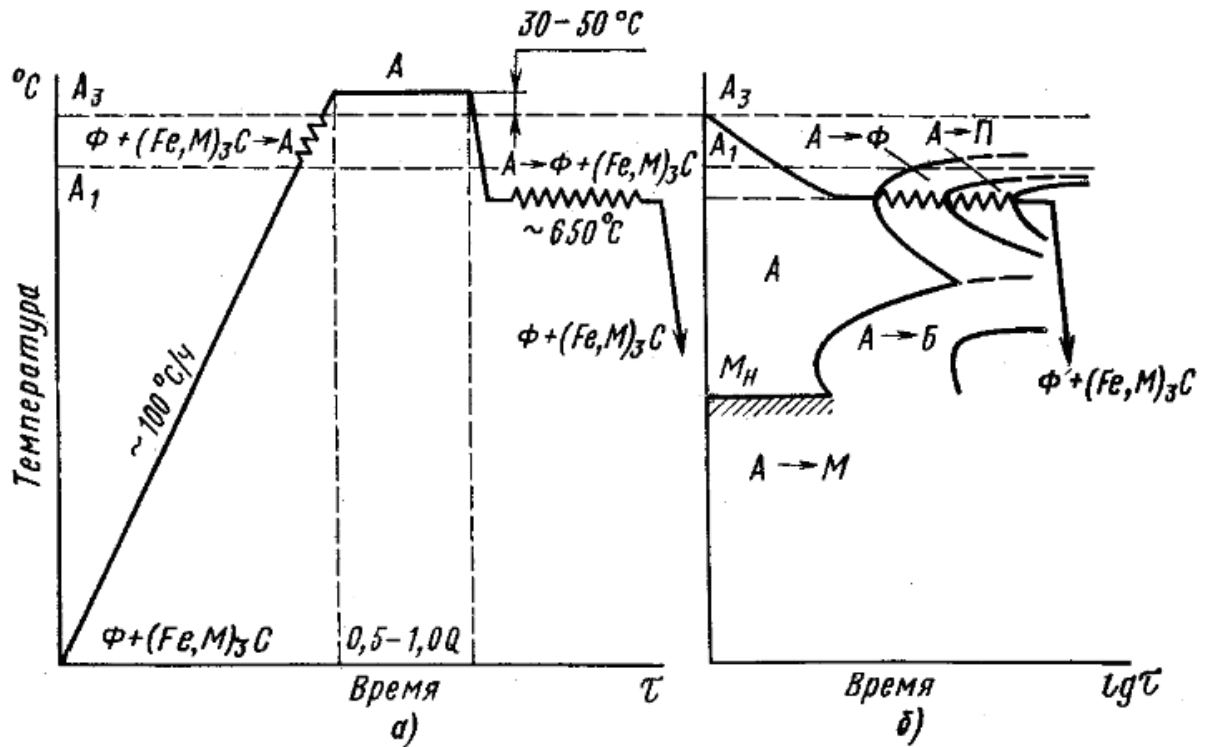


Схема ізотермічного відпалу

1.8. Дифузійний відпал

Дифузійний відпал, також іменований гомогенізаційним відпалом, є типом термообробки, який здебільшого застосовують для усунення розрідження дендритів та інших хімічних і структурних неоднорідностей у зливках. Цей спосіб надзвичайно трудомісткий і дорогий.

Дифузійний відпал металів передбачає нагрівання до 1000-1200 °С, тривалу витримку протягом 10-20 годин і повільне охолодження в печі. Загальна тривалість цієї термічної обробки може становити понад 20 годин.

Після завершення гомогенізаційного відпалу виходить метал із розчиненим надлишком фази та більш однорідним хімічним складом, що збільшує пластичність і в'язкість. Однак дифузійний відпал може викликати небажані явища, як зростання зерен аустеніту, що може вимагати додаткових маніпуляцій.

Дифузійний відпал застосовується для обробки сталі, алюмінію, міді, титану тощо. Цей метод також можна використовувати для поліпшення характеристик лиття і кування.

Під час проведення дифузійного відпалу необхідно ретельно контролювати температуру і час витримки, щоб уникнути небажаних змін структури і

властивостей металу. Крім того, слід зазначити, що цей метод може бути не дуже ефективним для усунення неоднорідності великої кількості металу.

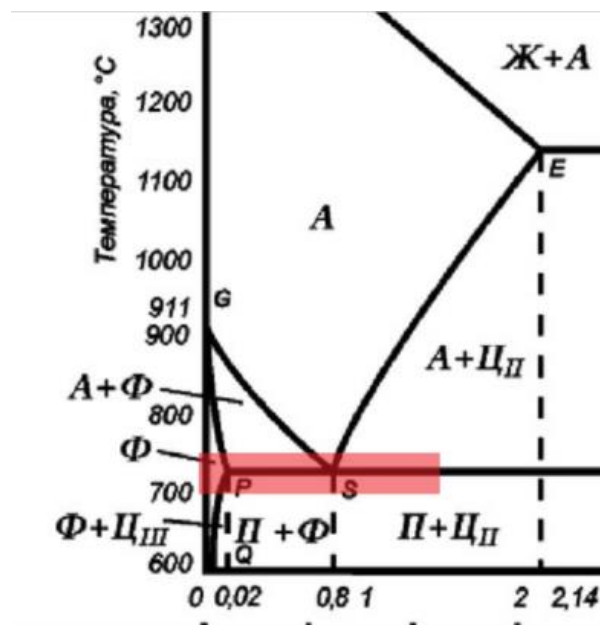
1.9. Рекристалізаційний відпал

Рекристалізаційний відпал-це вид термічної обробки, який використовується при виробництві холоднодеформованої сталі. Цей процес включає нагрівання сталі до температури початку перекристалізації, витримку при цій температурі та подальше охолодження.

Рекристалізаційний відпал часто використовується як проміжна операція для видалення наклепу при холодній деформації. При нагріванні наклепаного металу старе зерно не відновлюється, але з'являється абсолютно нове зерно, розміри якого можуть значно відрізнятись від вихідного зерна.

Утворення нових рівноважних частинок замість орієнтованої волокнистої структури деформованого металу називається первинною рекристалізацією. В результаті рекристалізації зменшується внутрішнє напруження, підвищується пластичність і знижується твердість металу.

Однак рекристалізаційний відпал має деякі обмеження. Наприклад, його не можна застосовувати для металів з високою температурою плавлення або металів, схильних до утворення тріщин при термообробці. Крім того, цей процес може бути дуже тривалим і дорогим.



Область нагріву для рекристалізаційного відпалу

1.10. Загартування

Загартування сталі - це процес, який включає нагрівання металу до необхідної температури, витримку протягом певного часу та охолодження. Цей процес має свої нюанси, і його можна здійснити двома способами: у спеціальних електрод печах безперервної або періодичної дії та струмами високої частоти (ТВЧ).

Ці способи відрізняються технологією, а саме температурою загартування, часом витримки та середовищем охолодження. Під час нагрівання в печі температура нагріву не перевищує 860 °С, зазвичай сталь нагрівають зі швидкістю не більш як 3 °С за секунду вище 790 °С. У пристрої ТВЧ температура може досягати 920 °С зі швидкістю 250 °С за секунду відповідно. Саме ці режими дають змогу змінити атомну решітку заліза. Під час нагрівання (температура має бути вищою за розчинення фериту в аустеніті) і витримки вона з об'ємноцентрованої стає гранецентрованою. Для того, щоб у металі відбулося вирівнювання структури, його витримують у печі або в установці якийсь час, що залежить від товщини заготовки.

Товщина заготовки визначає час витримки при загартуванні сталі. Після цього відбувається охолодження в спеціальних середовищах до температури 20-25 °С. Робоче середовище може бути водою, мінеральними оливами або сумішшю води з солями чи каустичною содою. Температура робочого середовища вказується в технологічному процесі та коливається в межах 20-60 °С. Режими охолодження залежать від складу гартівного середовища. Заготовка може опускатися в ємність з робочим середовищем або охолоджуватися способом розбризкування.

Найчастіше для сталі використовують охолодження у воді або масло, оскільки масло забезпечує рівномірне охолодження та перешкоджає виникненню тріщин. Після охолодження, заготовку або деталь піддають низькотемпературному відпуску для вирівнювання теплових напружень. Це дозволяє отримати твердість робочої поверхні до 55 HRC.

1.11. Ультразвукова обробка

Ультразвукові коливання знайшли широке застосування у різних галузях технологічних процесів. Їх використовують для очищення поверхонь від бруду,

зварювання пластмас та м'яких металів, паяння, посилення обробки різанням та пластичним деформуванням, хімічних та електрохімічних реакцій, нанесення покриттів, поверхневого зміцнення, виробництва порошкових матеріалів та графену, перемішування різних рідин та емульсій. Крім того, ультразвукові методи є популярними для неруйнівного контролю (виявлення дефектів, тріщин та дір, визначення рівня внутрішніх та залишкових напружень, вимірювання товщини покриттів тощо).

Дозволяє вирішувати нагальні проблеми виготовлення предметів складної форми з крихких і надтвердих матеріалів, як-от скло, сапфір, кераміка, вуглецеві композити, керамокомпозити та ін.

1.12. Види печей для відпалу

Конвеєрна піч - це промислова піч, яка використовується для термічної обробки виробів. Вона оснащена конвеєром, який переміщує вироби від завантажувального отвору до вивантажувального. Конвеєрні, прохідні печі можуть виконувати широкий спектр процесів термообробки, включаючи цементацію, нітроцементацію, відпуск гвинтів, гайок, велосипедних деталей, ручного інструменту, загартування механічних частин автомобільної фурнітури, кріплень, ланцюгів, підшипників, інструментів та інших виробів. Крім того, конвеєрні печі можуть забезпечувати різке охолодження виробів у маслі, у воді, у полімерах і в солях.



Вакуумні печі використовуються для проведення термообробки у вакуумі та/або в безокислювальній атмосфері. Вони призначені для виготовлення виробів для авіакосмічної галузі, медицини, машинобудування, автомобілебудування,

металургії, електронної та хімічної промисловостей. Вакуумні печі також використовуються для спікання кераміки та металевих порошків під час виробництва інструментів.

Вакуумна піч є універсальним інструментом, який дозволяє проводити практично будь-який вид термообробки, включаючи загартування, відпустку, цементацію, нітроцементацію, карбонітрування, відпал, вакуумне паяння, плазмове нітрування, спікання кераміки, спікання порошків металів, дегазацію під час лиття та багато іншого. Крім того, вакуумні камерні печі можуть використовуватися для лабораторних досліджень, випробувань матеріалів, термоциклювання, спікання/плавки металів, кераміки, графіту, скла тощо, для відпалу, для паяння у вакуумі.

Оскільки у вакуумі унеможливлено будь-які поверхневі модифікації, як-от цементація, окиснення, утворення окалини або зневуглецювання, то після термообробки у вакуумній печі вироби набувають яскравої та чистої поверхні.



Камерна піч - це промислове обладнання, призначене для рівномірного нагрівання заготовок із різних матеріалів. Це необхідно для подальшого опрацювання зразків, таких як кування і прокатка, випал та інші види термічної обробки.



1.13. Проблематика моєї деталі

Заготовка моєї деталі виготовлена за допомогою ГKM штампування та після якого оброблюється за допомогою точіння. Ці два фактори впливають на якість деталі, а саме змінюють зерна та залишають внутрішні напруження. Для уникнення цих проблема буду використовувати відпал. Більш доцільніше використати повний відпал, так як він знижує твердість, дає змогу отримати дрібнозернисту та однорідну структуру, усуває внутрішні напруження і поліпшує оброблюваність.

Процес буде проходити в камерній печі із-за її собівартості та типу виробництва, а саме в СНО-8.16.5/10,5



Характеристики

Номинальна потужність: 86 кВт

Напруга: 380 В

Номинальна частота: 50 Гц

Число фаз: 3

Номинальна температура в робочому просторі: 1250 °C

Стабільність підтримання температури в сталому режимі: ± 2

Габарити: 2040x3135x2455 мм

Робочий простір: 800x1600x500 мм

Ціна: 568 716,80 грн.

Характеристики відпалу:

Температура: 850-870 C°

Час витримки при температурі відпалу: 1 година

Швидкість охолодження (за годину): 19 C°

Проходить він буде між операціями точіння та протяжки

Характеристики гартування:

Температура: 870 C°

Швидкість нагріву (за секунду): 2 C°

Охолодження в маслі по типу мінеральних мастил селективного очищення без присадок (И-20 и тд.)

Проходить він буде після операцій на фрезерному станку.

2. Технологічний розділ

2.1. Технологічний контроль якості кресленика

В результаті тех. контролю кресленика «фланець шпинделя», виявлено :

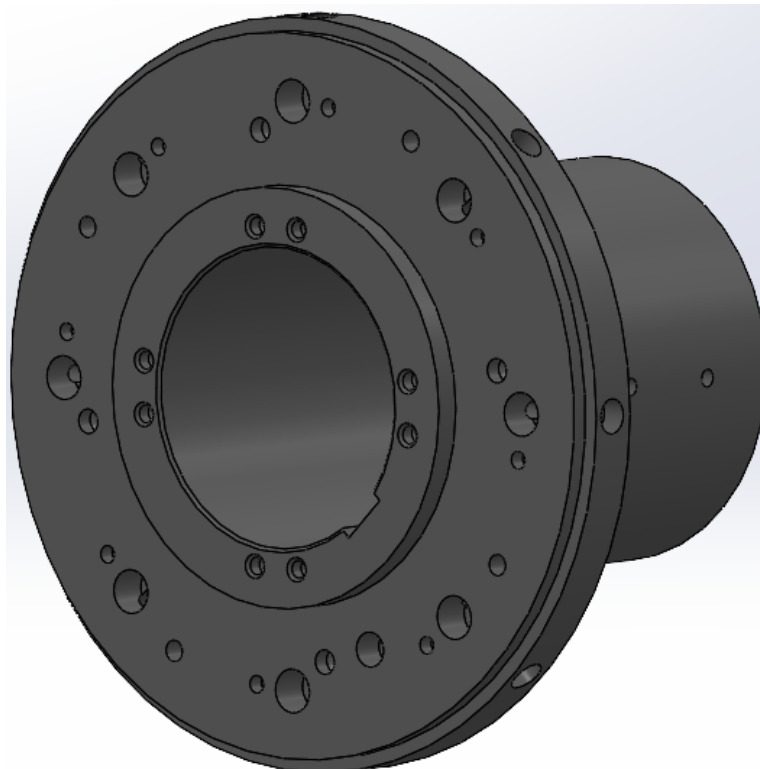
- на кресленнику вказані всі, необхідні для виготовлення деталі, розміри;
- вказана шорсткість усіх поверхонь;
- згідно зі стандартами приведені допуски і відхилення розмірів, вказані допуски форми та розташування поверхонь;
- Пред'явлені вимоги до точності виготовлення поверхонь відповідають вимогам щодо їх шорсткості.

2.2. Аналіз службового призначення деталі та умов її роботи у вузлі

Фланець шпинделя є важливою деталлю для кріплення токарних патронів. Вони дають змогу значно підвищити універсальність, оскільки на них можна встановлювати різні патрони.

При виготовленні деталі необхідно приділити увагу виготовленню таких точних поверхонь, як: циліндричні внутрішні поверхні $\text{Ø}85\text{H}7$), з високими вимогами шорсткості поверхні $R_a = 0,4$ мкм. Також «Фланець шпинделя» має багато крипильних отворів, які потрібні кріплення до станка та токарних патронів.

Матеріал деталі «Фланець шпинделя» - Сталь 45Х ГОСТ 4543-84.



Модель деталі

Хімічний склад та фізико-механічні властивості

C	0,41 - 0,49
Si	0,17 - 0,37
Mn	0,5 - 0,8
Ni	до 0,3
S	до 0,035
P	до 0,035
Cr	0,8 - 1,1
Cu	до 0,3
Fe	~97

: $A_{c1} = 735$, $A_{c3}(A_{c_m}) = 770$, $A_{r3}(A_{r_m}) = 690$, $A_{r1} = 660$, $Mn = 355$

2.3. Визначення типу виробництва

Тип виробництва – *середньосерійне*;

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт.		
	Легкі, масою до 20 кг	Середні, масою 20...30 кг	Важкі, масою більше 30кг
одиничне	До 100	До 10	1...5
малосерійне	101...500	11...200	6...10
середньосерійне	501...5000	201...1000	101...300
великосерійне	5001...50000	1001...5000	201...1000
масове	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Визначимо розмір партії деталей за формулою:

$$n = \frac{N * t}{F} = \frac{4000 * 5}{256} = 78 \text{шт}$$

Приймаємо $K_{30} = 10$

2.4. Дослідження конструкції деталі на технологічність

Технологічність - це властивість виробу, процесу або системи, яка відображає його здатність до виготовлення, використання або обробки за допомогою сучасних технологій з мінімальними витратами ресурсів, зусиль і часу. Це означає, що чим більш технологічний виріб, процес або система, тим

ефективніше вони виконують свої функції, тим менш витратними є вони для виробника або користувача і тим більш конкурентоспроможними на ринку. Оцінка технологічності є важливим елементом у проектуванні та розробці нових виробів, процесів та систем.

Оцінка технологічності може бути двох видів:

- якісна;
- кількісна.

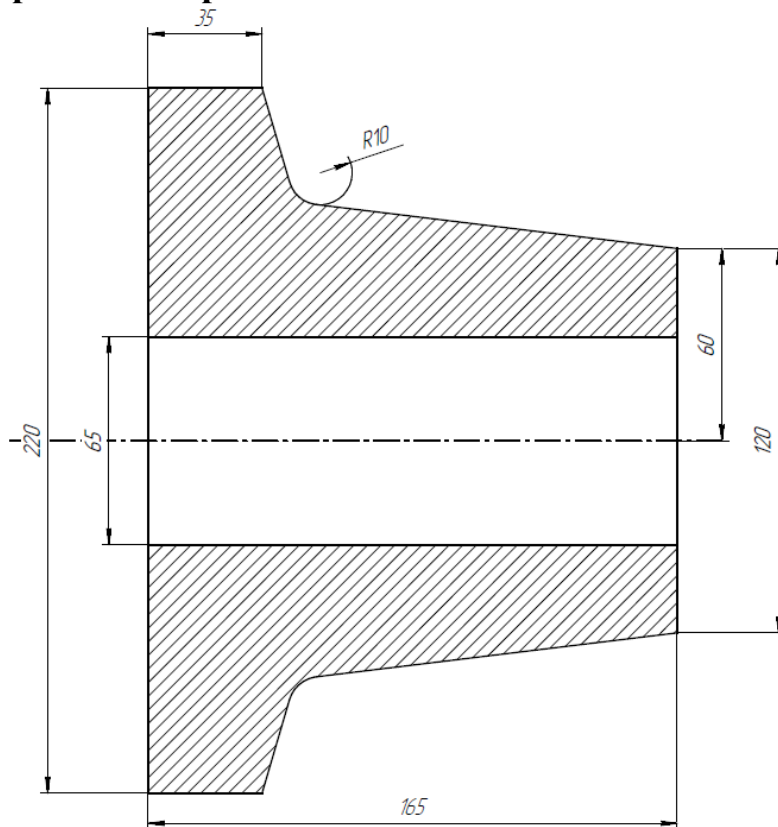
Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовим показником та використовується тоді, коли ці показники мають значний вплив на технологічність виробу. Якісна оцінка ж описує технологічність конструкції в цілому на підставі досвіду і застосовується на всіх етапах проектування як попередня.

2.5. Якісна оцінка технологічності конструкції

Оброблювані поверхні мають просту форму, що дозволяє їх обробляти без використання спеціальних різальних інструментів, оскільки всі поверхні легко доступні. Крім того, процес обробки забезпечує точне та надійне базування.

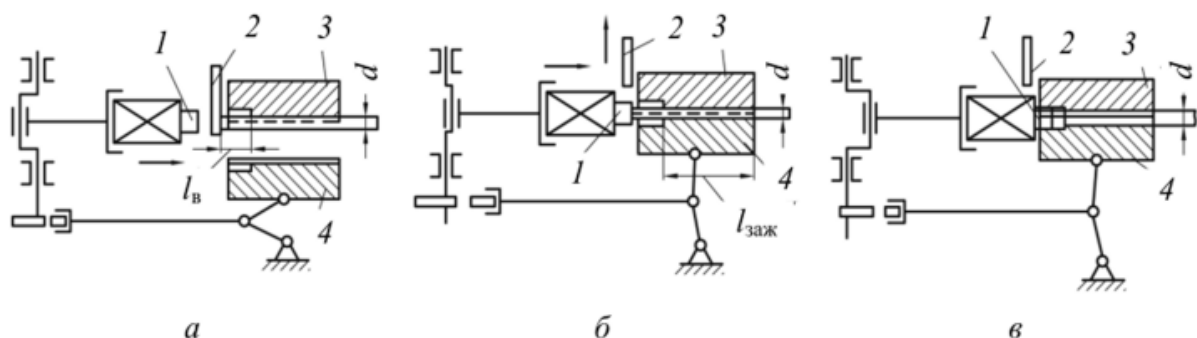
Після проведення аналізу технологічності конструкції деталі можна зробити наступні висновки: конструкція відрізняється високою жорсткістю, що дозволяє використовувати високі режими різання та широкий набір інструментів. Крім того, конструкція корпусу опори забезпечує вільний доступ для різального та контрольного інструменту до поверхонь, що обробляються. Більшість поверхонь та отворів можуть бути оброблені за допомогою стандартного інструменту. Всі оброблювані поверхні та отвори, або паралельні один одному, або розміщені під прямим кутом.

2.6. Розроблення креслення заготовки



Горизонтально-кувальна машина (ГКМ) являє собою горизонтальний механічний прес, у якому, окрім головного деформувального повзуна, є затискний повзун, що фіксує частину прутка, яка не піддається деформації, створюючи можливість висаджування деформованої частини прутка.

Штампи ГКМ мають два роз'єми. Перший роз'єм розміщений між пуансоном, закріпленим у повзуні, і матрицями рухомою і нерухомою.



На ГКМ можна також проводити штампування в кілька переходів, виконуючи подальші операції в інших струмках, осі яких у багатострумкових штампах ГКМ розташовуються паралельно одна над одною.

Головними особливостями ГКМ є: наявність роз'єму штампів у двох взаємно перпендикулярних площинах; пересування головного висаджувального повзуна в

горизонтальній площині, що дає змогу штампувати деталі складної конфігурації та здійснювати місцеву деформацію заготовок великої довжини.

Основні переваги горизонтально-кувальних машин:

- штампування без облоя (за винятком окремих деталей складної конфігурації), що виключає застосування обрізних пресів і штампів;
- відсутність штампувальних ухилів, крім внутрішніх порожнин поковок, утворених пуансонами з невеликими ухилами і за наявності буртів;
- можливість призначення менших припусків на механічну обробку і більш жорстких допусків, порівняно з тими, які застосовуються в роботі на молотах, що забезпечує значну економію металу;
- отримання хорошої макроструктури з напрямком волокон, найсприятливіше орієнтованих відносно діючих зусиль під час роботи деталі, включно з відсутністю перерізання волокон;
- можливість широкого застосування робочих вставок найбільш зношуваних частин штампів, що знижує їхню вартість;
- можливість поєднання ГKM у процесах комбінованого штампування з молотом, пресом, кувальними вальцями і згинальною машиною;
- можливість здійснювати штампування з мірних заготовок і від прутка.

2.7. Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраної схеми базування

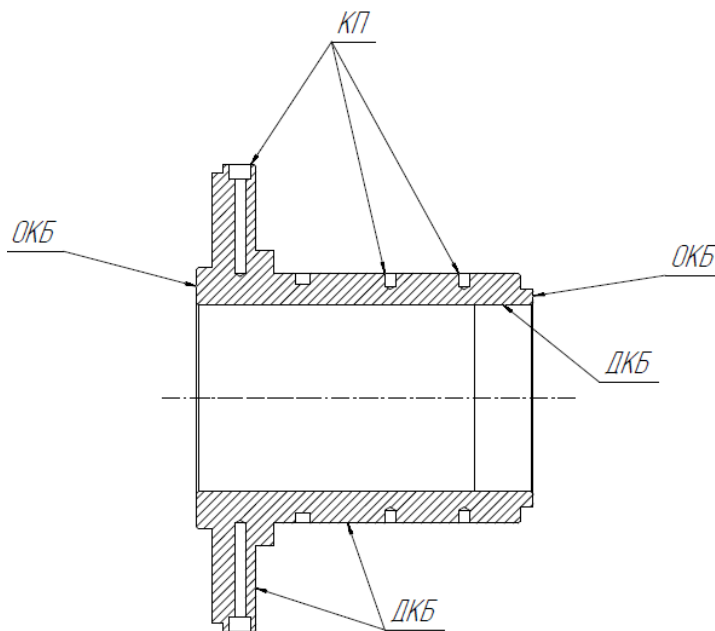
Успішність виробництва точних деталей в значній мірі залежить від правильного вибору технологічної основи, оскільки неправильний вибір може призвести до неправильного розташування заготовки відносно інструменту, що зумовить похибку обробки поверхні та нерівномірність припусків, що, в свою чергу, може призвести до відмови в деталі.

Основними принципами, яких слід дотримуватись при виборі технологічних баз - це принципи єдності та постійності технологічних баз[3] . Згідно з принципом єдності баз, в якості технологічної бази вибирають поверхню (наприклад, площину симетрії або її вісь), яка є технологічною і вимірною базами одночасно. Якщо це неможливо, технологічну базу пов'язують хоча б з однією з цих баз. Головна мета використання принципу єдності баз – усунення

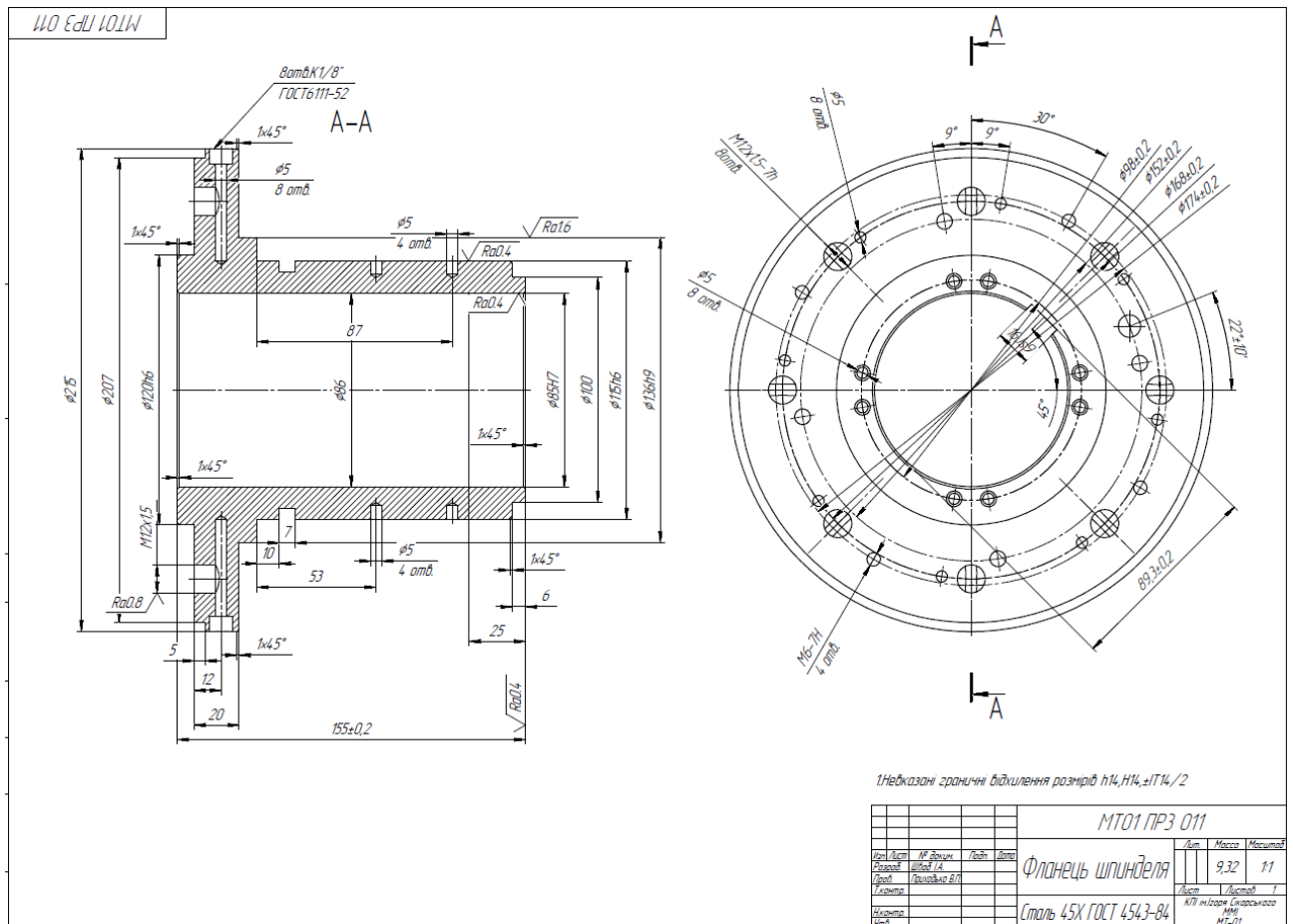
похибок базування і зменшення сумарних похибок обробки та отримання найбільш доцільного варіанту технологічного процесу.

Загальний підхід до вибору технологічних баз передбачає початковий вибір загальних технологічних баз (ЗТБ), потім вибір ТБ для виконання першої операції. Під час першої операції (або кількох початкових операцій, якщо однієї недостатньо) потрібно отримати ЗТБ - набір поверхонь заготовки, що дозволяє виконати максимальну кількість операцій технологічного процесу з фіксованим встановленням заготовки[3]. ЗТБ визначається на основі аналізу конструктивних особливостей заготовки. Для цього виконується класифікація поверхонь заготовки за службовим призначенням, прийнято ділити поверхні деталей на чотири класи[3]:

- основні конструкторські бази (ОКБ), використовуються для орієнтації деталі в процесі роботи;
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ), використовуються для визначення положення виробу, що приєднується до них.
- кріпильні поверхні (КП), використовуються для визначення положення приєднувальних деталей та елементів;
- вільні поверхні (ВП), всі інші поверхні, що не стикаються з поверхнями інших деталей.



2.8. Проектування технологічних маршрутів оброблення поверхонь КРЕСЛЕНИК ДЕТАЛІ



ТАБЛИЦЯ ПРЕДСТАВЛЕННЯ МАРШРУТІВ ОБРОБЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТАРНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛІ

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічний маршрут оброблення ЕП (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R _a , мкм		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R _a , мкм
1	2	3	4	5	6
Циліндрич на поверхня Ø115 h6; Ra 0.4	h6	3,2	Точіння чорнове Т.О. стабілізуючий відпал Точіння чистове Т.О. Заг.+Відп. Шліфування одноразове	12 11 8	6,3 1,25 0,63
Циліндрич на поверхня Ø136 h9; Ra 1.6	h9	3.2	Точіння чорнове Т.О. стабілізуючий відпал Точіння чистове Т.О. Заг.+Відп. Шліфування одноразове	12 11 8	6,3 1,25 0,63

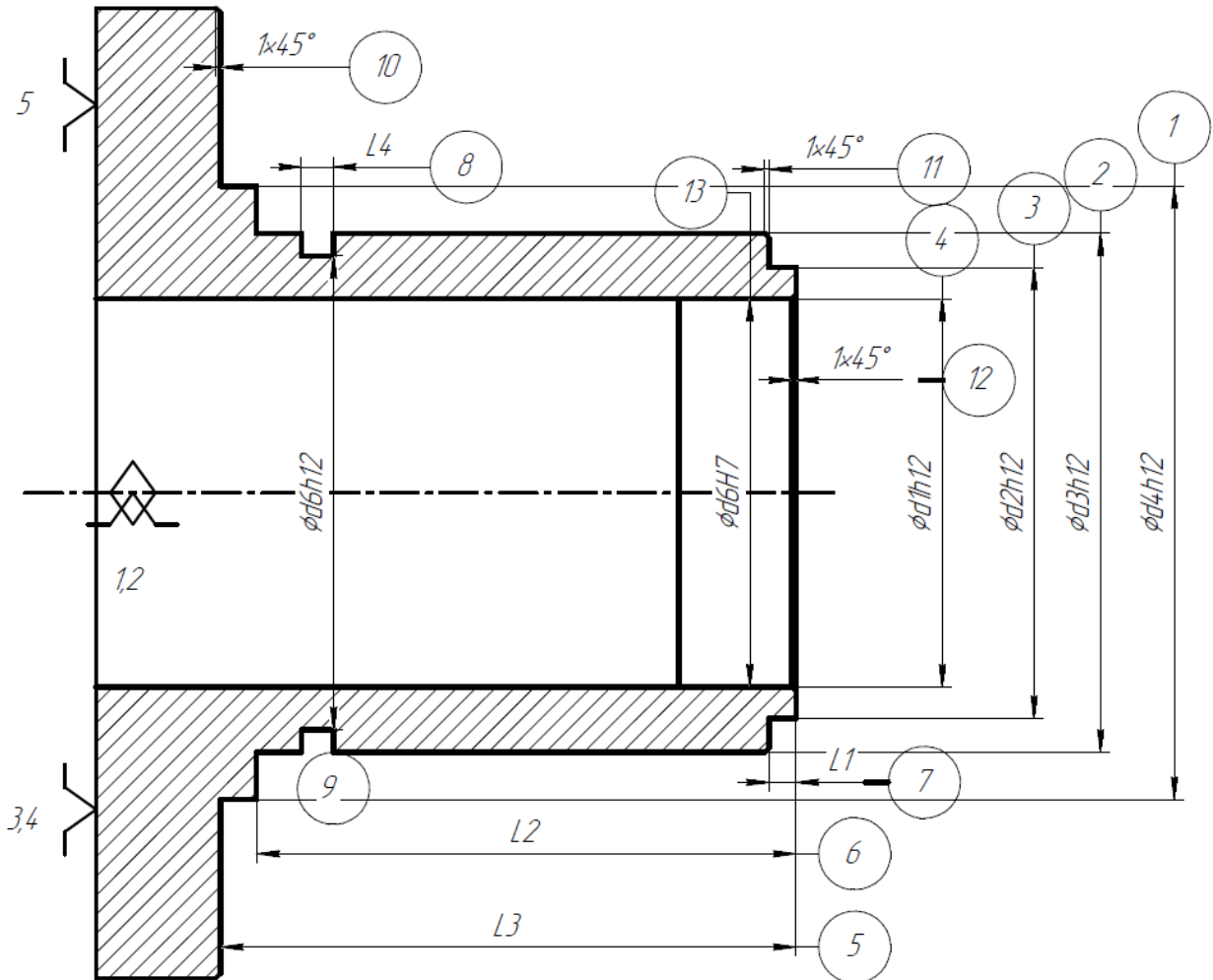
Циліндрич на поверх- ня Ø120 h6; Ra 1.6	h6	1.6	Точіння чорнове	12	6,3
			Т.О. стабілізуючий відпал		
			Точіння чистове	11	1,25
			Т.О. Заг.+Відп.	8	0,63
			Шліфування одноразове		
Отвір Ø85 H7; Ra 0,4	H7	1,25	Точіння чорнове	12	6,3
			Т.О. стабілізуючий відпал		
			Точіння напівчистове	9	3,2
			Точіння чистове	7	1,25
			Т.О. Зак.+Відп.		
			Шліфування одноразове		0,32
4 Отвори Ø5	12	5	Свердління	12	5
4 Отвори Ø5	12	5	Свердління	12	5
8 Отворів Ø5	12	5	Свердління	12	5
4 Отвори Ø7	12	5	Свердління	12	5
8 Отворів Ø5	12	10	Свердління Зенкерування	12	10
	10	5		10	5
8отв.К1/8” ГОСТ6111 -52 Ø5	12	10	Свердління Зенкерування Нарізання різьби	12	10
	10	8		10	8
	7	5		7	5
8отв.М12х 1.5-7h	12	10	Свердління Нарізання різьби	12	10
	7	5		7	5
Отвір Ø10	12	5	Свердління	12	5



Верстат горизонтально-токарний HAAS ST-25(операції 005,010)

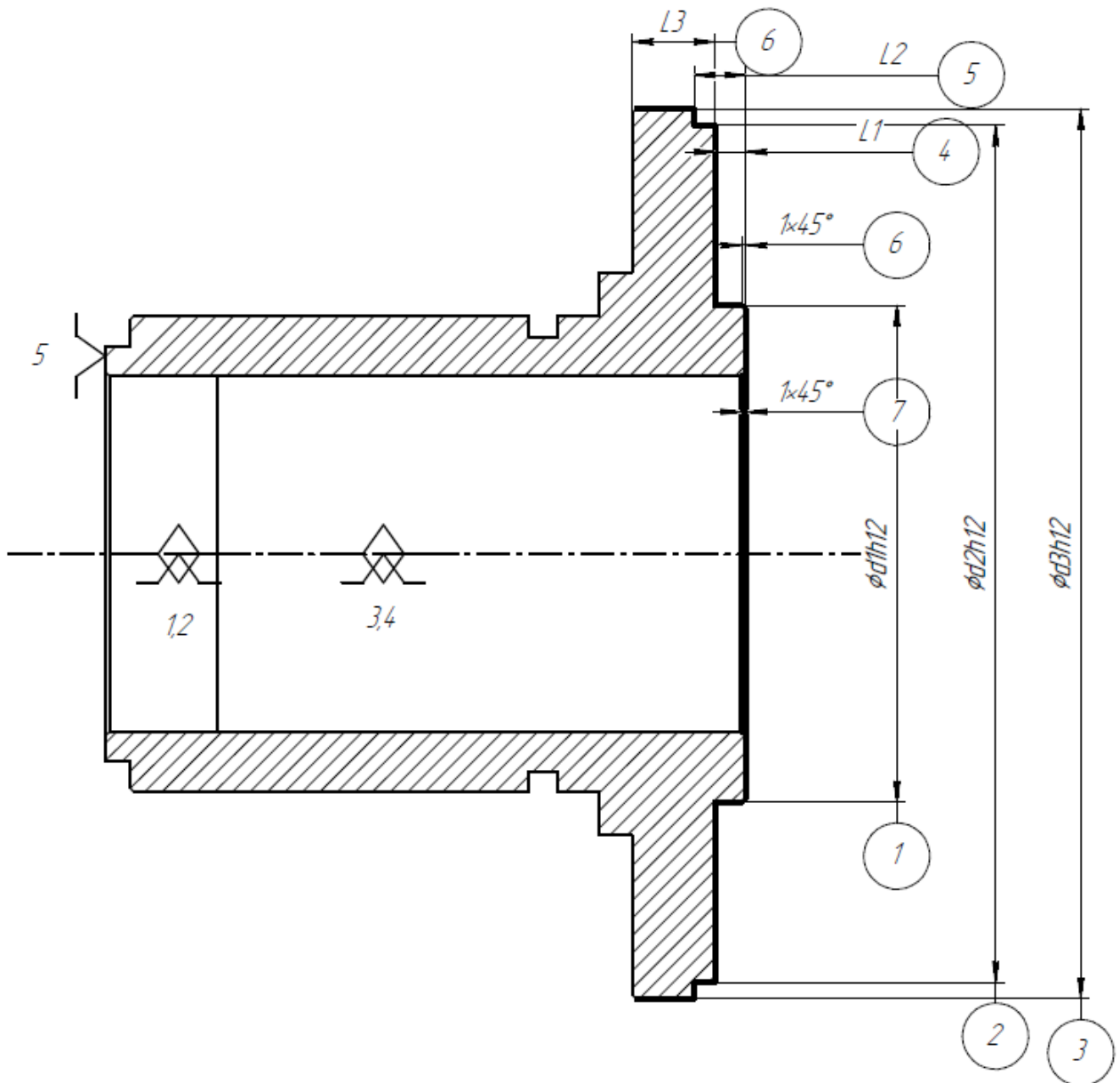


Вертикально-фрезерний ЧПУ VF-3(операції 025,030)



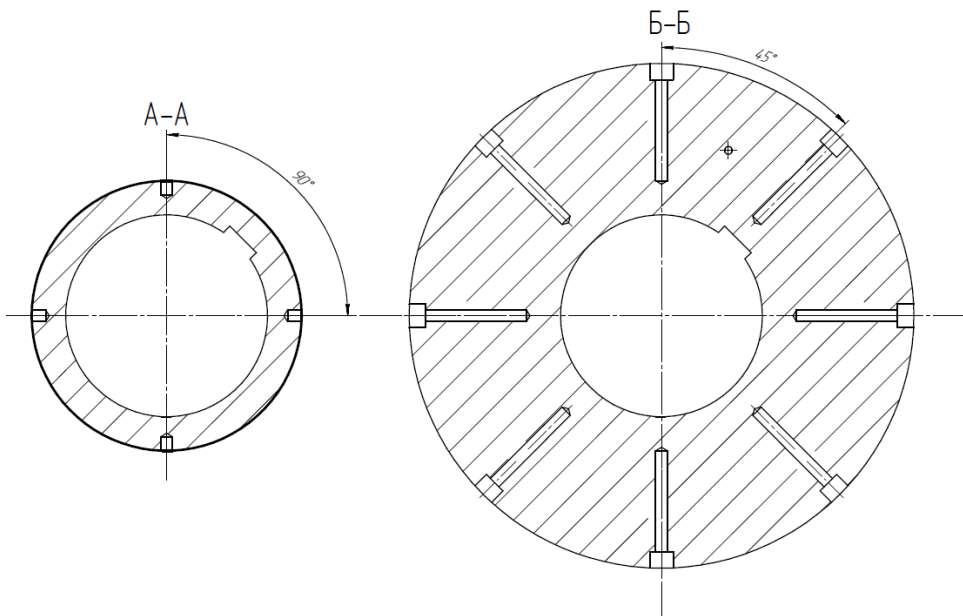
1. Точити поверхню, витримуючи розміри 1,2,3,5,6,7,
2. Розточити отвір витримуючи розмір 4,13
3. Точити фаску $1,5 \times 45^\circ$ 10,11,12
4. Точити канавку дотримуючись розмірів 8,9

010 Токарна з ЧПК (токарно-револьверний)



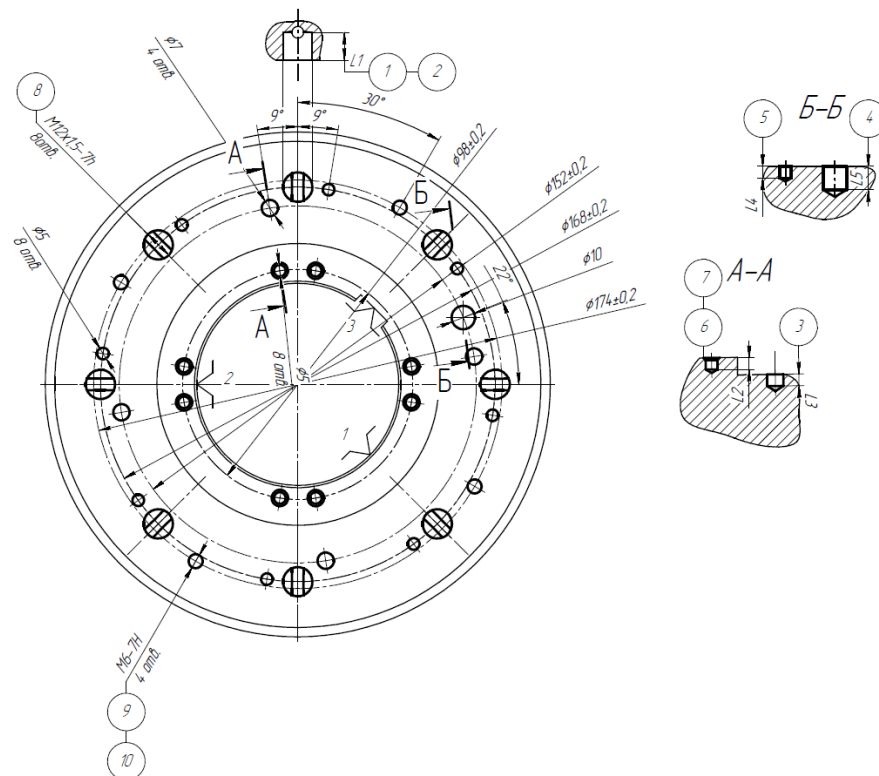
1. Підрізати торець, витримуючи розмір 4,5,6.
2. Точити поверхню, витримуючи розміри 1,2,3.
3. Точити фаску 6,7

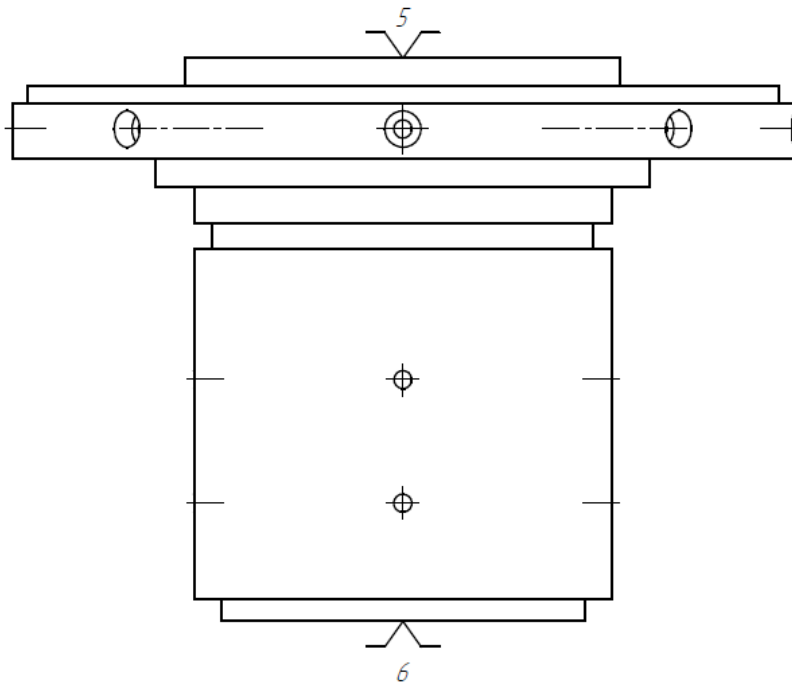
015 Т.О. Стабілізуючий відпал



- 1.Центрувати отвори
- 2.Свердли 8 отворів $\varnothing 5$ дотримуючись розмірів L3,L4,L5
- 3.Свердли 8 отворів $\varnothing 5$ дотримуючись розмірів L1,L2
- 4.Ценкувати 8 отворів $\varnothing 5$
- 5.Нарізати різьбу K1/8" ГОСТ6111-52

030 Вертикально-фрезерна (Вертикально-фрезерний ЧПУ)



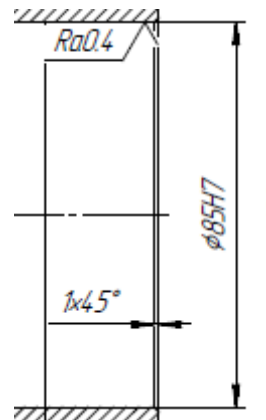


1. Центрувати отвори
2. Свердлити 8 отворів витримуючи розмір L1
3. Свердлити 4 отвора $\varnothing 7$ витримуючи розмір L3
4. Свердлити отвір $\varnothing 10$ витримуючи розмір L5
5. Свердлити 8 отворів $\varnothing 5$ витримуючи розмір L4
6. Свердлити 8 отворів $\varnothing 5$ витримуючи розмір L2
7. Зенкерувати отвори
8. Нарізати різьбу M12x1.5-7h
9. Свердлити 4 отвора $\varnothing 6$
10. Нарізати різьбу M6-7H

035 Термічна

2.9. Аналітичний розрахунок припусків

Розрахуємо міжопераційні припуски для оброблення точного отвору $\varnothing 85H7$



Ескіз поверхні, що обробляється

Технологічний процес обробки містить у собі 3-и переходи:

- чорнове розточування H12, $Ra = 5$ мкм,
- чистове розточування H9, $Ra = 2,5$ мкм,
- тонке розточування H7, $Ra = 0,4$ мкм.

Якість поверхонь після механічної обробки:

- для чорнового розточування: $Rz=50$ мкм, $h=50$ мкм ([11], с.185)
- для чистового розточування : $Rz=25$ мкм, $h=25$ мкм ([11], с.185)
- для тонкого розточування: $Rz=5$ мкм, $h=5$ мкм ([11], с.185).

Розрахунок мінімальних припусків проводимо за формулою [19]:

$$2Z_{mini} = 2 \left(R_{z(i-1)} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right),$$

де $R_{z(i-1)}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

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

ρ_{i-1} – сумарне відхилення розташування поверхні на попередньому переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки.

Розточування чорнове:

Сумарне просторове відхилення розташування поверхонь визначаємо по формулі, в мкм:

$$\rho_0 = \sqrt{(\Delta_k * D)^2 + (\Delta_k * L)^2},$$

де $\Delta_k = 0,7$ мкм/мм ([11], с.183),

$\rho_0 = 25,6$ мкм.

$\varepsilon_0 = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$ – однопозиційне оброблення;

$\varepsilon_6 = 0$ – суміщення технологічної та вимірювальної баз;

$\varepsilon_3 = 115$ мкм ([4], таблиця 40,).

$$2Z_{min1} = 2 \left(335 + \sqrt{25,6^2 + 115^2} \right) = 906 \text{ мкм.}$$

Розточування чистове:

$$2Z_{min2} = 2 \left(R_{z1} + h_1 + \sqrt{\rho_1^2 + \varepsilon_1^2} \right),$$

де $R_{z1} + h_1 = 50 + 50 = 100$ мкм – після чорнового обточування;

$\rho_1 = \rho_0 * k_y = 25,6 * 0,06 = 1,536$ мкм;

$\varepsilon_1 = \varepsilon_0 = 115$ мкм – без зміни оснастки.

$$2Z_{min2} = 2 \left(100 + \sqrt{1,536^2 + 115^2} \right) = 430 \text{ мкм}$$

Розточування тонке:

$$2Z_{min3} = 2(25 + 25) = 100 \text{ мкм}$$

Результати розрахунку наведені в табл. 5.

Технологічні допуски (ДСТУ 2500-94):

$T_{заг} = 0,63$ мм,

$T_{чорн} = 0,25$ мм,

$T_{чист} = 0,063$ мм,

$T_{тонке} = 0,025$ мм;

Найбільші граничні розміри :

$D_{макс тонке} = D_{ном} + ES = 85 + 0,025 = 85,025$ мм,

$D_{макс чист} = D_{макс тонке} - 2Z_{min3} = 85,025 - 0,100 = 84,925$ мм,

$D_{макс чорн} = D_{макс чист} - 2Z_{min2} = 84,925 - 0,430 = 84,495$ мм,

$D_{макс заг} = D_{макс чорн} - 2Z_{min1} = 84,495 - 0,906 = 83,589$ мм;

Найменші значення міжопераційних розмірів:

$D_{мін тонке} = D_{макс тонке} - T_{тонке} = 85,025 - 0,025 = 85$ мм,

$D_{мін чист} = D_{макс чист} - T_{чист} = 84,925 - 0,063 = 84,862$ мм,

$D_{мін чорн} = D_{макс чорн} - T_{чорн} = 84,495 - 0,25 = 84,27$ мм,

$D_{мін заг} = D_{макс заг} - T_{заг} = 83,589 - 0,63 = 82,959$ мм;

Максимальні розміри припусків:

$$2Z_{\text{маx чорн}} = D_{\text{мін чорн}} - D_{\text{мін заг}} = 84,27 - 82,959 = 1,311 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{маx чист}} = D_{\text{мін чист}} - D_{\text{мін чорн}} = 84,862 - 84,27 = 0,592 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{маx тонк}} = D_{\text{мін тонк}} - D_{\text{мін чист}} = 85 - 84,862 = 0,138 \text{ мм;}$$

Мінімальні розміри припусків:

$$2Z_{\text{мін чорн}} = D_{\text{маx чорн}} - D_{\text{маx заг}} = 84,495 - 83,589 = 0,906 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{мін чист}} = D_{\text{маx чист}} - D_{\text{маx чорн}} = 84,925 - 84,495 = 0,430 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{мін тонк}} = D_{\text{маx тонк}} - D_{\text{маx чист}} = 85,025 - 84,925 = 0,100 \text{ мм,}$$

Сумарні розміри припусків:

$$2Z_{\text{мін } \Sigma} = 1,436 \text{ мм,}$$

$$2Z_{\text{маx } \Sigma} = 2,041 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності розрахунків:

$$T_3 - T_{\text{ТД}} = 630 - 25 = 605 \text{ мкм,}$$

$$\Sigma 2Z_{\text{маx}} - \Sigma 2Z_{\text{мін}} = 2,041 - 1,436 = 0,605 \text{ мм ;}$$

Оскільки $T_3 - T_{\text{ТД}} = \Sigma 2Z_{\text{маx}} - \Sigma 2Z_{\text{мін}} = 605 \text{ мкм}$, розрахунки проведені вірно.

Технол. перех.	Елементи припуску, мкм				Розр.		Т, мкм	Прийняті розміри, мм		Значення припусків, мм	
	Rz	h	ρ	ε	$2Z_{\text{мін}}$	$D_{\text{маx}}$		$D_{\text{мін}}$	$D_{\text{маx}}$	$2Z_{\text{мін}}$	$2Z_{\text{маx}}$
Заготовка	400		27,6	-	-	83,589	620	82,959	83,589	-	-
Розточування чорнове (Н12)	50	50	1,536	135	0,906	84,455	250	84,27	84,495	0,906	1,311
Розточування чистове (Н9)	25	25	-	135	0,430	84,925	62	84,862	84,925	0,43	0,592
Розточування тонке (Н7)	5	5	-	-	0,100	85,025	25	85	85,025	0,1	0,138
Σ										1,436	2,041

Поверхня деталі	Допуск деталі	Допуск Заготовки	Співвідношення допусків	Вид Кінцевої обробки	Припуск	Розмір
∅ 155	0,4	2	0,2	Чистова	2,4	∅ 155(±0,2)
∅115h6	0.4	2	0.2	Чистова	3	∅115(±0,2)
∅215	0,3	3	0,1	Чистова	3,3	∅215(±0,15)
∅85H7*	0,025	3	0,083	Тонка	3	∅85 (±0,1)

2.10. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання аналітичним методом на обробку поверхні ∅85H7

Чорнове розточування

Визначення глибини різання

Оскільки раніше розраховали, що $2Z_{\max} = 2$ мм, тоді $h = 1$ мм.

Визначення геометричних параметрів різальної частини інструменту

Передній кут $\gamma = 5^\circ$; головний задній кут $\alpha = 10^\circ$; головний кут в плані $\varphi = 90^\circ$; допоміжний кут в плані $\varphi_1 = 10^\circ$; кут нахилу головної різальної кромки $\lambda = 0^\circ$.

Сила різання $[P_z]$ мз, яка допускається міцністю заготовки

Сила різання, яка допускається міцністю заготовки не враховується, оскільки вона набагато більше інших сил різання. Нею можна знехтувати.

Аналогічно і з силою різання $[P_z]$ жз, яка допускається жорсткістю заготовки

Сила різання $[P_z]$ мп, яка допускається механізмом подач верстату

Силу різання, яка допускається механізмом подач верстату, наведено у таблиці 6. Вона складає $[P_z]_{\text{мп}} = 22686$ Н.

Сила різання $[P_z]$ пл, що допускається міцністю різальної пластини

Розраховується за емпіричною формулою:

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * h^{0,77} * c^{1,35} * \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де h – глибина різання, мм; c – товщина пластини, мм; φ – головний кут в плані, град. Товщина пластини $c = 4,7$ мм, кут в плані $\varphi = 90$ градусів.

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * 1^{0,77} * 4,7^{1,35} * (0,866)^{0,8} = 1468 \text{ Н}$$

обираємо менше значення сили різання, $P_{zпл} = 1468 \text{ Н}$

Подача, яка допускається вибраною найменшою силою різання визначається за формулою:

$$[S]_P = \left(\frac{P_z}{C_{P_z} * h^{x_{P_z}} * V^{n_{P_z}} * K_{P_z}} \right)^{\frac{1}{y_{P_z}}},$$

де $C_{P_z} = 920$ – коефіцієнт пропорційності); $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0,75$; $n_{P_z} = 0$ – показники степенів

Діапазон швидкості різання знаходиться в межах $V = (60-80) \text{ м/хв.}$

Загальний поправочний коефіцієнт K_{P_z} :

$$K_{P_z} = K_{MP_z} * K_{\varphi P_z} * K_{\gamma P_z} * K_{\lambda P_z} * K_{r P_z},$$

$$K_{MP_z} = \left(\frac{HB}{190} \right)^{1,08}$$

де $K_{MP_z} = \left(\frac{229}{190} \right)^{1,08} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки та ріжучого інструменту

$K_{\lambda P_z} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу різальної кромки на силу різання, [

$K_{\varphi P_z} = 0,89$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані,

$K_{\gamma P_z} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута,

$K_{r P_z} = 0,93$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу вершини різальної кромки

$$K_{P_z} = 1,22 * 0,89 * 1,05 * 1 * 0,93 = 1,06$$

$$[S]_P = \left(\frac{1468}{920 * 1 * 1 * 0,93} \right)^{\frac{1}{0,75}} = 4,06 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Розрахунок найбільшої допустимої подачі, що допускається шорсткістю обробленої поверхні.

Шорсткість обробленої поверхні $R_a = 5 \text{ мкм}$, діапазон подач $[S]_{ш} 0,25 - 0,4 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Приймаємо $0,4 \text{ мм/об}$.

Розрахунок допустимої швидкості різання.

Швидкість різання, що допускається потужністю верстата.

$$[V]_B = \frac{60 * 1000 * N * K_{\Pi}}{P_z},$$

де $N = 22,4$ кВт – максимальна потужність двигуна; h – ККД двигуна, приймаємо 0,9; $K_{\Pi} = 1,25$ – коефіцієнт допустимого перевантаження двигуна при обробленні твердосплавним різцем.

$$[V]_B = \frac{60 * 1000 * 22,4 * 0,9 * 1,25}{1468} = 617,64 \text{ м/хв}$$

Швидкість різання, що допускається стійкістю різця:

$$[V]_i = \frac{C_v * K_v}{T^m * h^{x_v} * S^{y_v}},$$

де $C_v = 247$ – коефіцієнт пропорційності при обробленні на подачі понад 0,4 мм/об; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,4$; $m = 0,2$ – показники степенів при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі до 0,40 мм/об; $T = 30$ хв – нормативний період стійкості різця.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Cv} * K_{\Pi v} * K_{iv} * K_{\varphi v} * K_{\varphi 1v} * K_{rv} * K_{qv} * K_{dv},$$

$$\text{де } K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25} = \left(\frac{190}{229}\right)^{1,25} = 0,79;$$

$K_{Cv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан сталі при обробленні;

$K_{\Pi v} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

$K_{\varphi v} = 0,7$; $K_{\varphi 1v} = 1$; $K_{rv} = 0,94$; $K_{qv} = 1,12$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання ;

$K_{dv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив виду оброблення на швидкість різання.

$$K_v = 0,79 * 1 * 1 * 1 * 0,7 * 1 * 1 * 0,94 * 1,12 * 0,9 = 0,524$$

$$[V]_i = \frac{247 * 0,524}{30^{0,2} * 1^{0,15} * 0,4^{0,4}} = 94,57 \text{ м/хв}$$

Приймаємо для розрахунків меншу швидкість різання: $V = 95$ м/хв.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 * V}{\pi * D} = \frac{1000 \cdot 95}{3,14 \cdot 70} = 432,21 = 433 \text{ об/хв}$$

В силу того, що чорнова оброблення здійснюється за один робочий хід, основний час чорнового оброблення становить:

$$T_0 = \frac{L}{S \cdot n}$$

$$T_0 = \frac{155}{0,4 \cdot 433} = 0,894 \text{ хв} = 53,64 \text{ с}$$

Чистове розточування

Вибір глибини різання

На основі розрахунків припусків приймаємо $2z_{\max} = 0,6 \text{ мм}$. На сторону:
 $h = 0,3 \text{ мм}$.

Сила різання $[P_z]_{\text{пл}}$, що допускається міцністю різальної пластини

Розраховується за емпіричною формулою:

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * h^{0,77} * c^{1,35} * \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де h – глибина різання, мм; c – товщина пластини, мм; φ – головний кут в плані, град. Товщина пластини $c = 4 \text{ мм}$, кут в плані $\varphi = 90$ градусів.

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 * 0,3^{0,77} * 4^{1,35} * (0,866)^{0,8} = 779,21 \text{ Н}$$

Обираємо менше значення сили різання, $P_{z\text{пл}} = 780 \text{ Н}$.

Подача, яка допускається вибраною найменшою силою різання визначається за формулою:

$$[S]_P = \left(\frac{P_z}{C_{P_z} * h^{x_{P_z}} * V^{n_{P_z}} * K_{P_z}} \right)^{\frac{1}{y_{P_z}}},$$

де $C_{P_z} = 920$ – коефіцієнт пропорційності ; $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0,75$; $n_{P_z} = 0$ – показники степенів.

Для вибраного матеріалу інструмента ВК6 діапазон швидкості різання знаходиться в межах $V = (60...80) \text{ м/хв}$.

Загальний поправочний коефіцієнт K_{P_z} :

$$K_{P_z} = K_{MP_z} * K_{\varphi P_z} * K_{\gamma P_z} * K_{\lambda P_z} * K_{r P_z},$$

де $K_{MP_z} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{1,08} = \left(\frac{229}{190}\right)^{1,08} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки та ріжучого інструменту,

$K_{\lambda P_z} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу різальної кромки на силу різання,

$K_{\varphi P_z} = 0,89$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані,

$K_{\gamma P_z} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута,

$K_{r P_z} = 0,93$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу вершини різальної кромки,

$$K_{P_z} = 1,22 * 0,89 * 1,05 * 1 * 0,93 = 1,06$$

$$[S]_P = \left(\frac{780}{920 \cdot 0,28 \cdot 1 \cdot 1,06}\right)^{\frac{1}{0,75}} = 4,05 \text{ мм/об}$$

Розрахунок найбільшої допустимої подачі, що допускається шорсткістю обробленої поверхні.

Шорсткість обробленої поверхні $Ra = 2,5$ мкм, діапазон подач $[S]_{ш} 0,15 - 0,2 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Приймаємо $0,2$ мм/об.

Швидкість різання, що допускається стійкістю різця.

$$[V]_i = \frac{C_v * K_v}{T^{m*} h^{x_v} * S^{y_v}}$$

де $C_v = 292$ – коефіцієнт пропорційності при обробленні твердосплавним різцем на подачі понад $0,4$ мм/об; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,2$; $m = 0,2$ – показники степенів при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі до $0,40$ мм/об ; $T = 30$ хв – нормативний період стійкості різця.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Cv} * K_{Pv} * K_{iv} * K_{\varphi v} * K_{\varphi 1v} * K_{rv} * K_{qv} * K_{dv},$$

$$\text{де } K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25} = \left(\frac{190}{229}\right)^{1,25} = 0,79$$

$K_{Cv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан сталі при обробленні

$K_{Pv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

$K_{\varphi v} = 0,7$; $K_{\varphi 1v} = 1$; $K_{rv} = 0,94$; $K_{qv} = 1,12$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання (табл. 21 [18]);

$K_{dv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив виду оброблення на швидкість різання .

$$K_v = 0,79 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 0,534$$

$$[V]_i = \frac{292 \cdot 0,534}{30^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,2^{0,2}} = 130,53 \text{ м/хв}$$

Приймаємо для розрахунків меншу швидкість різання: $V = 130 \text{ м/хв}$.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 130}{3,14 \cdot 84,9} = 487,64 \text{ об/хв}$$

В силу того, що чистове оброблення здійснюється за один робочий хід, основний час оброблення становить:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{155}{0,2 \cdot 487,64} = 1,589 \text{ хв} = 95,54 \text{ с}$$

Тонке розточування

Вибір глибини різання

На основі розрахунків припусків приймаємо $2z_{\max} = 0,12 \text{ мм}$. На сторону: $h = 0,06 \text{ мм}$.

Сила різання $[P_z]_{\text{пл}}$, що допускається міцністю різальної пластини

Розраховується за емпіричною формулою:

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 \cdot h^{0,77} \cdot c^{1,35} \cdot \left(\frac{\sin 60^\circ}{\sin \varphi} \right)^{0,8},$$

де h – глибина різання, мм; c – товщина пластини, мм; φ – головний кут в плані, град. Товщина пластини $c = 4 \text{ мм}$, кут в плані $\varphi = 90$ градусів.

$$[P_z]_{\text{пл}} = 340 \cdot 0,06^{0,77} \cdot 4^{1,35} \cdot (0,866)^{0,8} = 226 \text{ Н}$$

Обираємо менше значення сили різання, $P_{z\text{пл}} = 226 \text{ Н}$.

Подача, яка допускається вибраною найменшою силою різання визначається за формулою:

$$[S]_P = \left(\frac{P_z}{C_{Pz} \cdot h^{x_{Pz}} \cdot V^{n_{Pz}} \cdot K_{Pz}} \right)^{\frac{1}{y_{Pz}}},$$

де $C_{P_z} = 920$ – коефіцієнт пропорційності $x_{P_z} = 1$; $y_{P_z} = 0,75$; $n_{P_z} = 0$ – показники степенів.

Для вибраного матеріалу інструмента діапазон швидкості різання знаходиться в межах $V = (60...80)$ м/хв.

Загальний поправочний коефіцієнт K_{P_z} :

$$K_{P_z} = K_{MP_z} * K_{\varphi P_z} * K_{\gamma P_z} * K_{\lambda P_z} * K_{rP_z},$$

де $K_{MP_z} = \left(\frac{HB}{190}\right)^{1,08} = \left(\frac{229}{190}\right)^{1,08} = 1,22$ – коефіцієнт, що враховує механічні властивості матеріалу заготовки та ріжучого інструменту,

$K_{\lambda P_z} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу різальної кромки на силу різання,

$K_{\varphi P_z} = 0,89$ – коефіцієнт, що враховує вплив головного кута в плані

$K_{\gamma P_z} = 1,05$ – коефіцієнт, що враховує вплив переднього кута,

$K_{rP_z} = 0,93$ – коефіцієнт, що враховує вплив радіусу вершини різальної кромки,

$$K_{P_z} = 1,22 * 0,89 * 1,05 * 1 * 0,93 = 1,06$$

$$[S]_P = \left(\frac{226}{920 \cdot 0,06 \cdot 1 \cdot 1,06}\right)^{\frac{1}{0,75}} = 6,06 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$$

Розрахунок найбільшої допустимої подачі, що допускається шорсткістю обробленої поверхні.

Шорсткість обробленої поверхні $Ra = 0,63$ мкм, діапазон подач $[S]_{ш} 0,05 - 0,15 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$. Приймаємо $0,1$ мм/об.

Швидкість різання, що допускається стійкістю різця.

$$[V]_i = \frac{C_v * K_v}{T^{m*} h^{x_v} * S^{y_v}},$$

де $C_v = 292$ – коефіцієнт пропорційності при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі до $0,4$ мм/об; $x_v = 0,15$; $y_v = 0,2$; $m = 0,2$ – показники степенів при обробленні чавуну твердосплавним різцем на подачі до $0,40$ мм/об; $T = 30$ хв – нормативний період стійкості різця.

$$K_v = K_{Mv} * K_{Cv} * K_{Pv} * K_{iv} * K_{\varphi v} * K_{\varphi 1v} * K_{rv} * K_{qv} * K_{dv},$$

$$\text{де } K_{Mv} = \left(\frac{190}{HB}\right)^{1,25} = \left(\frac{190}{229}\right)^{1,25} = 0,79;$$

$K_{Cv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан сталі при обробленні

$K_{Пv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки

$K_{iv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив інструментального матеріалу на швидкість різання

$K_{\phi v} = 0,7$; $K_{\phi 1v} = 1$; $K_{rv} = 0,94$; $K_{qv} = 1,12$ – коефіцієнти, що враховують вплив геометричних параметрів різця на швидкість різання

$K_{dv} = 0,9$ – коефіцієнт, що враховує вплив виду оброблення на швидкість різання.

$$K_v = 0,79 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,94 \cdot 1,12 \cdot 0,9 = 0,524$$

$$[V]_i = \frac{292 \cdot 0,524}{30^{0,2} \cdot 0,06^{0,15} \cdot 0,1^{0,2}} = 187,31 \text{ м/хв}$$

Приймаємо для розрахунків меншу швидкість різання: $V = 187 \text{ м/хв}$.

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 187}{3,14 \cdot 85} = 700 \text{ об/хв}$$

В силу того, що чистове оброблення здійснюється за один робочий хід, основний час оброблення становить:

$$T_o = \frac{L}{S \cdot n} = \frac{155}{0,1 \cdot 700} = 2,21 \text{ хв} = 132,6 \text{ с}$$

2.11. Визначення режимів різання аналоговим методом

При встановленні режимів різання з використанням аналогового методу ми будемо користуватися калькулятором Sandvik Coromant і каталогом Saratools.

Параметри режимів різання на операції 005

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _o , хв
01	Точіння	DCLNR 2020K 12 CNMG 12 04 04-PM 4425	332	2,5	0.2	918	1
02	Розточування чорнове	A40T-SCLCR 12	310	2,48	0,36	1310	1,03
	Розточування чистове	CCMT 12 04 12-PR 4425	139	0,05	0,134	519	1,09
03	Точіння фаски	DCLNR 2020K 12 CNMG 12 04 04-PM 4425	332	2,5	0.2	918	0,25

04	Точіння канавки	QD-NK-0600-0004-GM 1125 QD-NN2J60C25A	135	6 1	0.2	392	0,334
----	-----------------	---	-----	--------	-----	-----	-------

Параметри режимів різання на операції 010

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _o , хв
01	Підрізання	DCLNR 2020K 12 CNMG 12 04 04-PM 4425	251	2.5	0.518	918	2
02	Точіння			2.5			1.44
03	Точіння фаски			1			0.33

Параметри режимів різання на операції 025

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _o , хв
1	Центрування	Свердло центрувальне P6M5	164	2	0.214	3590	0,096
2	Свердління	861.1-0500-075A1-GM GC34	175	6	0.198	2210	0,036
3	Свердління	861.1-0500-075A1-GM GC34	114	50	0.168	1220	0,248
4	Фрезерування	2P340-0900-PA 1630	205	8	0,0236	1130	0,024
5	Різьбонарізання	T300-PM101JA-M8 P1PM	71,5	8	1,25	2850	0,112

Параметри режимів різання на операції 030

№	Оброблення	Інструмент	V, м/хв	h, мм	S, мм/об	n, об/хв	T _o , хв
1	Центрування	Свердло центрувальне P6M5	164	2	0.214	3590	0,096
2	Свердління	860.1-1200-037A1-PM P1BM	167	11	0.297	4430	0,048
3	Свердління	860.1-0700-024A1-PM P1BM	173	5	0.227	4860	0,02
4	Свердління	860.1-1000-031A1-PM P1BM	169	10	0,297	5390	0,00642
5	Свердління	860.1-0500-019A1-PM P1BM	175	5	0,198	3900	0,033
6	Свердління	860.1-0500-019A1-PM P1BM	175	7,5	0,198	3900	0,038
7	Зенкування	HSSE Co5 conical and deburring countersink 90 ° dia. 8 mm shank dia. 6 mm DIN 335 C	177	2	0,27	4700	0,112
8	Різьбонарізання	T300-PM101JB-M12X150P1PM	69,9	11	1,5	1850	0,136
9	Свердління	860.1-0600-019A1-PM P1BM	173	10	0,267	6880	0,022
10	Різьбонарізання	T300-PM104DA-M6 P1PM	37,7	10	1	2000	0,84

2.12. Визначення норм часу

Норми часу на виконання операцій на верстатах з ЧПУ (Тшт.к.) складаються з двох частин: норми підготовчо-основного часу (Тп.з.) та норми поштучного часу (Тшт.). Для розрахунку норми поштучного часу з урахуванням розміру партії

деталей (n) використовується формула: $T_{шт.к.} = T_{шт.} + T_{п.з.}/n$. Розмір партії деталей розрахований у пункті 1.3: $n = 250$ штук.

Норма штучного часу визначається за формулою

$$T_{шт} = (T_{ц.а.} + T_{в.} * K) \left(1 + \frac{a_{орг.} + a_{тех.} + a_{отл.}}{100}\right)$$

де $T_{ц.а.}$ - час циклу автоматичної роботи верстата за програмою

$$T_{ц.а.} = T_{о.} + T_{мв.},$$

де $T_{о.}$ - основний час на оброблення однієї деталі, хв:

$$T_{о.} = \sum \frac{L_i}{S_{mi}},$$

де L_i - довжина оброблення, мм;

S_{mi} - хвилинна подача на даному технологічному переході мм/хв.

$T_{м.д.}$ - машинний допоміжний час включає час на виведення деталі або інструменту з зони обробки та їх повернення до початкової точки, установку інструменту на потрібний розмір, заміну інструменту, зміну напрямку та величини подачі, а також час технологічних пауз. Він складає 20% від часу обробки ($T_{о.}$).

$T_{в.}$ - допоміжний час:

$$T_{в.} = T_{ву} + T_{в.оп.} + T_{в.вим.},$$

$T_{ву}$ - час на установку та зняття деталі вручну або підйомником;

$T_{в.оп.}$ - допоміжний час, пов'язаний з операцією (що не входить в управляючу програму), хв;

$T_{в.вим.}$ - допоміжний час на вимірювання партії деталей;

$K_{цб}$ - поправочний коефіцієнт на виконання ручної допоміжної роботи в залежності від партії деталей, що обробляються;

$a_{орг.}$, $a_{тех.}$, $a_{отл.}$ - час на організаційне, технічне обслуговування робочого місця, на відпочинок та особисті потреби при одноверстатному обслуговуванні (в процентах від оперативного часу).

Норма підготовчо-заключного часу визначається за формулою:

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз} + T_{пз.обр.},$$

де $T_{пз1}$ - норма часу на організаційну підготовку, хв;

$T_{пз2}$ - норма часу на налагодження верстата, пристосування, інструменту, програмних пристроїв, хв;

$T_{пз.обр.}$ - норма часу на пробну обробку, хв.

Нормування операції: 005 Токарна з ЧПК (токарно-револьверний)

Допоміжний час на установку деталі в пристрій: $t = 0,5$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, невиключений в програму:

- встановити вихідні режими роботи верстату: $t = 0,4$ хв.

- встановити інструменти в карусель: $t = 3 * 0,5 = 1,5$ хв.

- встановити координати (налаштувати нульове положення): $t = 0,2$ хв.

$$T_{в} = 0,5 + 0,4 + 1,5 + 0,2 = 2,6 \text{ хв}$$

Визначаємо автоматичний час основної роботи по програмі за наступною формулою:

$$T_{о} = T_{е.а.} + T_{в.а.},$$

де: $T_{е.а.}$ - сума машинного часу по всіх інструментальних переходах,

$$T_{е.а.} = 3,7 \text{ хв.}$$

$T_{в.а.}$ - допоміжний час на прискорені, установчі рухи й заміну інструмента.

$$T_{в.а.} = 1 \text{ хв,}$$

$$T_{о} = 4,7 \text{ хв.}$$

Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{обс.} = 3,5\% * T_{о}, \text{ хв}$$

Час на відпочинок й особисті потреби:

$$T_{від.} = 4\% * T_{о}, \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{шт} = (4,7 + 2,6 * 1,1) \left(1 + \frac{0,1645 + 0,188}{100} \right) = 7,57 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний:

- час на організаційну підготовку: $t = 2$ хв;

- час на налагодження програм верстата, ріжучого інструменту: $t = 2,5$ хв;

- час на оброблення пробної деталі, приймаємо норму часу більшу в 1,5 рази
: $t = 1,5 * 7,57 = 11,36$ хв;

$$T_{п.з.} = 2 + 2,5 + 11,36 = 15,86 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{\text{шт.к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 7,57 + \frac{15,86}{250} = 7,63 \text{ хв}$$

Нормування операції: 010 Токарна з ЧПК (токарно-револьверний)

Допоміжний час на установку деталі в пристрій: $t = 0,5$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, невиключений в програму:

- встановити вихідні режими роботи верстату: $t = 0,4$ хв.
- встановити інструменти в карусель: $t = 2 * 0,5 = 1$ хв.
- встановити координати (налаштувати нульове положення): $t = 0,2$ хв.

$$T_{\text{в}} = 0,5 + 0,4 + 1 + 0,2 = 2,1 \text{ хв}$$

Визначаємо автоматичний час основної роботи по програмі за наступною формулою:

$$T_{\text{о}} = T_{\text{е.а.}} + T_{\text{в.а.}}$$

де: $T_{\text{е.а.}}$ - сума машинного часу по всіх інструментальних переходах,

$$T_{\text{е.а.}} = 3,77 \text{ хв.}$$

$T_{\text{в.а.}}$ - допоміжний час на прискорені, установчі рухи й заміну інструмента.

$$T_{\text{в.а.}} = 1 \text{ хв,}$$

$$T_{\text{о}} = 4,77 \text{ хв.}$$

Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{\text{обс.}} = 3,5\% * T_{\text{о}}, \text{ хв}$$

Час на відпочинок й особисті потреби:

$$T_{\text{від.}} = 4\% * T_{\text{о}}, \text{ хв}$$

Визначаємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{\text{шт}} = (4,77 + 2,1 * 1,1) \left(1 + \frac{0,166 + 0,19}{100} \right) = 7,09 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний:

- час на організаційну підготовку: $t = 2$ хв;
- час на налагодження програм верстата, ріжучого інструменту: $t = 2,5$ хв;
- час на оброблення пробної деталі, приймаємо норму часу більшу в 1,5 рази

$$: t = 1,5 * 7,09 = 10,63 \text{ хв;}$$

$$T_{п.з.} = 2 + 2,5 + 11,63 = 16,13 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 7,09 + \frac{16,3}{250} = 7,15 \text{ хв}$$

Нормування операції: 025 Вертикально-фрезерна (Вертикально-фрезерний ЧПУ)

Допоміжний час на установку деталі в пристрій: $t = 0,6 \text{ хв.}$

Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, невиключений в програму:

- встановити вихідні режими роботи верстату: $t = 1 \text{ хв.}$

- встановити інструменти в карусель: $t = 4 * 0,5 = 2 \text{ хв.}$

- встановити координати (налаштувати нульове положення): $t = 0,2 \text{ хв.}$

$$T_{в} = 0,6 + 1 + 2 + 0,2 = 3,8 \text{ хв}$$

Визначаємо автоматичний час основної роботи по програмі за наступною формулою:

$$T_{о} = T_{с.а.} + T_{в.а.},$$

де: $T_{с.а.}$ - сума машинного часу по всіх інструментальних переходах,

$$T_{с.а.} = 0,417 \text{ хв.}$$

$T_{в.а.}$ - допоміжний час на прискорені, установчі рухи й заміну інструмента.

$$T_{в.а.} = 3 \text{ хв,}$$

$$T_{о} = 3,417 \text{ хв.}$$

Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{обс.} = 3,5\% * T_{о}, \text{ хв;}$$

Час на відпочинок й особисті потреби:

$$T_{від.} = 4\% * T_{о}, \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{шт} = (T_{о} + T_{в} * K_{в}) \left(1 + \frac{T_{обсл.} + T_{від.}}{100} \right) = (3,417 + 3,8 * 1,1) \left(1 + \frac{0,119 + 0,136}{100} \right) = 7,61 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час:

- час на організаційну підготовку: $t = 5 \text{ хв;}$

- час на налагодження програм верстата, ріжучого інструменту: $t = 6$ хв;
- час на оброблення пробної деталі, приймаємо норму часу більшу в 1,5 рази
: $t = 1,5 * 7,61 = 11,415$ хв;

$$T_{п.з.} = 5 + 6 + 11,415 = 22,415 \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 7,61 + \frac{22,415}{250} = 7,7 \text{ хв}$$

Нормування операції: 030 Вертикально-фрезерна (Вертикально-фрезерний ЧПУ)

Допоміжний час на установку деталі в пристрій: $t = 0,6$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з обробкою, невиключений в програму:

- встановити вихідні режими роботи верстату: $t = 1$ хв.

- встановити інструменти в карусель: $t = 8 * 0,5 = 4$ хв.

- встановити координати (налаштувати нульове положення): $t = 0,2$ хв.

$$T_{в} = 0,6 + 1 + 4 + 0,2 = 5,8 \text{ хв}$$

Визначаємо автоматичний час основної роботи по програмі за наступною формулою:

$$T_{о} = T_{е.а.} + T_{в.а.},$$

де: $T_{е.а.}$ - сума машинного часу по всіх інструментальних переходах,

$$T_{е.а.} = 1,256 \text{ хв.}$$

$T_{в.а.}$ - допоміжний час на прискорені, установчі рухи й заміну інструмента.

$$T_{в.а.} = 3 \text{ хв,}$$

$$T_{о} = 4,256 \text{ хв.}$$

Час на організаційне й технічне обслуговування робочого місця:

$$T_{обс.} = 3,5\% * T_{о}, \text{ хв;}$$

Час на відпочинок й особисті потреби:

$$T_{від.} = 4\% * T_{о}, \text{ хв.}$$

Визначаємо норму штучного часу по формулі:

$$T_{шт} = (T_{о} + T_{в} * K_{в}) \left(1 + \frac{T_{обсл.} + T_{від.}}{100} \right) = (4,256 + 5,8 * 1,1) \left(1 + \frac{0,148 + 0,17}{100} \right) = 10,67 \text{ хв}$$

Підготовчо-заключний час:

- час на організаційну підготовку: $t = 5$ хв;
- час на налагодження програм верстата, ріжучого інструменту: $t = 6$ хв;
- час на оброблення пробної деталі, приймаємо норму часу більшу в 1,5 рази
: $t = 1,5 * 10,67 = 16$ хв;

$$T_{п.з.} = 5 + 6 + 16 = 27 \text{ хв.}$$

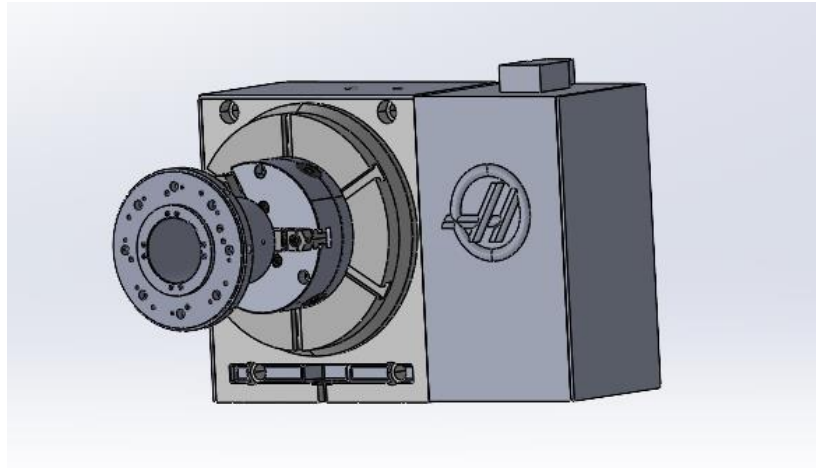
Визначаємо норму штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{шт.к} = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 10,67 + \frac{27}{250} = 10,78 \text{ хв}$$

3. Конструкторський розділ

3.1. Операція 025

Для операції 025, яка передбачає свердління та обробку отворів на циліндричній поверхні, було обрано пристрій HRT310 після всебічного аналізу вхідних даних. Цей аналіз включав оцінку розміру заготовки, виду необхідних оброблень, довжини інструменту для оброблення, а також вартості станків, що підходять для виконання цієї операції. Крім того, враховувалися технічні характеристики пристрою, його надійність та продуктивність, а також можливості інтеграції в існуючий виробничий процес. Вибір HRT310 забезпечує оптимальну якість обробки та ефективність виробництва, що дозволяє знизити виробничі витрати та підвищити загальну продуктивність.



HRT310



Опис

Для встановлення середніх і великих деталей або кріплень рішенням є серія поворотних столів HRT із Т-подібними пазами. Ці зносостійкі, надміцні столи можна встановити вертикально або горизонтально для збільшення універсальності обробки. Патрони та кріплення можна легко прикрутити до стола, використовуючи шість Т-подібних пазів, а великі наскрізні отвори дозволяють

подавати прутки та задовольняти особливі вимоги до встановлення місця кріплення.

Ціна: 18.595 €

Точність: $\pm 15 \text{ arc-sec}$

Роздільна здатність: 0.001 °

Максимальна вага на плиті (без опори): 98.7 кг

3.1.1. Розрахунок затискної системи

Сила різання: $P_0 = 10C_p D^q s^y k_p$

Де C_p – коефіцієнт, що враховує умови оброблення 143

x, y, q – показники степенів, що виражають вплив глибини різання, подачі та швидкості різання відповідно на головну складову сили різання, $-0.7, 1$

Коефіцієнт K_p , що враховує фактичні умови обробки, у цьому випадку залежить тільки від матеріалу оброблюваної заготовки і визначається виразом $K_p = K_{mp} = 0.65$

$$P_0 = 10C_p D^q s^y k_p = 10 * 143 * 5^{0.7} 0,168^1 * 0,65 = 481.76 \text{ Н}$$

$$M_0 = 10C_M D^q s^y k_p = 10 * 0.041 * 5^2 0,168^{0.7} * 0,65 = 119 \text{ Н}$$

$$Q = k \frac{M_0}{3fR_1} + k \frac{P_0}{3f} = 5.2 \text{ кН}$$

f – сила тертя 0,32

K -коефіцієнт запасу 1,8

R - радіус деталі 115 мм

5,2кН \leq 32кН патрон зможе забезпечити дану силу затиску

3.1.2. Розрахунок похибок базування

$$\varepsilon_0 = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}$$

$\varepsilon_0 = 0$ – суміщення технологічної та вимірювальної баз;

$\varepsilon_3 = 200 \text{ мкм}$ (штампрована заготовка).

3.2. Операція 030

Основні переваги використання ЗРП:

- Універсальність: можуть використовуватись для різних видів завдань та проектів, що робить їх дуже універсальними. Це зменшує необхідність в придбанні окремих пристроїв для кожного завдання.

- Економічність: зазвичай коштує менше, ніж придбання окремих пристроїв. Крім того, вони зазвичай мають довший термін служби, що дозволяє економити на заміні та обслуговуванні окремих елементів.

- Простота використання: зазвичай прості в користуванні. Більшість з них мають ергономічний дизайн та простий інструкції.

- Множинні функції: мають багато функцій та можливостей. Це забезпечує більше можливостей для використання в різних проектах та завданнях.

- Висока якість роботи: мають високу якість виготовлення, що гарантує високу точність оброблення. Вони виготовляються з високоякісних матеріалів та забезпечують довготривале використання.

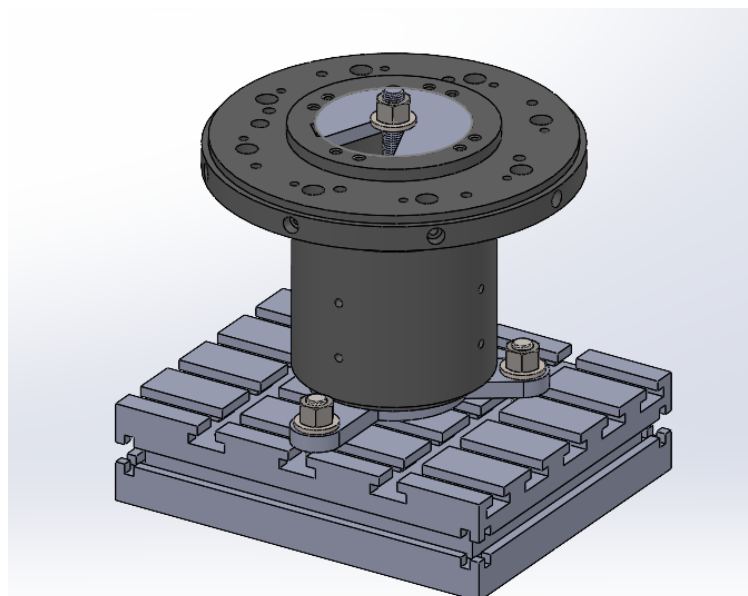
- Менше часу на налаштування: зазвичай мають менше налаштувань та менше потребують підготовки перед використанням. Це забезпечує економію часу та зручність використання.

- Більш ефективне використання простору: За рахунок того, що РЗП можуть виконувати багато різних завдань, це дозволяє ефективніше використовувати простір робочого місця.

- Менше підтримки та обслуговування: потребують менше обслуговування та підтримки, оскільки вони мають менше частин, які можуть зламатися або потребувати заміни.

Пристрій складається зі стандартних елементів УЗП та плити спеціальної. Плита базова є основою пристрою і використовується для монтажу елементів базування та кріплення деталі.

Для базування заготовки деталі в пристрої використовуються плита спеціальна, а також фланець з виступом під паз і зажимається та центрується конусом.



3.2.1. Точність установки для операції 030

$$\varepsilon = \varepsilon_T + \frac{IT_D}{2} + \frac{IT_d}{2} = 0.5 + 0.5 + 0.18 = 1.18 \text{ мм}$$

IT_D – допуск шпон. пазу на деталі

IT_d – допуск виступу під шпон. паз

3.2.2. Розрахунок затискної системи

Розрахунок затискної системи верстатного пристрою проводимо поетапно згідно алгоритмів проектного розрахунку. На першому етапі розраховуємо необхідну силу затиску заготовки. Для визначення сили затиску застосовуємо умову граничної рівноваги заготовки під дією сил різання та крутних моментів. Для цього представляємо розрахункову схему сил та моментів, що діють на заготовку і проводимо аналіз всіх можливих випадків зміщення заготовки. З умови рівноваги заготовки визначаємо силу затиску та вибираємо найбільше її значення для подальших розрахунків.

При розрахунку схем приймаємо такі спрощення:

- не беремо до уваги силу ваги (G) заготовки;
- пружні властивості затискного механізму і опор не враховуємо;

Розрахуємо коефіцієнт запасу закріплення заготовки:

$$K = K_0 * K_1 * K_2 * K_3 * K_4 * K_5 * K_6,$$

де K_0 – гарантований коефіцієнт запасу, приймаємо 1.5.

K_1 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через нерівномірність припуску на оброблюваних поверхнях, приймаємо 1,2.

K_2 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через затуплення різального інструмента, приймаємо 1,2.

K_3 – коефіцієнт, що враховує збільшення сили різання через переривчасте різання, приймаємо 1,0.

K_4 – коефіцієнт, що враховує вид приводу пристосування, оскільки ручний затиск приймаємо 1,3.

K_5 – коефіцієнт, що характеризує зручність розташування руків'я у ручних затискачах, приймаємо 1,0.

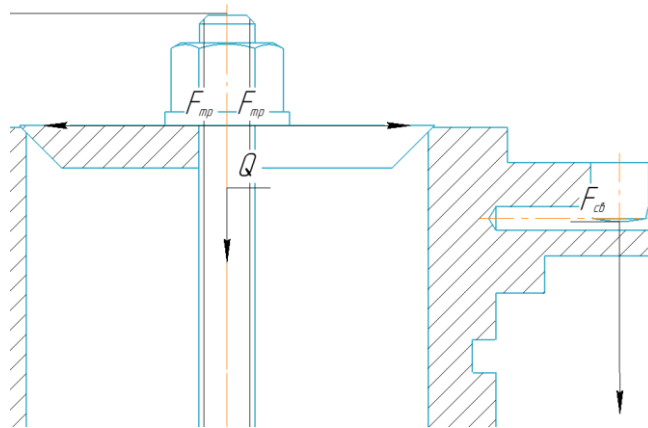
K_6 – коефіцієнт, що враховує наявність моментів, які прагнуть повернути заготовку на опорах, приймаємо 1,0.

$$K = 2,8$$

$$\text{Сила різання } F_{\text{св}} = 1658 \text{ Н}$$

3.2.3. Зміщення заготовки в напрямку дії сили різання

Оскільки опорні елементи важільних механізмів короткі, конструкцію можна вважати жорсткою, а отже сили тертя між планками і заготовкою будуть враховуватись .



$$P_{\text{св}} * k = 4F_{\text{тр}}$$

$$F_{\text{тр}} = Q \cdot f;$$

$$Q = \frac{Pz * k}{2f} = \frac{1658 * 2,8}{0,64} = 6387,5 \text{ Н}$$

3.2.4. Розрахунок силових механізмів пристрою

Розрахуємо зусилля W за формулою:

$$W * l * \eta = Q * L$$

$$W = \frac{Q * L}{l * \eta}$$

де i – передавальне число механізмів, η – ККД, який враховує тертя між опорою і прихватом, приймаємо 0,95.

$$W = \frac{6387,5 * 84}{65 * 0,95} = 8690 \text{ Н}$$

3.2.5. Розрахунок сили, яку необхідно прикласти до ключа для затиску заготовки

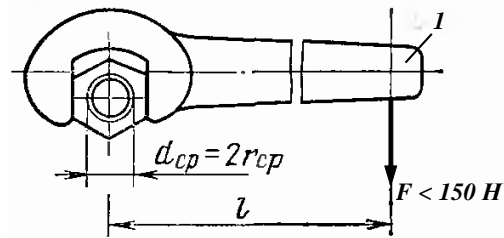


Рис. 24. Схема для розрахунку сили F , яка прикладається на рукоятці
Для порівняння з методом описаним вище, щоб точно оцінити зусилля F_p , яке потрібно прикласти, розрахуємо за формулою:

$$F_p = \frac{W[r_{cp} * \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + 0,33f * \frac{D_H^3 - D_B^3}{D_H^2 - D_B^2}]}{l}$$

де d – номінальний зовнішній діаметр різьби, приймаємо $d = 12$ мм;

r_{cp} – середній радіус різьби $r_{cp} = 0,45d = 5,4$ мм;

α – кут підйому гвинта різьби, $\alpha \approx 2^\circ 30'$;

$\varphi_{пр}$ – приведений кут тертя, $\varphi_{пр} \approx 6^\circ 30'$;

f – коефіцієнт тертя, $f = 0,16$;

D_H – зовнішній діаметр опорного торця гайки, $D_H = 18$ мм;

D_B – внутрішній діаметр опорного торця гайки, $D_B = d = 12$ мм;

Візьмемо довший ключ, оскільки сила перебільшує допустимі 150Н.

l – довжина ключа, $l = 200$ мм.

$$F_p = \frac{8690[5,4 * \operatorname{tg}(9^\circ) + 0,33 * 0,16 * 22,8]}{200} = 89,468 \text{ Н}$$

Робітник не може застосувати до ключа сили більше, ніж 150 Н, щоб не перевищувати максимально допустиме зусилля.

Отже, цим розрахунком, підтверджено, що зусилля робітника знаходиться в межах норми.

3.2.6. Розрахунок різьби на міцність

Розрахуємо різьбу на міцність при розтягуванні.

Внутрішній діаметр різьби М12: $d=10,160$ мм;

Сила розтягу: $W = 8268$ Н.

Формула для визначення напружень для такого виду навантаження:

$$\sigma = \frac{W}{S} = \frac{4W}{\pi d^2} \leq [\sigma]$$

Отримаємо:

$$\sigma = \frac{4 * 8690}{\pi 10,160^2} = 107 \text{ МПа} < [\sigma] = 690 \text{ Мпа}$$

4. Економічний розділ

4.1. Розрахунок собівартості заготовки

Матеріал:

$$C_m = k_{к.з.} \cdot q_m \cdot C_m = 1,08 * 85 * 1,5 = 137,7 \text{ грн/шт}$$

де q_m – норма витрат матеріалу на одиницю продукції. Приймається $q_m = 1,5$ кг/шт.

C_m – ціна 1 кг матеріалу. Для сталі 45Х $C_m = 85$ грн/кг

$k_{т.з.}$ – коефіцієнт, який характеризує транспортно-заготівельні витрати. Для розрахунку приймається $k_{т.з.} = 1,08$.

Заготовка:

$$\text{На 1} - 85 * 13,82 * 1,18 = 1386 \text{ грн}$$

$$\text{На партію} - 85 * 13,82 * 4000 * 1,18 = 5544584 \text{ грн}$$

Відходи:

$$C_v = q_v \cdot C_v = 1,5 * 15 = 25,5 \frac{\text{грн}}{\text{шт}}$$

де q_v – кількість зворотних відходів на одиницю продукції, $q_v = 1,5$ кг/шт.; C_v – ціна одиниці зворотних відходів, $C_v = 15$ грн/кг.

Паливо та енергія:

$$C_{ен} = C_{ен} \cdot n_o \cdot N_v \cdot T_p \cdot k_{еч} \cdot k_{еп} = 263209 \text{ грн}$$

$$\text{На 1 деталь: } 263209 / 4000 = 65,8 \text{ грн}$$

де $C_{ен}$ – тарифи за один кВт·год електроенергії, $C_{ен} = 4,32$ грн;

n_o – кількість встановленого обладнання, де електроенергія використовується як технологічна, $n_o = 2$;

N_v – встановлена потужність обладнання, $N_v = 22,4$ кВт

T_p – річний корисний фонд часу роботи обладнання, $T_p = 2000$ годин

$k_{еч}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за часом, $k_{еч} = 0,85$

$k_{еп}$ – коефіцієнт використання електрообладнання за потужністю, $k_{еп} = 0,8$.

5. Список використаної літератури

1. Адаменко О.І., Герасимчук О.М., Майданюк С.В. – Допуски, посадки та технічні вимірювання. Практикум. Частина 1 / Івано-Франківськ: Симфонія форте, 2016.
2. Біланенко, В. Г. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / В. Г. Біланенко, В. П. Приходько, О. О. Мельник ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,8 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.
3. "Курсовое проектирование по Технологии машиностроения" - А. Ф. Горбачевич, В. Н. Чеботарев, В. А. Шкред
4. "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 1. Нормативы времени" - М.: Экономика, 1990 г.
5. "Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть 2. Нормативы режимов резания" - М.: Экономика, 1990 г.
6. "Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник" - Кузнецов Ю.И. и др. - М.: Машиностроение, 1990 г.
7. Приходько В.П. Проектування оснащення верстатів, роботів і машин [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізацією «Комп'ютерне проектування верстатів, роботів і машин» / НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» ; уклад. В. П. Приходько, О. В. Литвин. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,0 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – 211 с. . –
8. Приходько В.П. РОЗРОБЛЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК КОНСТРУКЦІЙ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ. Методичні матеріали до виконання курсового і дипломного проектів [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів

спеціальності 131 «Прикладна механіка» – Електронні текстові дані (1 файл: pdf.- 4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 89 с.

9. Ковалёва Н.В., Наталюткина И.А. – Силовой расчет и механизмы станочных приспособлений / Дружковка, 2007.

10. "Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах Т1" - Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1986 г.

11. "Справочник технолога-машиностроителя В 2-х томах Т2" - Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова - М.: Машиностроение, 1986 г.

12. Конспект лекцій з дисципліни «Технологічна Оснастка - 1» для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» / В.В. Медведєв ; КПІ ім.І.Сікорського. Київ, 2020 – 68 с.

13. "Технологічна оснастка. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт"- Медведєв В.В., Павліченко П.О. - Київ: НТУУ "КПІ", 2020.

14. Методичні вказівки та завдання для розрахунково-графічної роботи з дисципліни «ПРОЕКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОСНАСТКИ».

15. Коваленко В.В., Біланенко В.Г., Кислюк А.М. – Методичні вказівки та контрольні завдання з дисципліни "Теорія різання". Розрахунок режимів різання при точінні / Київ: КПІ, 1993.

16. Данилова Л.М., Задерей О.М. – Розрахунок припусків. Методичні вказівки з дисципліни "Технологія машинобудування" / Київ: Політехніка, 2014.

17. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни «Проектування та виробництво заготовок» для студентів спеціальності 131. «Прикладна механіка». Проектування та виробництво литих заготовок. (Частина І). Укладачі: Добрянський С.С., к.т.н., доц., Малафєєв Ю.М., к.т.н., доц. / НТУУ «КПІ», 2017. - 42ст.

18. Кузнєцов Ю.И. и др. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник. – М.: Машиностроение, 1990.-512с

19. В. С. Кушнер, А. С. Верещака, А. Г. Схиртладзе, Д. А. Негров, О. Ю. Бургонова Материаловедение: практикум Учебное пособие Издание 2-е дополненное и переработан

ДОДАТКИ

Додаток А



Верстат горизонтально-токарний HAAS ST-25

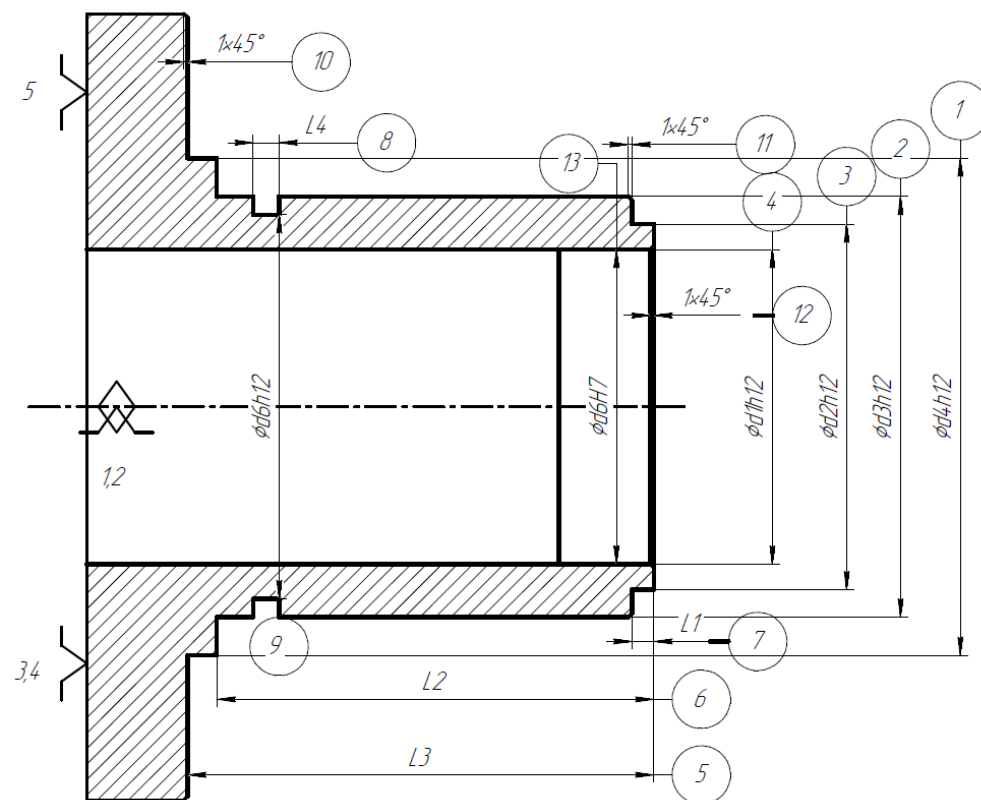
Параметри	Значення
Робочі переміщення	
Переміщення по осі X	239 мм
Переміщення по осі Z	829 мм
Розмір патрона	254 мм
Інструмент	
Тип головки	40VDI
Кількість інструменту в магазині	12
Шпиндель	
Торець шпинделя	A2-6
Максимальна швидкість	3400 об/хв
Максимальний крутний момент / при 500 об / хв /	407 Нм
Максимальна потужність шпинделя	22,4 кВт
Швидкість подачі:	
Прискорені переміщення по осях X, Z	24 м/хв



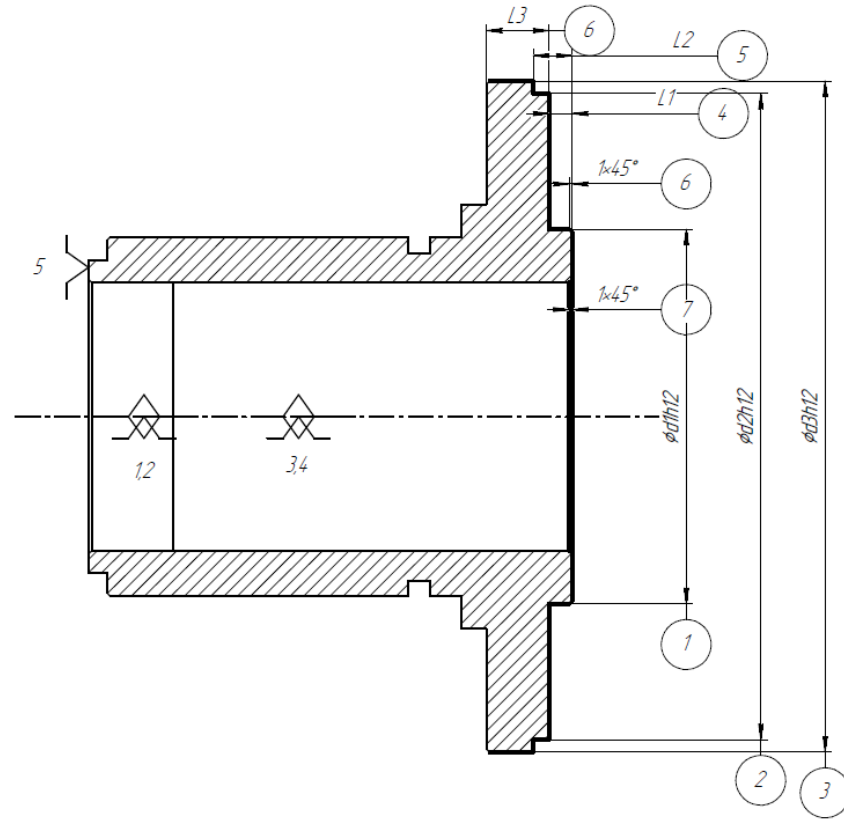
Вертикально-фрезерний ЧПУ VF-3

Параметри	Значення
Робочі переміщення	
Переміщення по осі X	1016 мм
Переміщення по осі Y	508 мм
Переміщення по осі Z	635 мм
Стіл	
Поверхня столу X x Y 457 x 914 мм	457 x 914 мм
Максимальна вага на столі (рівномірно розподілений)	1588 кг
Інструмент	
Кількість інструменту в магазині	20 / 30+1 / 50+1
Максимальний діаметр інструмента	89 мм
Час зміни інструменту (середнє)	4,2 сек
Шпиндель	
Конус шпинделя	40 ISO
Тип приводу	прямий
Максимальна швидкість	8100 об/хв
Максимальний крутний момент / при 2000 об / хв /	122 Нм
Максимальна потужність шпинделя	22,4 кВт

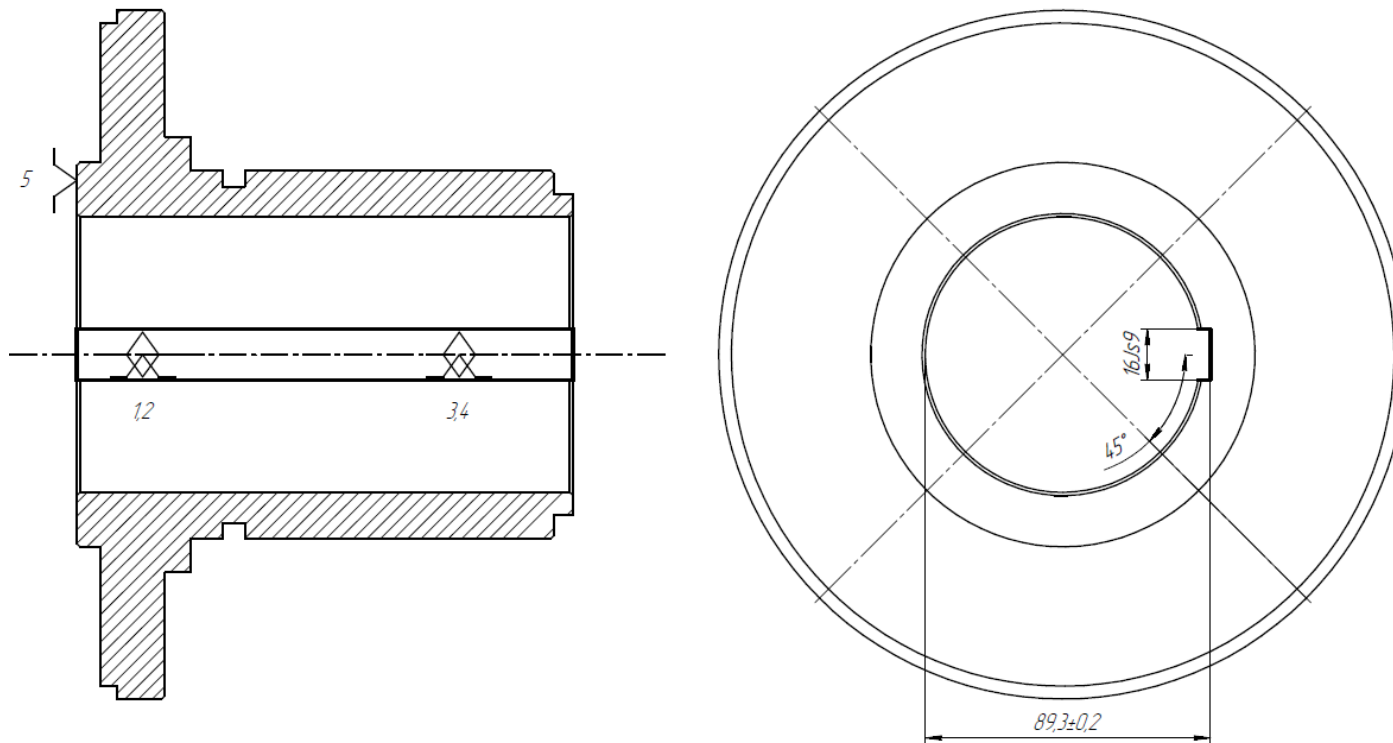
Дубл.														
Взам.														
Підп.										Зм	Арк	№ Док	Підп	Дата
Розроб.	Шваб І.А.													
Перев.	Субін А.А.													
Затв.	Субін А.А.													
Н.контр.														
									Токарна			HAAS ST-25		
									Фланець шпинделя					
														005



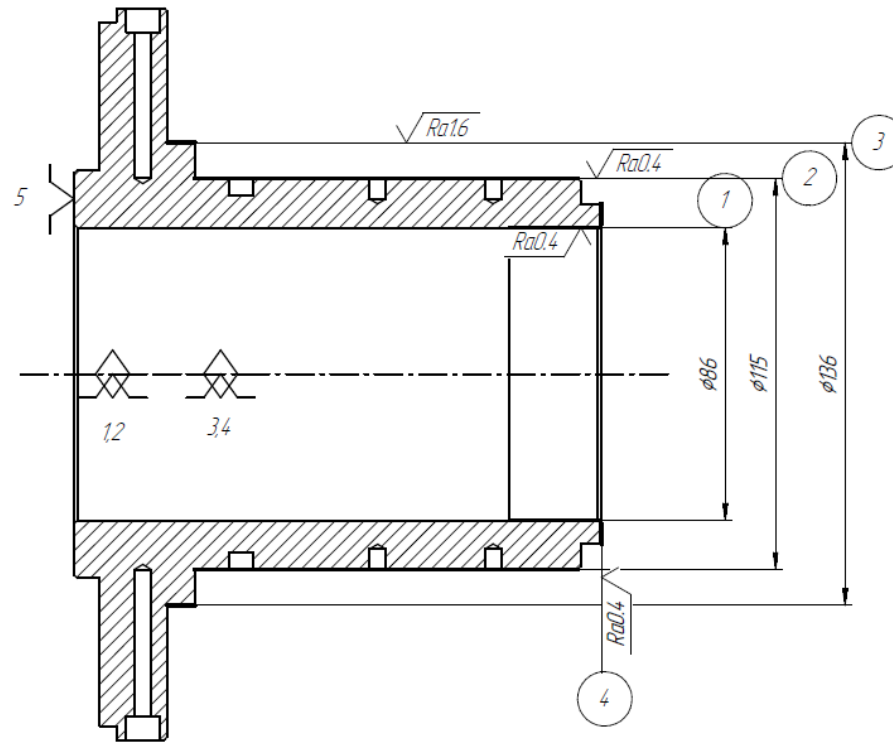
Дубл.														
Взам.														
Підп.									Зм	Арк	№ Док	Підп	Дата	
Розроб.	Шваб І.А.					Токарна			HAAS ST-25					
Перев.	Субін А.А.					Токарна			HAAS ST-25					
Затв.	Субін А.А.					Фланець шпинделя							010	
Н.контр.						Фланець шпинделя							010	



Дубл.																		
Взам.																		
Підп.										Зм	Арк	№ Док	Підп	Дата				
Розроб.	Шваб І.А.																	
Перев.	Субін А.А.								Токарна			НААС ST-25						
Затв.	Субін А.А.								Фланець шпинделя									
Н.контр.																		020



Дубл.														
Взам.														
Підп.										Зм	Арк	№ Док	Підп	Дата
Розроб.	Шваб І.А.													
Перев.	Субін А.А.													
Затв.	Субін А.А.													
Н.КОНТР.														
Шліфувальна										Круглошліфувальний верстат Сормак MW 320x1000				
Фланець шпинделя										040				



Додаток В

O25001	G01 Z105,5. F164.	G99 G83 Z57.5 R2 Q4
G53 G40 G49 G80	G00 X-19,5 Z110	F114
G17 G21 G54 G90	G00 X-88,5 Z110	A45
T01 M06	G00 X-88,5 Z59,5	X-19,5
G43 H01	G01 Z55,5. F164.	A90
G00 X0 Y0 Z120	G00 X-88,5 Z59,5	X-19,5
M03 S3590	G00 X-122,5 Z59,5	A135
G00 X-19,5 Z110 M08	G01 Z55,5. F164.	X-19,5
G01 Z105,5. F164.	G00 X-122,5 Z59,5	A180
G00 X-19,5 Z110	A225	X-19,5
G00 X-88,5 Z110	G00 X-88,5 Z110	A225
G00 X-88,5 Z59,5	G00 X-19,5 Z110	X-19,5
G01 Z55,5. F164.	G01 Z105,5. F164.	A270
G00 X-88,5 Z59,5	G00 X-19,5 Z110	X-19,5
G00 X-122,5 Z59,5	A270	A315
G01 Z55,5. F164.	G01 Z105,5. F164.	X-19,5
G00 X-122,5 Z59,5	G00 X-19,5 Z110	G80
A45	G00 X-88,5 Z110	A0
G00 X-88,5 Z110	G00 X-88,5 Z59,5	G00 X-88,5 Z110
G00 X-19,5 Z110	G01 Z55,5. F164.	G00 X-88,5 Z59.5
G01 Z105,5. F164.	G00 X-88,5 Z59,5	G99 G81 Z51.5 R2 F114
G00 X-19,5 Z110	G00 X-122,5 Z59,5	A45
A90	G01 Z55,5. F164.	X-88,5
G01 Z105,5. F164.	G00 X-122,5 Z59,5	A90
G00 X-19,5 Z110	A315	X-88,5
G00 X-88,5 Z110	G00 X-88,5 Z110	A135
G00 X-88,5 Z59,5	G00 X-19,5 Z110	X-88,5
G01 Z55,5. F164.	G01 Z105,5. F164.	A180
G00 X-88,5 Z59,5	G00 X-19,5 Z110	X-88,5
G00 X-122,5 Z59,5	M05 M09	A225
G01 Z55,5. F164.	A0	X-88,5
G00 X-122,5 Z59,5	G00 X-19,5 Z200	A270
A135	T02 M06	X-88,5
G00 X-88,5 Z110	G43 H02	A315
G00 X-19,5 Z110	G00 X0 Y0 Z120	X-88,5
G01 Z105,5. F164.	M03 S1220	G80 A0
G00 X-19,5 Z110	G00 X-19,5 Z110 M08	G00 Z200
A180		M05 M09

T03 M06
G43 H03
G00 X0 Y0 Z120
M03 S1130
G00 X-19,5 Z110 M08
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A45
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A90
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A135
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A180
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A225
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A270
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z110
A315
G00 X-19,5 Z110
G01 Z99,5. F205.
G00 X-19,5 Z200
M05 M09
A0
T04 M06
G43 H04
G00 X-19,5 Y0 Z110

M03 S2850
G00 X-19,5 Y0 Z108
G95 G84 X-19,5 Y0 Z99.5
R2 F107.5
A45
X-19,5 Y0 Z108
A90
X-19,5 Y0 Z108
A135
X-19,5 Y0 Z108
A180
X-19,5 Y0 Z108
A225
X-19,5 Y0 Z108
A270
X-19,5 Y0 Z108
A315
X-19,5 Y0 Z108
G80 G94
A0
G00 X-19,5 Z200
M05 M09
M30

Додаток Г	G00 X0 Y-84 Z-30.5	G00 X-75.27 Y43.45 Z-
O00030	G01 Z-32.5 F164	30.5
G53 G40 G49 G80	G00 X0 Y-84 Z-30.5	G00 X-59.94. Y59.94 Z-
G17 G21 G54 G90	G00 X-13.14 Y-82.91 Z-	30.5
T01 M06	30.5	G01 Z-32.5 F164
G43 H01	G01 Z-32.5 F164	G00 X-59.94. Y59.94 Z-
G00 X0 Y0 Z15	G00 X-13.14 Y-82.91 Z-	30.5
M03 S3590	30.5	G00 X-49.34 Y67.91 Z-
G00 Z15 Y-7.67 M08	G00 X-43.45. Y-75.27 Z-	30.5
G00 X48.4 Y-7.67 Z-23	30.5	G01 Z-32.5 F164
G01 Z-25 F164	G01 Z-32.5 F164	G00 X-49.34 Y67.91 Z-
G00 X48.4 Y-7.67 Z-23	G00 X-43.45. Y-75.27 Z-	30.5
G00 X48.4 Y7.67 Z-23	30.5	G00 X-28.47 Y70.47 Z-
G01 Z-25 F164	G00 X-59.94. Y-59.94 Z-	30.5
G00 X48.4 Y7.67 Z-23	30.5	G01 Z-32.5 F164
G00 X7.67 Y48.4 Z-23	G01 Z-32.5 F164	G00 X-28.47 Y70.47 Z-
G01 Z-25 F164	G00 X-59.94. Y-59.94 Z-	30.5
G00 X7.67 Y48.4 Z-23	30.5	G00 X-11.89 Y75.06 Z-
G00 X-7.67 Y48.4 Z-23	G00 X-67.91 Y-49.34 Z-	30.5
G01 Z-25 F164	30.5	G01 Z-32.5 F164
G00 X-7.67 Y48.4 Z-23	G01 Z-32.5 F164	G00 X-11.89 Y75.06 Z-
G00 X-48.4 Y7.67 Z-23	G00 X-67.91 Y-49.34 Z-	30.5
G01 Z-25 F164	30.5	G00 X0 Y84 Z-30.5
G00 X-48.4 Y7.67 Z-23	G00 X-75.06 Y-11.89 Z-	G01 Z-32.5 F164
G00 X-48.4 Y-7.67 Z-23	30.5	G00 X0 Y84 Z-30.5
G01 Z-25 F164	G01 Z-32.5 F164	G00 X13.14 Y82.91 Z-
G00 X-48.4 Y-7.67 Z-23	G00 X-75.06 Y-11.89 Z-	30.5
G00 X-7.67 Y-48.4 Z-23	30.5	G01 Z-32.5 F164
G01 Z-25 F164	G00 X-84 Y0 Z-30.5	G00 X13.14 Y82.91 Z-
G00 X-7.67 Y-48.4 Z-23	G01 Z-32.5 F164	30.5
G00 X7.67 Y-48.4 Z-23	G00 X-84 Y0 Z-30.5	G00 X43.45 Y75.27 Z-
G01 Z-25 F164	G00 X-82.91 Y13.14 Z-	30.5
G00 X7.67 Y-48.4 Z-23	30.5	G01 Z-32.5 F164
G00 X11.89 Y-75.06 Z-23	G01 Z-32.5 F164	G00 X43.45 Y75.27 Z-
G00 X11.89 Y-75.06 Z-	G00 X-82.91 Y13.14 Z-	30.5
30.5	30.5	G00 X59.94. Y59.94 Z-
G01 Z-32.5 F164	G00 X-75.27 Y43.45 Z-	30.5
G00 X11.89 Y-75.06 Z-	30.5	G01 Z-32.5 F164
30.5	G01 Z-32.5 F164	

G00 X59.94. Y59.94 Z-30.5	G99 G83 Z-43.5 R2 Q4 F167	X-49.34 Y67.91
G00 X67.91 Y49.34 Z-30.5	X-59.94. Y-59.94	X67.91 Y49.34
G01 Z-32.5 F164	X-84 Y0	X49.34 Y-67.91
G00 X67.91 Y49.34 Z-30.5	X-59.94. Y59.94	G80
G00 X75.06 Y11.89 Z-30.5	X0 Y84	G00 Z25
G01 Z-32.5 F164	X59.94. Y59.94	G00 X48.4 Y-7.67 Z-23
G00 X75.06 Y11.89 Z-30.5	X84 Y0	G99 G83 Z-37.5 Q4 R2 F175
G00 X84 Y0 Z-30.5	X59.94. Y-59.94	X48.4 Y7.67
G01 Z-32.5 F164	G80	X7.67 Y48.4
G00 X84 Y0 Z-30.5	M05 M09	X-7.67 Y48.4
G00 X82.91 Y-13.14 Z-30.5	G00 Z25	X-48.4 Y7.67
G01 Z-32.5 F164	T03 M06	X-48.4 Y-7.67
G00 X84 Y0 Z-30.5	G43 H03	X7.67 Y-48.4
G00 X82.91 Y-13.14 Z-30.5	M03 S7860	G80
G01 Z-32.5 F164	G00 X11.89 Y-75.06 Z-30.5 M08	M05 M09
G00 X82.91 Y-13.14 Z-30.5	G99 G81 Z-37.5 R2 F173	G00 Z25
G00 X75.27 Y-43.45 Z-30.5	X-75.06 Y-11.89	T06 M06
G01 Z-32.5 F164	X-11.89 Y75.06	G43 H06
G00 X75.27 Y-43.45 Z-30.5	X75.06 Y11.89	M03 S4700
G01 Z-32.5 F164	G80	G00 X48.4 Y-7.67 Z-23 M08
G00 X75.27 Y-43.45 Z-30.5	M05 M09	G01 Z-27 F177
G00 X59.94. Y-59.94 Z-30.5	G00 Z25	G00 X48.4 Y-7.67 Z-23
G01 Z-32.5 F164	T04 M06	G00 X48.4 Y7.67 Z-23
G00 X59.94. Y-59.94 Z-30.5	G43 H04	G01 Z-27 F177
G01 Z-32.5 F164	M03 S5390	G00 X48.4 Y7.67 Z-23
G00 X49.34 Y-67.91 Z-30.5	X-28.47 Y70.47 Z-23 M08	G00 X7.67 Y48.4 Z-23
G00 X49.34 Y-67.91 Z-30.5	G99 G83 Z-42.5 Q4 R2 F173	G01 Z-27 F177
G01 Z-32.5 F164	G80	G00 X7.67 Y48.4 Z-23
G00 X49.34 Y-67.91 Z25	M05 M09	G00 X-7.67 Y48.4 Z-23
M05 M09	G00 Z25	G01 Z-27 F177
T02 M06	T05 M06	G00 X-7.67 Y48.4 Z-23
G43 H02	G43 H05	G00 X-48.4 Y7.67 Z-23
G00 X0 Y-84 Z-30.5 M08	M03 S7900	G00 X-48.4 Y-7.67 Z-23
M03 S4430	G00 X-67.91 Y-49.34 Z-30.5 M08	G01 Z-27 F177
	G99 G81 Z-37.5 R2 F175	G00 X-48.4 Y-7.67 Z-23
		G00 X-7.67 Y-48.4 Z-23

G01 Z-27 F177
G00 X-7.67 Y-48.4 Z-23
G00 X7.67 Y-48.4 Z-23
G01 Z-27 F177
G00 X7.67 Y-48.4 Z-23
M05 M09
T07 M06
G43 H07
G00 X0 Y-84 Z-30.5 M08
M03 S1850
G99 G95 G84 Z-43.5 R2
F104.85
X-59.94. Y-59.94
X-84 Y0
X-59.94. Y59.94
X0 Y84
X59.94. Y59.94

X84 Y0
X59.94. Y-59.94
G80 G94
M05 M09
G00 Z25
T08 M06
G43 H08
G00 X-43.45. Y-75.27 Z-
30.5 M08
M03 S6880
G99 G83 Z-42.5 Q4 R2
F173
X-75.27 Y43.45
X43.45 Y75.27
X75.27 Y-43.45
G80
M05 M09

G00 Z25
T09 M06
G43 H09
G00 X-43.45. Y-75.27 Z-
30.5
M03 S1850
G99 G95 G84 Z-43.5 R2
F56.55
X-75.27 Y43.45
X43.45 Y75.27
X75.27 Y-43.45
G80 G94
M05 M09
G00 Z25
M30