

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»**

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Технологія машинобудування, верстати та інструменти
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи (проекту)

другий (магістерський)
(освітньо-науковий рівень)

на тему

**«Удосконалення технологічного процесу
виготовлення кришки 1.4300.6.7030.009 шляхом
застосування високопродуктивних інструментів та оснастки»**

Виконав: студент ІІ курсу, групи ТМ.м-92
спеціальності: 131 – прикладна
механіка

(шифр і назва спеціальності)

освітньої програми: технології
машинобудування

(назва освітньої програми)

Клименко М. А.
(прізвище та ініціали)

Керівник Кушніров П. В.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Суми – 2020 року

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
«Сумський державний університет»

Інститут, факультет	Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра	Технологія машинобудування, верстати та інструменти
Освітньо-науковий рівень	другий (магістерський) <small>(назва)</small>
Спеціальність	131 – прикладна механіка <small>(шифр і назва)</small>
Освітня програма	технології машинобудування <small>(назва освітньої програми, за наявності)</small>

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри технології
машинобудування, верстатів та
інструментів

_____ Віталій ІВАНОВ

«__» _____ 2020 року

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ (ПРОЄКТУ) СТУДЕНТУ

Клименко Максим Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) **«Удосконалення технологічного процесу виготовлення кришки 1.4300.6.7030.009 шляхом застосування високопродуктивних інструментів та оснастки»**

керівник проекту **Кушніров Павло Васильович, канд. техн. наук, доцент**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «__» _____ 2020 року за № _____

2. Строк подання студентом роботи (проекту) «16» грудня 2020 року

3. Вихідні дані до роботи (проекту) _____

- креслення деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»,

- річний обсяг випуску деталей – 2000 шт.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Актуальність досліджень, визначення завдань досліджень.

2. Дослідити базовий технологічний процес виготовлення деталі «Кришка».

3. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі «Кришка».

4. Наукові дослідження.

5. Розрахунок припусків на обробку.

6. Визначення режимів різання, технічне нормування операцій.

7. Проектування верстатного пристрою.

8. Креслення заготовки, маршруту обробки, налагодження.

9. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

5. Консультанти розділів роботи (проєкту)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	Фалько В. В., ст. викладач кафедри ЕтаПТ		

6. Дата видачі завдання «10» вересня 2020 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи (проєкту)	Строк виконання етапів роботи (проєкту)	Примітка
1	Аналіз базового процесу обробки кришки 1.4300.6.7030.009	02.10.2020	
2	Удосконалення технологічного процесу обробки кришки 1.4300.6.7030.009	14.10.2020	
3	Проектування спеціального верстатного пристрою	29.10.2020	
4	Наукові дослідження	08.11.2020	
5	Розділ з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	16.11.2020	
6	Формулювання загальних висновків	25.11.2020	
7	Оформлення роботи	29.11.2020	
8	Підготовка презентації	10.12.2020	
9	Підготовка доповіді	15.12.2020	

Студент

_____ (підпис)

Максим КЛИМЕНКО

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи (проєкту)

_____ (підпис)

Павло КУШНІРОВ

_____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Кафедра «Технологія машинобудування, верстати та інструменти»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідуючий кафедрою

_____ Віталій ІВАНОВ

«___» грудня 2020 р.

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ КРИШКИ 1.4300.6.7030.009 ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ВИСОКОПРОДУКТИВНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ТА ОСНАСТКИ

Кваліфікаційна робота (проект) магістра
Спеціальність 131 – прикладна механіка

Студент

М. А. Клименко

Керівник

П. В. Кушніров

Консультант з розділу охорони праці
та безпеки в надзвичайних ситуаціях

В. В. Фалько

Нормоконтроль

О. В. Івченко

Суми – 2020

РЕФЕРАТ

Записка: 108 с., 18 рис., 10 табл., 9 додатків, 53 посилань.

Об'єктом розробки є «Кришка 1.4300.6.7030.009», яка входить до відцентрового насоса.

В магістерській випускній роботі було проаналізовано службове призначення відцентрового насоса та деталі «Кришка». Були вивчені технічні вимоги при виготовленні деталі. Ми обґрунтували метод отримання заготовки (обробка тиском), розрахували припуски та допуски на діаметральний розмір.

Для операцій 020 та 045 було проаналізовано схеми базування «Кришки»; обрано металорізальні верстати, верстатні пристрі, інструменти; проведено розрахунок режиму різання.

Спроектовано верстатний пристрій для комплексної з ЧПК операції. Досліджено параметри процесу обробки тиском. Проведено комп'ютерне моделювання деформацій за допомогою програмного комплексу Deform 2D/3D.

Оформлено карти технологічного процесу для деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009».

КРИШКА, АНАЛІЗ, ПОКОВКА, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, ДОПУСК, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ТИП ВИРОБНИЦТВА, ВЕРСТАТНИЙ ПРИСТРІЙ, ДОСЛІДЖЕННЯ

SUMMARY

Report: 108 pages, 10 tables, 18 pictures, 9 additions, 53 sources.

The object of researching is «Cover 1.4300.6.7030.009», which is included in the centrifugal pump.

In the master's thesis was analyzed the purpose of the centrifugal pump and part «Cover». The technical requirements for the manufacture of part was studied. We substantiated the method of obtaining the workpiece (pressure treatment), calculated the allowances and tolerances for the diametrical size.

For operations 020 and 045, the base schemes of the «Cover» were analyzed; metal-cutting machines, machine tools, tools were selected; the cutting mode was calculated.

A fixture for complex CNC operation is designed. The parameters of the pressure treatment process are investigated. Computer modeling of deformations by means of the Deform 2D/3D software package is carried out.

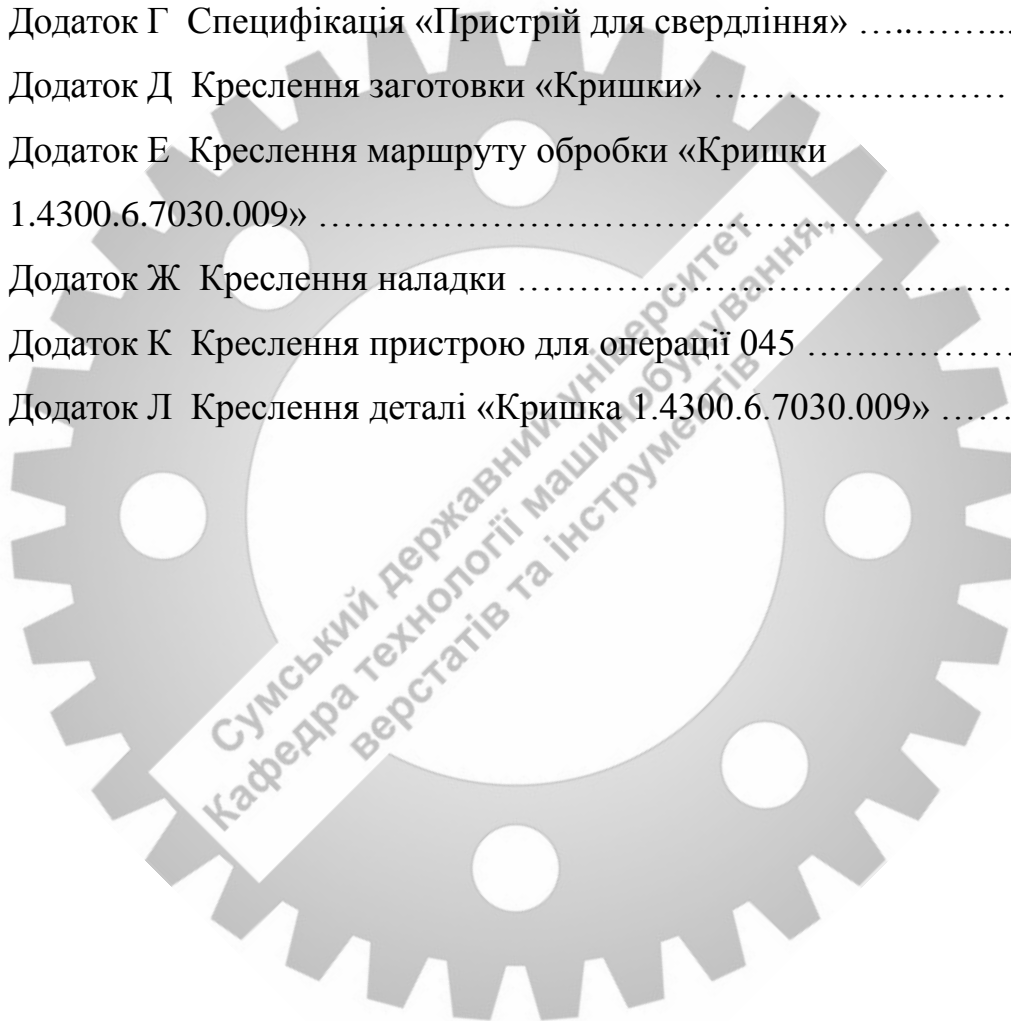
Technological process maps for the part «Cover 1.4300.6.7030.009» are issued.

COVER, ANALYSIS, FORGING, TECHNOLOGICAL PROCESS, TOLERANCE, CUTTING TOOL, TYPE OF PRODUCTION, MACHINE DEVICE, RESEARCH

ЗМІСТ

	с.
Вступ	4
1 Розділ 1. Аналіз технологічного процесу виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009»	7
1.1 Аналіз службового призначення вузла, виробу, деталі «Кришка». Опис їх конструктивних особливостей і умов експлуатації	7
1.2 Аналіз технічних умов з вимогами до конструкції деталі «Кришка». Визначення технологічних завдань для виготовлення	12
1.3 Характеристика заданого типу виробництва і форм організації	15
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі «Кришка»	16
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу обробки «Кришки 1.4300.6.7030.009»	19
1.6 Висновки й завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»	21
2 Розділ 2. Удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»	22
2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009»	22
2.2 Вибір з обґрунтуванням способів виготовлення вихідної заготовки ...	23
2.3 Розрахунки припусків на обробку поверхні $\varnothing 250(-0,05; -0,165)$	28
2.4 Призначення та обґрунтування схем базувань і закріплення заготовки деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»	30
2.5 Обґрунтування з вибором металорізальних верстатів	34
2.6 Обґрунтування з вибором верстатних пристроїв, металорізального і вимірювального інструменту	36
2.7 Визначення режимів різання для операцій 020 та 045	38
2.8 Технічне нормування операцій 020 та 045	46
2.9 Проектування верстатного пристрою для операції 045 комплексної з ЧПК	50

3	Розділ 3. Дослідження впливу вогнища деформацій на показники процесу обробки тиском	63
	Висновки	69
	Перелік джерел посилань	70
	Додаток А Охорона праці і безпека у надзвичайних ситуаціях	74
	Додаток Б Матеріали публікації (тези)	98
	Додаток В Розрахунок припусків на обробку $\varnothing 250(-0,05; -0,165)$	101
	Додаток Г Специфікація «Пристрій для свердління»	102
	Додаток Д Креслення заготовки «Кришки»	104
	Додаток Е Креслення маршруту обробки «Кришки 1.4300.6.7030.009»	105
	Додаток Ж Креслення наладки	106
	Додаток К Креслення пристрою для операції 045	107
	Додаток Л Креслення деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»	108



ВСТУП

Роль машинобудування в економіці нашої країни в теперішній час підвищується рік за роком. Дуже велике значення в багатьох галузях народного господарства відіграє продукція вітчизняних машинобудівників. Наприклад, в сільському господарстві держави використовуються автомобілі, трактори, інша сільгосптехніка, що було успішно вироблено на вітчизняних підприємствах. Така продукція наших заводів користується попитом і всередині країни, і за її межами. Але перед вітчизняним машинобудуванням сучасні виклики ставлять і такі нові проблеми як підвищення якості продукції, зростання продуктивності праці, покращення умов праці робітників.

В місті Суми вже давно виготовляють відцентрові насоси, яким відводять провідну роль на атомних і теплових електростанціях. Відцентрові насоси застосовують як живильні насоси для подавання води в парові котли або для відкачування з конденсатора сконденсуваного пара.

Актуальність роботи. Сучасні відцентрові насоси типу ЦНС продовжують відігравати велику роль в багатьох галузях вітчизняного народного господарства. Тому нарощування випуску цих насосів у зв'язку із зростанням нагальної потреби в них і у подальшому є простою необхідністю. Таким чином, впровадження ефективних технологій виготовлення деталей для насосів та самих насосів типу ЦНС, в тому числі деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009», є актуальною задачею для її дослідження в наведеній випускній магістерській роботі.

Зв'язок магістерської роботи із науковими планами, темами або програмами. Тема цієї магістерської роботи відповідає одному з наукових напрямків досліджень кафедри ТМВІ СумДУ за номером 0116U000933 державної реєстрації з розробки та вдосконалення технологічних процесів.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009».

Предмет дослідження. Особливості впливу геометрії вогнища деформацій на енергосилові параметри процесу обробки тиском металів.

Мета досліджень. Підвищення ефективності технології виготовлення деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009» шляхом удосконалення технологічного процесу при застосуванні високопродуктивних пристроїв та різального інструменту.

Завдання дослідження:

- проектування конструкції пристрою для свердлильної операції, що забезпечить показники високої якості та продуктивності обробки;
- обґрунтування методів підвищення ефективності існуючого технологічного процесу виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009»;
- розробка нового більш ефективного технологічного процесу виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009»;
- розробка теоретичних моделей матричних лійок різного профілю для вивчення параметрів процесу обробки тиском.

Методами дослідження є:

- комп'ютерне моделювання за допомогою програмного комплексу Deform 2D/3D;
- здійснення якісного і кількісного аналізів інформації;
- синтез структурно удосконаленого технологічного процесу на основі проведеного теоретичного аналізу.

Наукова новизна досліджень:

- визначено, що удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009» реалізується проектуванням спеціального верстатного пристрою з оптимізацією режимів обробки на операціях;
- визначено, що при обробці тиском площа вогнища деформації стає найбільшою для матричних лійок, які мають опуклі форми;
- визначено, що найбільш оптимальні енергосилові умови можуть бути досягнуті при обробці тиском, де матриця має профіль, виконаний за лінією ковзання.

Значення отриманих результатів на практиці. Отримані результати з досліджень можна рекомендувати до використання на практиці на підприємствах галузевого машинобудування.

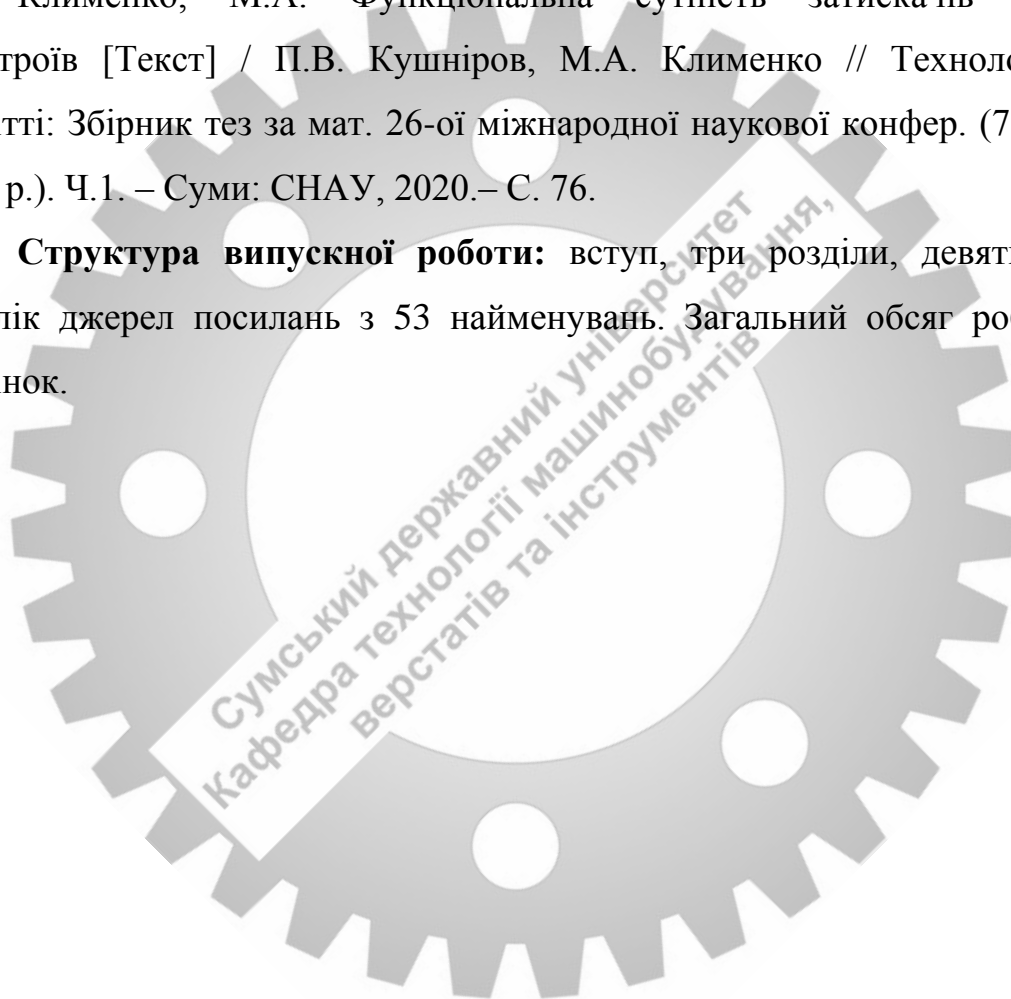
Власний внесок здобувача. Результати проведених досліджень були отримані магістрантом разом із науковим керівником його роботи.

Апробація отриманих результатів. Матеріали магістерської випускної роботи апробовані на 26-й науковій конференції (7 – 9 грудня 2020 р.) «Технології у ХХІ столітті» у Сумському Національному Аграрному університеті.

Публікації. Опублікованими є тези наукової конференції (додаток Б):

Клименко, М.А. Функціональна сутність затискачів верстатних пристроїв [Текст] / П.В. Кушніров, М.А. Клименко // Технології у ХХІ столітті: Збірник тез за мат. 26-ої міжнародної наукової конфер. (7 – 9 грудня 2020 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2020.– С. 76.

Структура випускної роботи: вступ, три розділи, дев'ять додатків, перелік джерел посилань з 53 найменувань. Загальний обсяг роботи є 108 сторінок.



РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ «КРИШКИ 1.4300.6.7030.009»

1.1 Аналіз службового призначення вузла, виробу, деталі «Кришка». Опис їх конструктивних особливостей і умов експлуатації

Відцентрові насоси типу ЦНС виготовляють на вітчизняних машинобудівних підприємствах, зокрема на ВАТ СМНВО, де також випускається продукція для хімічної та нафтової промисловості. Насоси такого типу випускають як на експорт, так і для споживання всередині нашої країни.

Відцентрові насоси типу ЦНС є найпоширенішими з усіх існуючих типів насосів. Насоси мають широкий діапазон подач, що сягає десятків кубічних метрів за секунду. Також ця техніка має високий к. к. д. (до 85%), високі частоти обертань, що сягає десятків тисяч обертів за хвилину, а також напору у декілька тисяч метрів. Такі насоси успішно використовуються у різних галузях вітчизняного народного господарства. Зокрема вони використовуються для водопостачання промислових підприємств або підприємств сільського господарства, для міст та селищ, для відкачування ґрунтової води в гірничорудній промисловості, для роботи на насосних станціях зрошувальних та магістральних каналів.

До складу насосу типу ЦНС входить так зване торцеве газодинамічне ущільнення (ТГДУ), що призначене для запобіганню витоків робочого середовища під час роботи насосу.

Наведемо в таблиці 1.1 основні параметри розглядаемого торцевого ущільнення.

Вузол ТГДУ містить дві послідовно розташовані ступені газодинамічних ущільнень та замикаючий лабіринт. Це так званий вузол ТДТУ, що має тандем із замикаючим лабіринтом. Ступені ТГДУ містять упорне кільце, що закріплене усередині корпусів, та рухомого кільця, що притиснуто набором пружин в осьовому напрямку до опорного кільця. Встановлені на втулці опорні

кільця виконані з твердого сплаву. В осьовому напрямку опорне кільце є нерухомим, а на його робочому торці виконано спеціальні динамічні пази, які мають глибину у декілька мікронів.

Таблиця 1.1 – Основні параметри ТГДУ

№	Найменування параметра	Значення параметра
1.	Тиск ущільнюючого газу, МПа	6,40
2.	Газ ущільнюючий	природний
3.	Частоти обертань ротору, об / хв.	6100
4.	Найбільша подвійна амплітуда радіальних переміщень та вібрацій ротору, мкм	95
5.	Втрата робочих потужностей в ущільненні, кВт	2,0
6.	Найбільше зміщення осьове статорного елемента торцевого ущільнення відносно роторного, мм	±2
7.	Робочі температури пар тертя, °С	до + 125
8.	Найбільше зміщення роторних елементів торцевих ущільнень відносно статорних, мм	±3
9.	Витік через торцеве ущільнення ущільнюючого газу: (в статистиці / в динаміці), нл/хв.	30,0/120,0
10.	Домішки в ущільнюючому газі: розміри частинок, мкм вміщення твердих частинок, мг/м утримання пари масла та краплинної вологи	5 4 не допускаються
11.	Замикаючий газ для продування лабіринтових ущільнень	повітря
12.	Домішки в замикаючому газі для продувки ущільнення: розміри частинок, мкм тверді частинки, мг/м ³ краплинна волога та пар масла	24 мкм 22 не допускаються
13.	Втрата замикаючого газу для продування лабіринтових ущільнень, НУ'/МН	1,2
14.	Маса ущільнення, кг	30

Робочі поверхні упорного та опорного кілець притирають до високої ступені площинності. Вони є основним елементом торцевого ущільнення, ущільнювальною парою.

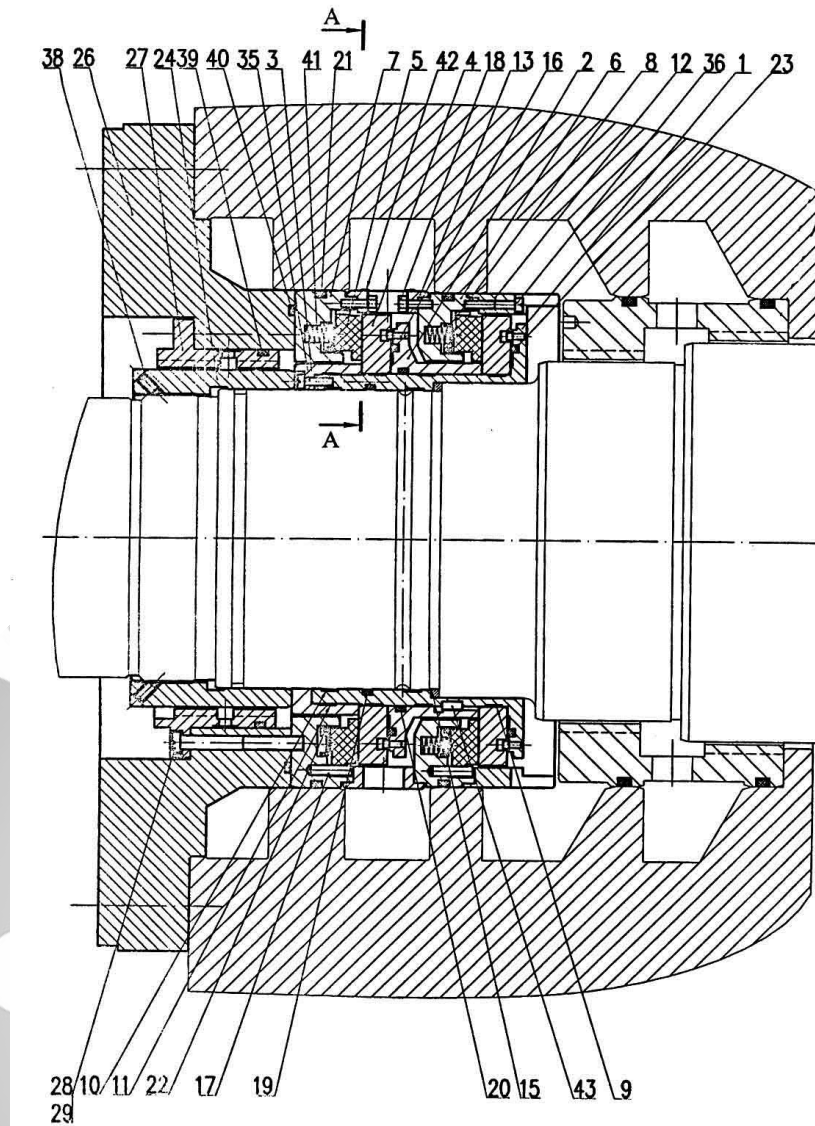


Рисунок 1.1 - Вузол ТГДУ

Газ міститься перед вузлами торцевих ущільнень, він утримується від перетоків завдяки зазорам між спеціальними обоймами, а також ущільнювальним гумовим кільцям. Кільця притискають одне до одного пружинами. Герметизація ущільнення забезпечується контактуванням кілець одне з одним торцевими поверхнями ущільнювачів.

Брудний газ з вирівнюючої камери до торцевого ущільнення не потрапляє: це забезпечується перевищенням тиску всмоктування компресора на 0,20-0,50 кг/см при подачі на першу ступінь ущільнення.

Газ подають спіральними канавками при обертанні ротору до центра торцевих ущільнювальних кілець, де при опорі ущільнюючих пасків він

стискається. Газодинамічна сила, що виникає при цьому, збільшує силу та розсовує вбоки кільця. При певних частотах обертань ротору відбувається віджимання упорних кілець, тому ущільнення починає працювати без контактів. При цьому устанавлюється ущільнювальний зазор завширшки у декілька мікронів, через який робочий газ вільно дроселює з первинним витіком. Такий витік газу після першої ступені ущільнення виводять на так звану свічку.

Зовнішня ущільнювальна пара, що є другою, функціонує при перепадах тиску 0,06...0,2. Вона підстраховує на випадок розгерметизації першої пари, крім того вона замикає первинний витік. При цьому друга пара, коли вступає в роботу, робить запобігання потраплянню робочого газу в порожнини підшипників при аварійних зупинках компресора.

Далі використується ще одна - третя пара ТГДУ, де забезпечують захист від потраплянь природного газу та парів масла в камери підшипників.

Зробимо опис деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009».

Деталь «Кришка 1.4300.6.7030.009» міститься в ущільненні системи газ-мастило. Воно призначена для запобігання попадань газу в зони змашувань та відповідно для змішувань газу з маслом. «Кришка» має деякі особливості конструкції.

Так, дві проточки 7Н12 призначено для утворення ущільнюючих кілець.

Для зливання мастила із підшипника існують п'ять отворів Ø26. Для кріплення кришки використовують два різьбових отвора М12-7Н. Для підведень масла у підшипник зроблено сім отворів Ø18. Суфлерами для випускання газу працюють три отвори Ø22. Таким чином, повністю забезпечують захист від потраплянь природного газу до камер підшипника та потраплянь пару масел до пари тертя ущільнення.

Проведимо аналіз службового призначення поверхонь деталі. На «Кришці» можна виділити поверхні (див. рисунок 1.2):

- основні конструкторські бази (торець 15, що є установчою базою; циліндрична поверхня 11, що є подвійною опорною базою; отвір 3 що є опорною базою);

- допоміжні конструкторські бази (що призначені для приєднання до деталі «Кришка» інших деталей у вузлі;

- виконавчі поверхні;

- вільні поверхні – це інші поверхні (призначені для створення конфігурації деталі та посилення її конструкції.

В таблицях 1.2 та 1.3 наведені матриця зв'язків та таблиця відповідності при базуванні деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009» у вузлі ТГДУ.

Таблиця 1.2 – Матриця зв'язків при базуванні

l, α	x,y,z			База
	X	Y	Z	
l	0	0	1	Установча база у вузлі ТГДУ
α	1	1	0	
l	1	1	0	Подвійна опорна база у вузлі ТГДУ
α	0	0	0	
l	0	0	0	Опорна база у вузлі ТГДУ
α	0	0	1	
Σ	2	2	2	6 ступенів свободи

Таблиця 1.3 – Таблиця відповідності при базуванні

Зв'язки	Ступені свободи	База
1, 2, 3	I, V, VI	Установча база у вузлі ТГДУ
4, 5	II, III	Подвійна опорна база у вузлі ТГДУ
6	IV	Опорна база у вузлі ТГДУ

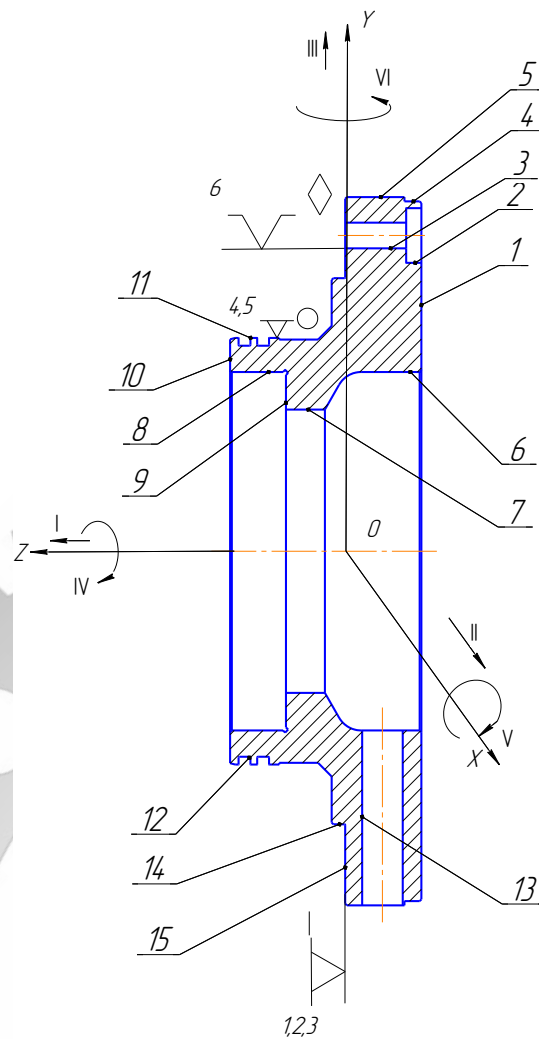


Рисунок 1.2 – Базування деталі «Кришка» у вузлі

1.2 Аналіз технічних умов з вимогами до конструкції деталі «Кришка». Визначення технологічних завдань для виготовлення

Як правило, технічні вимоги на виготовлення деталі визначено службовим призначенням цієї деталі. Можна сказати, що на основі аналізу наявних проєкцій та перетинів робочого креслення, їх кількість є достатньою і вони правильно розміщені. На всіх поверхнях згідно з існуючими стандартами вказано їх розміри, шорсткість та точність, а також проставлено усі необхідні технічні вимоги на виготовлення «Кришки».

Креслення «Кришки» виконано згідно з ЄСКД, воно повністю відповідає діючим стандартам. Основні вимоги до креслень виконано згідно з ГОСТом 2.305-78. Перерізи, види, розміри виконано згідно з ГОСТом 2.307-78. Розмір та граничні відхилення нанесені згідно з ГОСТом 2.309-78. Шорсткість поверхонь виконано згідно з ГОСТом 24643-86.

Аналізуєма деталь «Кришка» є типовим представником деталей класу кришок, її виготовляють з легованої конструкційної сталі 38ХА ГОСТ 4543-71.

Механічні та фізичні властивості сталі представлено в таблиці 1.4.

Сталь 38ХА ГОСТ 4543-71, що необхідно відзначити, має добру оброблюваність різанням.

Таблиця 1.4 - Механічні властивості сталі 38ХА ГОСТ 4543-71

Стан постачання, термообробка	Перетин у, мм	δ_5 , %	σ_{B1} , МПа	σ_{T1} , МПа	ψ_1 , %	КСУ ₁ , Дж/м ²	НВ ₁
Прутки із загартуванням 885 °С. Відпущення 545 °С							
	14	13	935	740	53	77	
Поковки із загартуванням. Відпущення							
КП 392	<120	18	620	390	43	46	185-225
КП 492	<120	17	650	485	43	55	214-245

де було використано такі позначення:

- σ_{T1} - це межі пропорційності, МПа
- σ_{B1} - це межа короточасної міцностей, МПа
- δ_5 - це відносне подовження на розрив, %
- НВ₁ - це твердість по Брінеллю, МПа
- КСУ₁ - це вдарна в'язкість, кДж / м²
- ψ_1 - це відносне звужування, %

Пред'являемі конструктором вимоги до деталі полягають у наступному.

До деталі «Кришка» встановлено наступні допуски форми та розташування:

допуски площинності 0,03 торцевих поверхонь; позиційний допуск 12 отворів $d = 22$ мм; допуск биття торцевої поверхні $d = 112h9$ відносно бази Ж – 0,04 мм; позиційний допуск 2 отворів $d = 15$ мм; допуск радіального биття поверхні $d = 215,5$ мм відносно бази Ж – 0,04 мм; допуск радіального биття поверхні $d = 320h6$ мм відносно бази Ж – 0,03 мм; допуск радіального биття поверхні $d = 250f9$ мм відносно бази Ж – 0,03 мм.

Проведемо аналіз технічних вимог, що пред'являються конструктором до деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»:

- поковка ГрІ ГОСТ 8479-70 (конструктор обумовив метод отримання заготовки куванням, група І);

- h14, H14, $\pm IT14/2$ (конструктор обумовив, що поверхні з непроставленими вимогами з точності обробки, мають оброблятися по квалітетам точності отворів по H14, валів по h14, лінійних розмірів по $\pm IT14/2$).

Можна зробити висновок, що поверхні з точними квалітетами за точністю (IT6-IT9), потребують спеціальних точних методів обробки, що забезпечуть такі вимоги. Інші, більш грубі поверхні, будуть оброблятися звичайними економічними методами обробки.

1.3 Характеристика типу виробництва і форм організації

Знаходимо, що для річної програми деталей $N=2000$ штук та для маси деталі $m = 45,5$ кг (що менше 200 кг) ми маємо дрібносерійний тип виробництва [3, с.27]. Наведемо кратку характеристику заданого дрібносерійного типу виробництва.

Для цього типу виробництва характерно невелика номенклатура виготовляємих виробів. Вони виготовляються з періодичністю партіями.

Використовують в дрібносерійному типі виробництва устаткування і універсальне, і спеціалізовані верстати. При цьому застосовуються верстати з ЧПК та оброблюючі центри. Із урахуванням напряму головного вантажопотоку цеху розставляють устаткування за технологічними групами.

Методами автоматичного отримання розмірів досягаються необхідна точність обробки, а також і методами пробних проходів.

Технологічне оснащення як правило використано універсальне або спеціалізоване. Поширена технологічна оснастка універсально-збірна або переналагоджувальна.

Кваліфікація робітників як правило є вищою, ніж в масовому типі виробництва, але вона нижча, ніж в одиничнім типі. Наладчики та робітники-оператори роблять на настроєних верстатах. Також робітники високої кваліфікації можуть працювати на універсальних верстатах.

Універсальні ріжучі інструменти використовують більше, ніж спеціальні. Як і вимірювальні інструменти – більш універсальні, але можливо використання і калібрів зі спеціальним вимірювальним інструментом.

У відповідності до дрібносерійного типу виробництва технологічне обладнання розташовано згідно з груповою формою організації технологічного процесу: конструктивно-технологічні однорідні ознаки виробів, єдність засобів технологічного оснащення.

Технологічний процес як правило, розчленовано на операції, які закріплено за конкретними верстатами, тобто є диференційованим. Застосовується обладнання і універсальне, і спеціальне або спеціалізоване.

Зробимо розрахунок кількості деталей в партії:

$$n = \frac{(N_{\text{річ}} \cdot a)}{259}, \quad (1.1)$$

де $a = 21$ – так звана періодичність запуску деталей (в днях).

$$n = (2000 \cdot 21) / 259 = 162,2 \text{ (шт.)}$$

Після округлення до цілого числа приймаємо партію у 163 штук.

1.4 Аналіз технологічності конструкції «Кришки 1.4300.6.7030.009»

Аналіз технологічності конструкції деталі проводять з метою виявлення інформації чи є зручною деталь при обробці. При цьому як правило аналізують метод отримань заготовки; матеріал деталі; можливість застосування ефективних методів обробки; конструкція; креслення деталі (простановлення розмірів, допусків розташування та форми); конструктивні особливості.

Якісне оцінювання технологічності конструкції деталі «Кришка».

Необхідно відзначити, що сталь 38ХА непогано обробляється, її застосовують спеціально для виготовлення втулок, валів, шестерен, оскільки фізичні і механічні властивості сталі забезпечують безвідмовну роботу деталі.

В таблиці 1.5 представлено хімічний склад та властивості сталі 38ХА ГОСТ 4543-71.

Форма поверхонь деталі для обробки є технологічною, оскільки поверхні є простими та легкодоступними для оброблення. Деталь є важкою: маса деталі 45,5 кг, тому для установлення деталі на верстаті необхідно буде застосовувати спеціальні підйомні механізми.

Деталь «Кришка» є досить жорсткою, це дозволяє вести обробку з режимами різання найбільш продуктивними.

Деталь «Кришка» має такі нетехнологічні елементи:

- довгий ($l = 105$ мм) отвір $\varnothing 22$, для виконання потрібен спеціальний різальний інструмент - рушничне свердло;

Таблиця 1.5 – Властивості сталі 38ХА ГОСТ 4543-71

Замінники: Сталі: 35ХРА, 35ХМ.	
Різновид постачань: Сортовий прокат ГОСТ 4543-71. Калібрований пруток ГОСТ 7417-76. Сріблянка ГОСТ 14955-79.	
Призначення: Вали, шестірні, цапфи, гайки, шпильки та ін. деталі, що працюють з температурами до 490°С.	
Хімічний елемент:	%
Мідь (Cu)	0,31
Кремній (Si)	0,16-0,38
Молібден (Mo)	0,16-0,26
Нікель (Ni)	0,31
Марганець (Mn)	0,41-0,71
Фосфор (P)	0,026
Сірка (S)	0,026
Хром (Cr)	0,81-1,12

- глухий різьбовий отвір під рим-болт, оскільки неможливою є робота нарізного інструмента напрохід;

- циліндричні поверхні 6-го квалітету точності, що ускладнює їх отримання.

Поверхні для установлення «Кришки» є достатньо відкритими, і тому не виникають труднощі при закріпленні обробці.

Далі проведемо оцінку за кількісними показниками технологічності.

Знаходимо коефіцієнт точності обробки деталі «Кришка»:

$$K_{ТЧ2} = 1 - (1/A_{CP2}), \quad (1.2)$$

де A_{CP2} – це величина середнього квалітету точності.

У свою чергу середній квалітет дорівнює:

$$A_{CP2} = (n_1 + n_2 + \dots + n_{21}) / \sum_i^{21} m_i, \quad (1.3)$$

де n – квалітет точності всіх поверхонь деталі;

m_i – кількість поверхонь на деталі. Тоді

$$A_{CP2} = 311/21 = 14,8$$

$$K_{TЧ2} = 1 - 1/14,8 = 0,92$$

Так як $K_{TЧ2} = 0,92 > 0,8$, то деталь за даним показником не є технологічною.

Знайдемо коефіцієнт шорсткості по критерію R_a :

$$K_{Ш2} = 1 - 1/B_{CP2} \quad (1.4)$$

де B_{CP2} – це є середньою шорсткістю поверхонь деталі «Кришка».

У свою чергу середня шорсткість дорівнює:

$$B_{CP2} = (c_1 + c_2 + \dots + c_{21}) / \sum_i^{21} m_i \quad (1.5)$$

де c – це є значенням шорсткості кожної поверхні деталі.

$$B_{CP2} = 138,1/21 = 6,61,$$

$$K_{Ш2} = 1 - 1 / 6,61 = 0,85.$$

Оскільки коефіцієнт $K_{Ш2} = 0,85 > 0,32$, то деталь є технологічною.

Знайдемо коефіцієнт використання матеріала деталі:

$$K_{32} = \frac{m_{Д2}}{m_{32}} \geq 0,7, \quad (1.6)$$

де $m_{Д2} = 45,5$ – це маса деталі згідно креслення, кг;

$m_{32} = 60,5$ – це маса заготовки деталі, кг;

0,7 – рівень номінальний технологічності згідно з вимогами ЄСТПП.

$$K_3 = \frac{45,5}{60,5} = 0,75$$

Оскільки $K_3 = 0,75 > 0,7$, то це є технологічним (заготовка має невеликі припуски з напусками, це пов'язано зі способи отримання заготовки).

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу обробки «Кришки 1.4300.6.7030.009»

Розглянемо варіант базового технологічного процесу виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009».

В існуючому техпроцесі заготовка – поковка, що кована на молотах. Це є найбільш раціональним методом одержання заготовки, оскільки форми заготівки та деталі містять значні перепади.

На наступній операції після обробки тиском заготівку треба обов'язково піддавати термообробці для зменшення розміру зерна та знять внутрішніх напружень, що були одержані на заготівельній операції.

Більш докладно операції технологічного процесу обробки «Кришки 1.4300.6.7030.009» наведено в табл. 1.6.

Таблиця 1.6 - Операції існуючого технологічного процесу обробки

№ оп.	Найменування операцій	Зміст операцій	Базування на операції	Устаткування на операції
1	2	3	4	5
005	Обробка тиском	Кування поковки		Молота
015	Термічна обробка	Досягнення необхідної твердості заготовки		Термічна пічка
020	Технічний контроль	Контроль параметрів заготовки		Контрольний стіл
025	Токарна	Точіння чорнове з одного установу поверхонь з припусками під чистову обробку	В трикулачковому патроні	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К30

Продовження таблиці – 1.6

1	2	3	4	5
030	Токарна	Точіння напівчистове з одного установу поверхонь з припусками під чистову обробку	В трикулачково му патроні	Токарно-гвинторізний верстат мод. 16К30
035	Технічний контроль	Кольорова дефектоскопія та контроль розмірів		Контрольний стіл
040	Координатно-розточувальна	Обробка отворів на периферії деталі	Наладочний пристрій	Мод. 2Е442А
045	Токарна	Нарізати різь М56х2 та М90х3,	В 3-х кулачковому патроні	Токарно-гвинторізний мод. 16К30
050	Технічний контроль	Контроль операційних розмірів		Контрольний стіл
055	Координатно-розточувальна	Обробка отворів на торцях деталі	Оснастка верстата	Мод. 2Е442А
060	Технічний контроль	Контроль одержуваних розмірів		Контрольний стіл
065	Плоскошліфувальна	Шліфування торця	Плита магнітна	Верстат мод. 3Е711В
070	Слюсарна	Зняття заусенець		Верстак слюсарний
075	Технічний контроль	Контроль одержуваних розмірів		Контрольний стіл

Проаналізуємо базовий техпроцес обробки «Кришки 1.4300.6.7030.009».

Його було розроблено у відповідностях до технічних вимог деталі «Кришка» та з урахуванням обраного типу виробництва – дрібносерійного.

Так, в існуючому техпроцесі застосовано обладнання універсального типу, це зв'язано з дрібносерійним типом виробництва. Обладнання є досить застарілим універсальним, це стосується оснастки та інструменту.

1.6 Висновки й завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009»

Поковку, ковану на пресах, що в існуючому технологічному процесі є заготовкою, можна замінити на поковку, ковану на молотах, бо це є більш дешевшим. При цьому зменшується коефіцієнт використання металів та вартість поковки, підвищується продуктивність праці, поліпшується точність розмірів та форми заготовки, зростає ККД обладнання, поліпшеними є умови праці. Також у роботі стають відсутніми удари та вібрації, можливі автоматизація процесів обробки та використання складених штампів замість важких суцільних.

При установленні заготовки кришки використовується універсальна технологічна оснастка, а саме затискні механізми з ручним затиском. Тепер для збільшення продуктивності обробки необхідно використати спеціальні сучасні пристрої з механізованими приводами.

Різальні інструменти здебільшого непродуктивні та застарілі. Це – напайні різці токарні. Рекомендується використовувати більш прогресивний інструмент – зі змінними пластинами з мех.кріпленням.

Також застаріле обладнання заводського техпроцесу потрібно замінити на ефективне сучасне із ЧПК, що дозволить підвищити продуктивність та точність.

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВИГОТОВЛЕННЯ «КРИШКИ 1.4300.6.7030.009»

2.1 Складання раціонального технологічного маршруту виготовлення «Кришки 1.4300.6.7030.009»

Для складання раціонального технологічного маршруту виготовлення кришки обирають ефективні методи обробки поверхонь, при цьому пропонуються нові варіанти забезпечування вимог для обробки циліндричних поверхонь (зовнішніх та внутрішніх).

Багатоваріантність проектування технологічних процесів підтверджується різноманіттям способів отримання необхідних параметрів операцій. Так, маршрути обробки поверхонь складають з різними способами досягнення точності, і тому їх можна об'єднувати в однакові етапи технологічного процесу (чорнові, чистові). Крім того, механічна обробка кришки може перериватися іншими операціями, наприклад, термічними або контрольними.

В запропонованій технології обробки кришки застосуємо більш сучасне обладнання з ЧПК, а також застосуємо принцип концентрації операцій.

Базові відповідальні поверхні пропонуємо отримувати комплексом декількох операцій, наприклад, чорновим точінням, далі напівчистовим та чистовим. Зробимо можливий перелік операцій обробки за запропонованим технологічним процесом:

- 005 Обробка тиском
- 010 Термічна
- 015 Технічний контроль
- 025 Токарна з ЧПК
- 030 Технічний контроль
- 035 Комплексна на оброблювальних центрах з ЧПК
- 040 Токарна з ЧПК

- 045 Технічний контроль
- 050 Комплексна на оброблювальних центрах з ЧПК
- 055 Технічний контроль
- 060 Плоскошліфувальна
- 065 Слюсарна
- 070 Технічний контроль

2.2 Вибір з обґрунтуванням способів виготовлення вихідної заготовки

Щоб економити метал та зменшувати трудомісткість механічної обробки, потрібно максимально наблизити конфігурацію заготовки до конфігурації готової деталі. Відповідно собівартість виготовлення заготовки та трудомісткість повинні бути мінімальними. Також форма заготовки повинна дозволяти проводити механічну обробку з мінімумом установів та використаного різального інструмента. Розшарування матеріалу заготовки не допускається, як і тріщини, порожнечі та ін. дефекти.

Деталь «Кришка» можна буде отримати такими методами:

- кування на пресах;
- кування на молотах.

Якщо виходити з технічних вимог креслення деталі та з конфігурації деталі, то доцільним буде застосування поковки куваної на молотах. Оскільки «Кришка» є відповідальною деталлю згідно з її службовим призначенням, то заготовку отримуватимемо як кування на молотах, завдяки чому відбудеться ущільнення матеріалу деталі з подальшою термічною обробкою її.

Вихідними даними для розрахунків припусків є наступне:

- нагрів заготовки здійснюється індукційним методом;
- маса готової деталі – 45,5 кг;
- матеріал деталі – сталь 38ХА ГОСТ 4543-71;
- річна програма випуску – 2000 штук.

Допуски, припуски та граничні відхилення призначимо згідно із ГОСТом 7505-88.

Приймаємо розрахунковий коефіцієнт $K = 1,40$ згідно додатку 3 [5];

Приймаємо групу сталі – М1 (згідно таблиці 1 [5]);

Приймаємо клас точності – Т3 (згідно додатку 1 [5]).

Приймаємо відношення мас тіл $G/G_1 = 24,1 / 54,6 = 0,41$

Приймаємо ступінь складності – С2 (згідно додатку 2 [5]);

Приймаємо середню масову частку вуглеця в сталі – 0,30% С;

Приймаємо вихідний індекс – 13 (згідно таблиці 2 [5]);

Приймаємо форму конфігурації роз'єма штампа П плоскою – (згідно таблиці 1 [5]).

Головні припуски та ковальські напуски на заготовку:

1,90 – на діаметр 414 мм та шорсткість 12,5

2,00 – на діаметр 250 мм та шорсткість 1,6

1,50 – на діаметр 54 мм та шорсткість 12,5

1,70 – на діаметр 210 мм та шорсткість 12,5

1,70 – на діаметр 167 мм та шорсткість 12,5

2,00 – на діаметр 212,5 мм та шорсткість 1,6

2,00 – на довжині 115 мм та шорсткість 1,6

1,90 – на товщині 24 мм та шорсткість 0,32.

Приймаємо додаткові припуски:

- відхилення від прямолінійності – 0,88 мм;

- зсув за поверхнею рознімання штампів – 0,65 мм.

Маємо розміри поковки, мм:

Діаметр $250 + (2,1 + 0,7) \cdot 2 = 255,8$ – приймаємо 256,0;

Діаметр $416 + (1,9 + 0,9) \cdot 2 = 421,2$ – приймаємо 421,0;

Діаметр $210 - (1,6 + 0,7) \cdot 2 = 205$ – приймаємо 205,0;

Діаметр $210,5 - (2,1 + 0,7) \cdot 2 = 204,6$ – приймаємо 205,0;

Діаметр $167 - (1,8 + 0,7) \cdot 2 = 162$ – приймаємо 162,0;

Товщина $24 + (1,8 + 0,3) + (2,0 + 0,5 + 0,9) = 29,2$ – приймаємо 29,0.

Довжина $114 + (2,1 + 0,5) \cdot 2 = 119,12$ – приймаємо 119,0;

Товщина $54+(1,3+0,8)+(2,1+0,6+0,7)=59,2$ – приймаємо 59,0;

Відхилення розмірів, що допускаються:

Для діаметра $421_{-1,2}^{+2,5}$;

Для діаметра $204_{-1,0}^{+1,9}$;

Для діаметра $160_{-1,2}^{+1,8}$;

Для діаметра $256_{-1,0}^{+1,8}$;

Для діаметра $204_{-1,2}^{+1,8}$;

Для товщини $28_{-0,7}^{+0,4}$.

Для довжини $118_{-0,9}^{+1,5}$;

Для товщини $58_{-0,6}^{+1,4}$;

Тоді допустиме відхилення від площинності буде 0,60 мм згідно [5].
Допустиме значення зсуву по поверхням рознімання штампів 0,75 мм згідно [5]. Допустиме значення залишкового облою 0,80 мм згідно [5].

Маса заготовки кришки – 60,5 кг.

Величина коефіцієнта використання заготовки:

$$K_{32} = \frac{m_{Д2}}{m_{32}} \geq 0,7, \quad (2.1)$$

де $m_{Д2}$ – маса деталі, кг;

m_{32} – маса заготовки, кг;

0,7 – нормативний рівень технологічності за ЄСТПП. Тоді

$$K_3 = \frac{45,5}{60,5} = 0,75.$$

$K_{32} > 0,7$ - це обумовлено тим, що отвір у заготовці не прошито.

Таблиця 2.1 – Таблиця розмірів поковки кришки

№ по-верх-ні	Номинальний розмір деталі	Загальний допуск	Величина припуску	Кінцевий розмір
3	Ø166	5	+1.6 -1.0	161 ^{+1.6} _{-1.0}
2	Ø210	6	+1.6 -1.0	206 ^{+1.6} _{-1.0}
4	L112	4	+1.6 -0.8	117 ^{+1.6} _{-0.8}
1	Ø415	5	+2.5 -1.2	420 ^{+2.5} _{-1.2}

Визначимо собівартість заготовки, яку одержано методом кування на МОЛОТАХ:

$$S_{\text{ЗАГ_МОЛОТ}} = \left(\frac{C_i}{1000} \cdot Q \cdot K_{TT} \cdot K_m \cdot K_c \cdot K_k \cdot K_{\text{кув}} \right) - (Q - q) \cdot \frac{S_{\text{відхо}}}{1000} \quad (2.2)$$

де $C_i = 19000$ грн. – це базова собівартість однієї тони металу, грн.

$q = 45,5$ кг – це маса готової деталі кришки;

$Q = 60,5$ кг – це маса заготовки кришки;

$K_m = 1,24$ - це коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу кришки;

$K_{TT} = 1,10$ – це коефіцієнт, який враховує точність поковки;

$K_H = 1,12$ - це коефіцієнт, який враховує групу складності поковки;

$K_k = 1,2$ - це коефіцієнт, який враховує групу серійності поковки;

$S_{\text{відхо}} = 2150$ грн – це ціна однієї тонни відходів поковки,

$K_{\text{кув}} = 0,97$ - це коефіцієнт, який враховує масу куваної кришки.

Тоді маємо:

$$S_{\text{1заг}} = \left(\frac{19000}{1000} \cdot 60,5 \cdot 1,10 \cdot 1,24 \cdot 1,3 \cdot 1,2 \cdot 0,97 \right) - (60,5 - 45,5) \frac{2150}{1000} = 2056 - 30 = 2027 \text{ (грн.)}$$

Складемо технічні вимоги для креслення:

1. Поковка Гр I за ГОСТом 7505-86;
2. Маркувати номер заказу шрифтом 5 Пр 5 ГОСТ 26.005-86;
3. Задирки за периметром не більше 3,2 мм;
4. Незазначені зовнішні ухили поверхонь 7°;
5. Невказані радіуси заокруглень R4 мм.

Розрахуємо собівартість заготовки, яку одержано куванням на пресах. Скористуємось тією ж формулою (1.8), але з деякими іншими показниками складових:

де $C_i = 19000$ грн. – це базова собівартість однієї тони металу, грн.

$q = 45,5$ кг – це маса готової деталі кришки;

$Q = 65,4$ кг – це маса заготовки кришки;

$K_M = 1,24$ - це коефіцієнт, який враховує вплив матеріалу кришки;

$K_{ТТ} = 1,3$ – це коефіцієнт, який враховує точність поковки;

$K_H = 0,85$ - це коефіцієнт, який враховує групу складності поковки;

$K_K = 1,2$ - це коефіцієнт, який враховує групу серійності поковки;

$C_{\text{відхо}} = 2150$ грн – це ціна однієї тонни відходів поковки,

$K_{\text{кув}} = 0,93$ - це коефіцієнт, який враховує масу куваної кришки.

Маємо:

$$S_{2\text{заг}} = \left(\frac{19000}{1000} \cdot 65,4 \cdot 1,3 \cdot 1,24 \cdot 1,2 \cdot 0,85 \cdot 0,93 \right) - (65,4 - 45,5) \frac{2150}{1000} = 2136 - 40 = 2096 \text{ (грн.)}$$

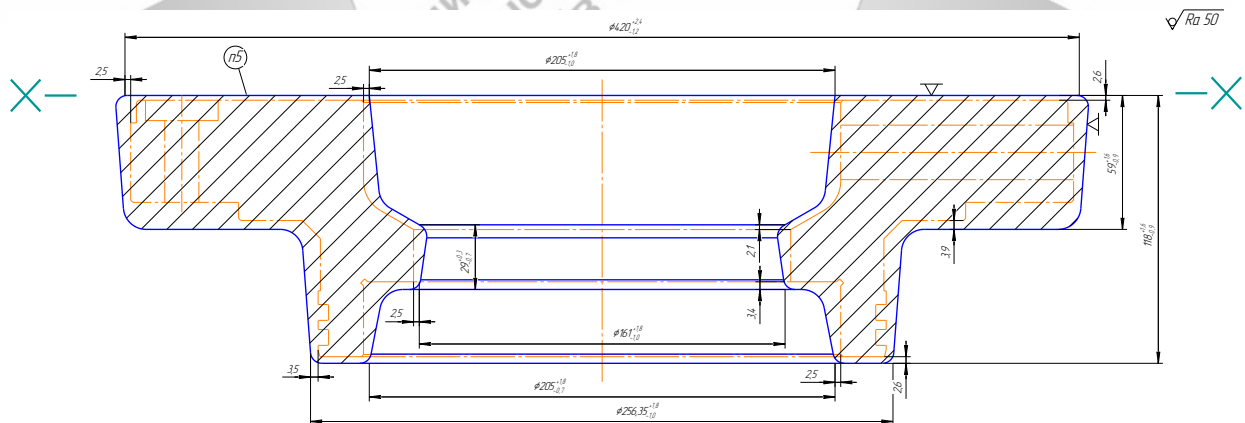


Рисунок 2.1 – Ескіз заготовки «Кришки 1.4300.6.7030.009»

Можна зробити такий висновок за отриманими результатами:

- форма заготовки кришки має максимальне наближення до форм деталі;
- заготовка-поковка є більш вигідною за собівартістю виготовлення.

Економічний ефект від впровадження кування на молотах буде:

$$E = (S_{23ar} - S_{13ar}) * N = (2096 - 2027) * 2000 = 138000 \text{ (грн.)}$$

2.3 Розрахунки припусків на обробку $\varnothing 250(-0,05; -0,165)$

Знаходимо розміри на обробку, припуски та допуски діаметральної поверхні $\varnothing 250f9(-0,050; -0,165)$ способом професора Кована В.М. Розрахунок виконано на комп'ютері (див. додаток В).

Маємо розрахункову формулу для знаходження значення припусків зовнішньої поверхні:

$$2z_{\min_250} = 2(R_{z_{i-1_250}} + T_{i-1_250} + \sqrt{\rho_{i-1_250}^2 + \varepsilon_{i_250}^2}), \quad (2.3)$$

де $R_{z_{i-1_250}}$ – значення мікронервностей на поверхні, що одержується на попередній операції або на попередньому переході обробки $\varnothing 250f9$;

T_{i-1_250} – це глибина дефектного слоя, що одержується на попередній операції або на попередньому переході;

ρ_{i-1_250} – це величина просторового відхилення поверхні, що одержується на попередній операції або на попередньому переході обробки $\varnothing 250f9$;

ε_{i_250} – це похибка установа, що одержується на даній операції або на даному переході обробки.

Всі складові наведеної формули беремо з таблиць [2], а деякі – розрахуємо.

ρ_{i-1_250} визначаємо так:

$$\rho_{zag_250} = \sqrt{\rho_{зкс_250}^2 + \rho_{зм_250}^2} = \sqrt{0,8^2 + 1,2^2} = 1,51 \text{ мм.}$$

ρ_{i-1_250} знайдемо в процентному відношенні від ρ_{zag_250} .

$$\rho_{чорно} = \rho_{zag_250} k_{уто}, \quad (2.4)$$

де коефіцієнт уточнення $k_{уто} = 0,04 - 0,06$ в залежності від виду переходу.

Тоді визначаємо для кожного переходу обробки:

$$\rho_{чорно} = 1510 \cdot 0,06 = 91 \text{ (мкм).}$$

$$\rho_{\text{напів/чорно}} = 1510 \cdot 0,05 = 75 \text{ (мкм)}.$$

$$\rho_{\text{чисто}} = 1510 \cdot 0,04 = 60 \text{ (мкм)}.$$

В табл. 2.2 наведемо вихідні дані для розрахунків припусків для $\varnothing 250f9$.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для розрахунків припусків для $\varnothing 250f9$

Назва переходів	Точність	Відхилення	Елементи припуску, мкм				
			R_z	T	ρ	ε_6	ε_3
Поковка	T4	$\begin{matrix} +1.6 \\ -1.0 \end{matrix}$	260	260	1510	-	-
Чорнове точіння	IT12	-0,35	90	90	82	40	120
Напівчистове точіння	IT10	-0,14	40	40	56	15	30
Чистове точіння	IT9	$\begin{matrix} -0.04 \\ -0.165 \end{matrix}$	20	20	52	0	0

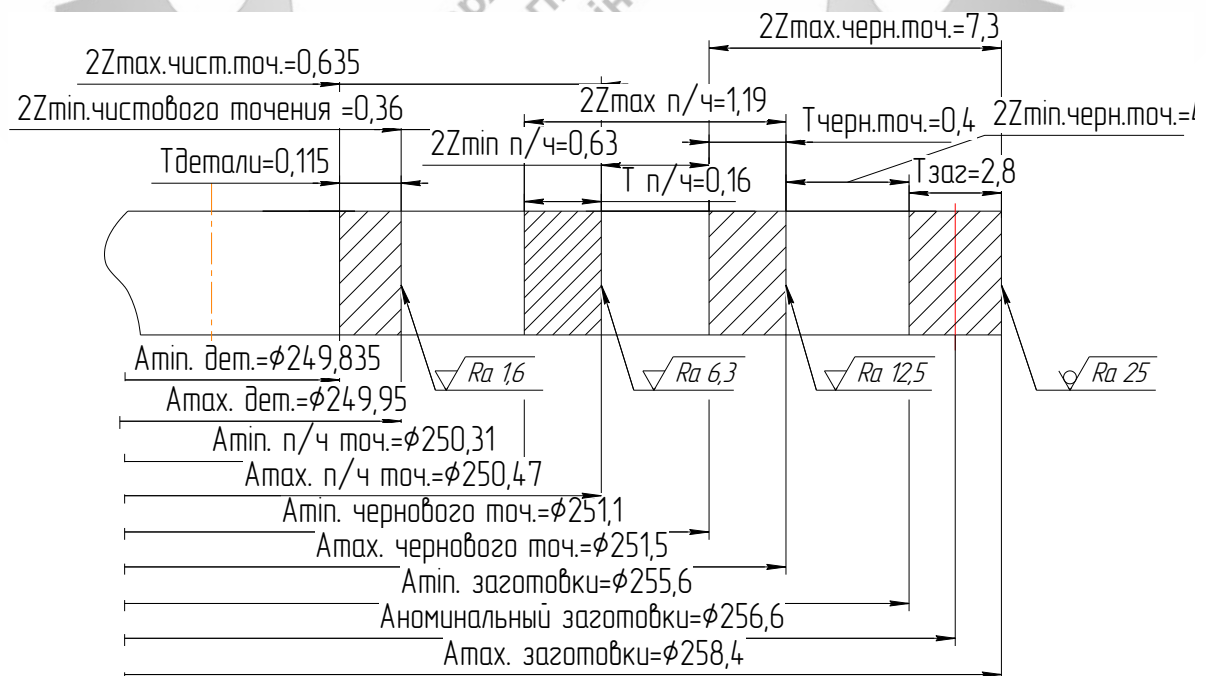


Рисунок 2.2 – Схема розташування допусків, припусків на оброблення циліндричного розміра $\varnothing 250f9$

2.4 Призначення з обґрунтуванням схем базувань і закріплення заготовки деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009»

На операції 020 токарній з ЧПК з одного установка проводять точіння начорно заготовки «Кришки 1.4300.6.7030.009». Вважаємо, що найбільш раціональною схемою базування на цій операції є установлення в трикулачковому патроні. При цьому заготовку позбавлено п'яти ступеней свободи: встановлювальна база та подвійна опорна база, а вакантним залишено один зв'язок – це обертання відносно власної осі (рис. 2.3).

Для оброблюваних діаметральних розмірів похибка базування дорівнює нулю. Теж самим є і для лінійних розмірів $117_{-0,05}$, $49_{-0,50}$, оскільки співпадає технологічна і вимірювальна бази. Похибка базування для інших лінійних розмірів дорівнюватиме похибці позиціонування верстата, а саме $E_b = E_{\text{позиц}} = 0,02$ мм, що є меншим, ніж допуски на виконувани відповідні розміри.

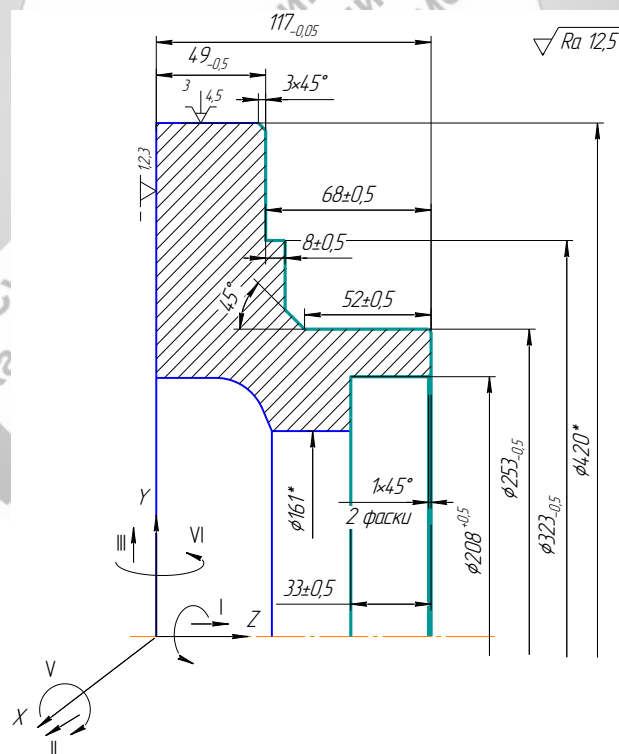


Рисунок 2.3 – Перший варіант базування на операції 020 токарній з ЧПК

Розглянемо на цій токарній операції іншу схему базування за лівим торцем та за внутрішньою циліндричною поверхнею. Базами при цьому також будуть

установлювальна та подвійна опорна бази, але параметри стійкості заготовки, надійності та стабільності закріплення будуть меншими, ніж у першому варіанті (див. рисунок 2.4).

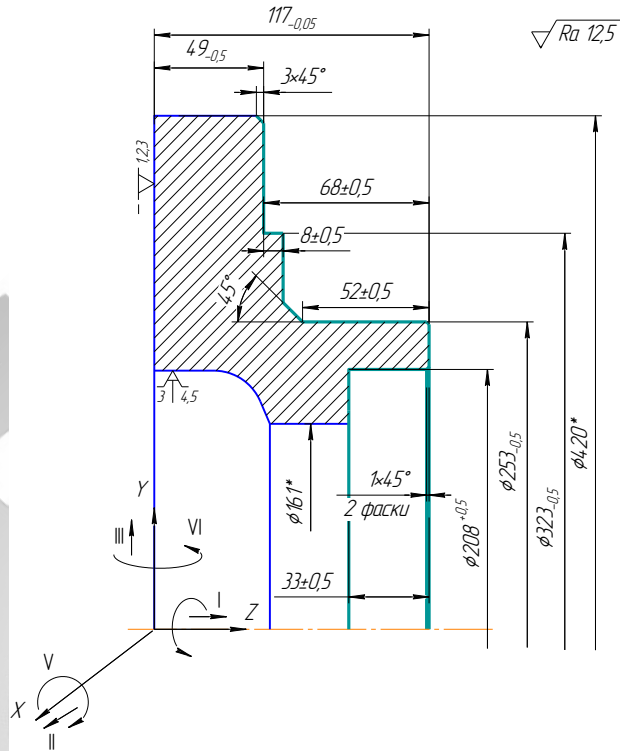


Рисунок 2.4 – Другий варіант базування на операції 020 токарній з ЧПК

На комплексній з ЧПК операції 045 проводять на одному установі обробку отворів, що розміщені на торці кришки. Тому базування заготовки тут є більш раціональним по торцям кришки та на оправці. Устастановчою базою є тут торець, а $\varnothing 320h6$ – це подвійна опорна база. Маємо, що заготовка позбавляється 5 ступеней свободи, тоді вакантним залишається один зв'язок, а саме обертання відносно власної осі.

Орієнтація заготовки відносно конкретних уже наявних поверхонь не має потреби, тому не потрібно позбавляти і шостий ступінь.

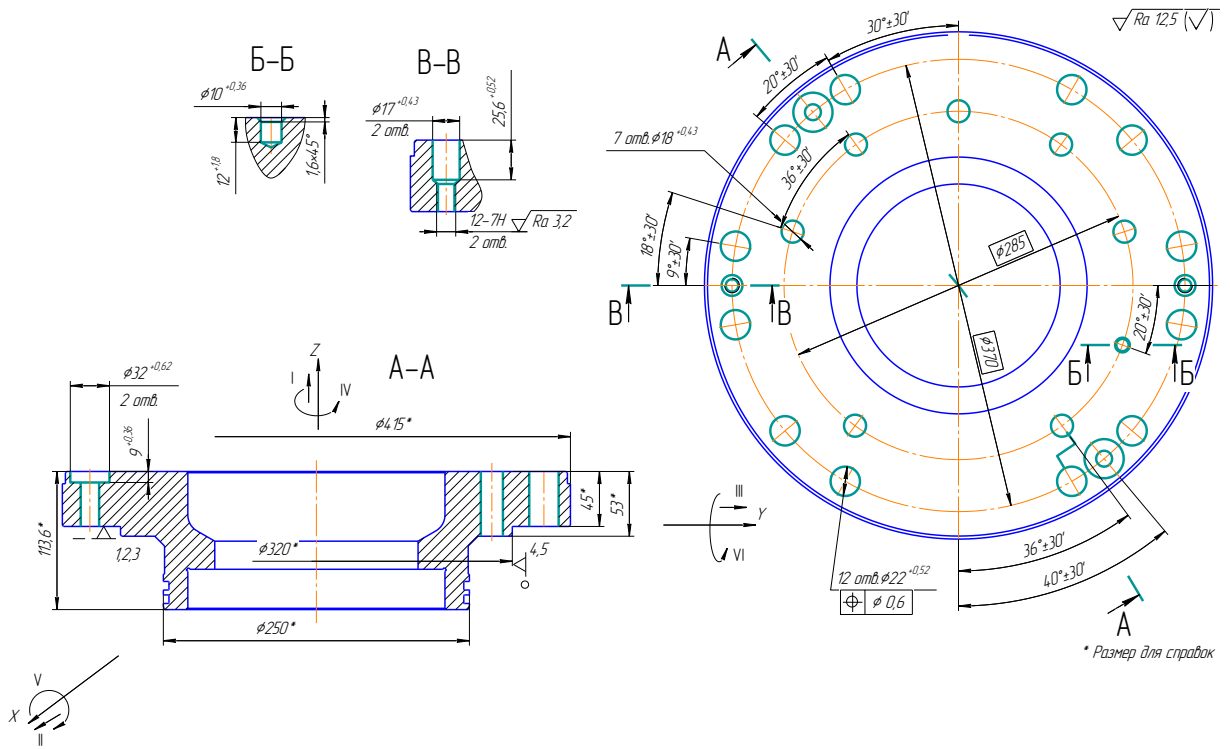


Рисунок 2.4 – Перший варіант базування на операції 045 комплексній з ЧПК

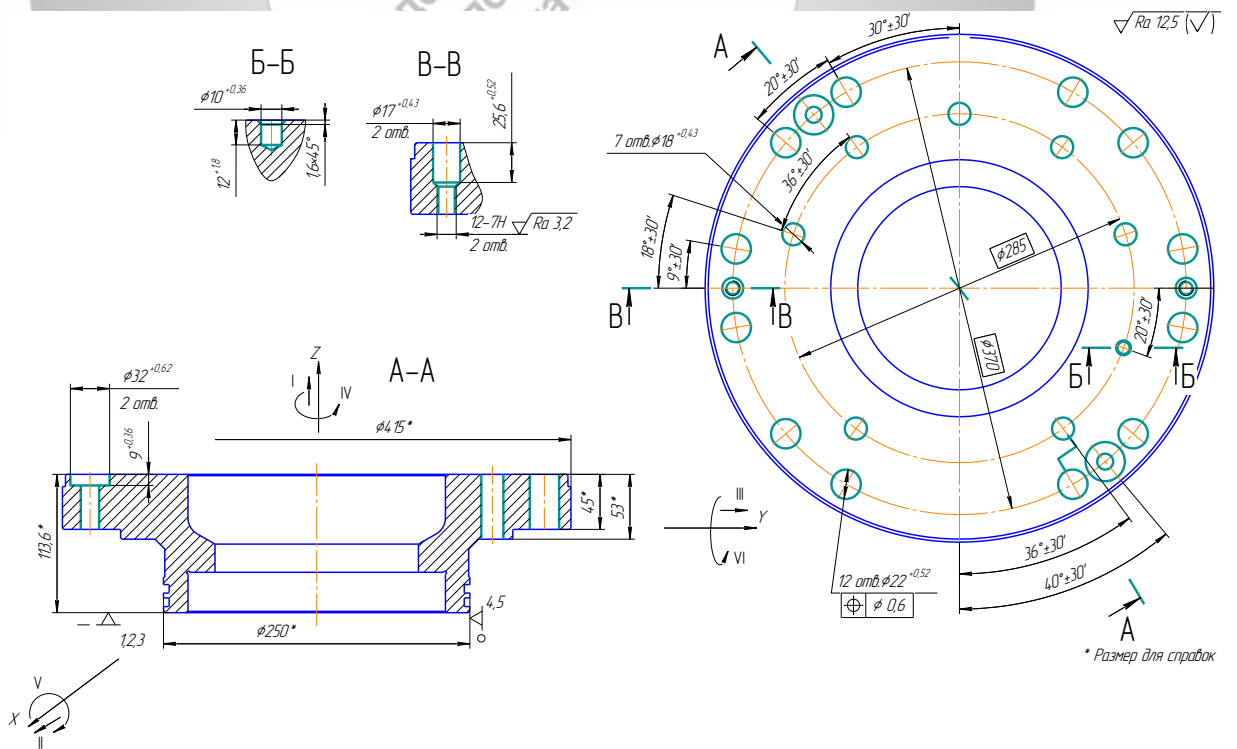


Рисунок 2.5 – Другий варіант базування на операції 045 комплексній з ЧПК

Для глибин оброблюваних отворів похибка базування не будемо розглядати, оскільки їх виконано напроход, окрім одного отвору з глибиною дев'ять міліметрів.

Тоді для першого варіанта базування маємо:

$$\varepsilon_6 = T_{46} = 285 \text{ мкм} < T_9 = 380 \text{ мкм}, \text{ тому точність обробки буде забезпечено.}$$

Маємо для другого варіанта базування:

$\varepsilon_6 = T_{113,8} = 850 \text{ мкм} > T_9 = 380 \text{ мкм}$, тому точність обробки не буде забезпеченою.

Приймаємо остаточним перший варіант, оскільки похибка базування є меншою.

Позиційний допуск, тобто похибки базування на розташування оброблюваних отворів, визначатиметься як

$$E_{\text{б позиц}} = \delta_{01} + \delta_{02} + 2\Delta \quad (2.5)$$

де $\delta_{01} = 0,038 \text{ мм}$ – це допуск на діаметр поверхні $\text{Ø}320\text{h}6(-0,038) \text{ мм}$;

$\delta_{02} = 0,056$ – це допуск на діаметр оправки $\text{Ø}320\text{F}7\left(\begin{smallmatrix} +0,118 \\ +0,064 \end{smallmatrix}\right) \text{ мм}$;

$$2\Delta = 0,0980 \cdot 2 = 0,1960 \text{ (мм)},$$

Тоді маємо $E_{\text{б позиц}} = 0,0360 + 0,0570 + 0,1960 = 0,2890 \text{ (мм)}$,

що є меншим за позиційний допуск ($0,2890 < 0,60 \text{ мм}$), отже обробка здійснюється без браку.

Таблиця 2.3 – Таблиця відповідності при базуванні «Кришки»

Зв'язки	Ступені свободи	База
1, 3, 2	I, V, IV	Установлювальна база
4, 5	II, III	Опорна подвійна база
6	VI	Вакантна

Таблиця 2.4 – Матриця зв'язків при базуванні «Кришки»

z, x, y l, α	X	Y	Z	База
l	0	0	1	Установлювальна база
α	1	1	0	
l	1	1	0	Опорна подвійна база
α	0	0	0	
l	0	0	0	Вакантна
α	0	0	1	
Σ	2	2	1	5 зв'язків (< 6)

2.5 Обґрунтування з вибором металорізальних верстатів

Розглянемо операцію 020 – Токарну із ЧПК

На операції здійснено чорнову обробку з одного установу.

Верстат вибиратимемо за такими критеріями:

- за габаритами робочого простору:

дане обладнання дозволяє обробку заготовки діаметром до 650 мм, і довжиною до 1450 мм, це дозволить установити заготовку;

- технологічні методи оброблення поверхонь кришки:

для обробки поверхонь було розглянуто перелік токарних верстатів і обрано верстат мод. 16Р40Ф3, що оснащено системою ЧПК;

- тип виробництва:

переваги при дрібносерійному виробництві віддають універсальному обладнанню із ЧПК, тобто мод. 16Р40Ф3;

- потужність двигуна:

верстат оснащено двигуном 24 кВт, чого достатньо.

Основна технічна характеристика верстата мод. 16P40Ф3:

- подача:

поздовжня 1-1250 мм/хв.;

поперечна 1-500 мм/хв.;

-найбільший діаметр оброблюваної заготовки понад станиною – 650 мм,

супортом – 330 мм;

- частота обертання шпинделю 6,5-1250 хв.⁻¹;

- потужність електродвигуну привода головного руху – 24 кВт;

- найбільша довжина оброблюваної заготовки – до 1450 мм;

- крок метричної різі до 11 мм.

Розглянемо операцію 045 – Комплексну із ЧПК

На операції 045 приймемо свердлильно-фрезерно-розточувальний верстат з ЧПК мод. 21105H7Ф4.

Дане обладнання обрано з урахуванням таких показників:

- габарити робочого простору:

верстат має поверхню столу 550x850 мм, це дозволить встановити пристрій із заготовкою кришки;

- технологічні методи оброблення поверхонь:

для оброблення отворів можна застосувати універсальне обладнання або комплексний центр із ЧПК. Було обрано комплексного центру з ЧПК, так як у обладнання є магазин з інструментами, тому виконується обробка отворів з точністю позиціонування, це дозволяє виключити розмічувальну операцію;

- обраний тип виробництва:

для дрібносерійного виробництва перевагу віддають обладнанню із ЧПК, таким є верстат мод. 21105H7Ф4;

- потужність двигуна:

на операції використовують тільки один двигун головного руху, його потужність становить 6,5 кВт. Потужності достатньо для здійснення обробки.

Наведемо паспортні дані багатоцільового верстата мод. 21105Н7Ф4.

Виліт шпинделю, мм	- 0-800;
Робоча поверхня стола, мм	- 550x850;
Число подач шпинделю	-без/ступ.;
Частоти обертання шпинделю, об/хв.	- 25-2800;
Потужність електродвигуна головного руху, кВт	- 6,5;
Число швидкостей шпинделю	-без/ступ.;
Подача шпинделю, мм/хв.	-3-2100.

2.6 Обґрунтування з вибором верстатних пристроїв, металорізального і вимірювального інструменту

На операції 020 токарній із ЧПК використовують оснастку:

- трикулачковий патрон 7102-0012 за ГОСТом 24352 -86 застосовують для установаження кришки;

Різець для чорнового точіння - правий контурний різець із пластиною із твердого сплаву Т15К6;

- правий різець PERBR2323L14 Т15К6 за ГОСТом 9798-86:

Р – це тип механічного кріплення пластини, а саме піджимання важелем для пластинок з отвором,

Е – це ромбічна форма пластинки із кутом при вершині 75° ,

Р – це головний кут у плані, 70° ,

В – це задній кут, 7°

Р – це праве виконання,

23 – це перетин державки 23x23 мм,

L – це довжина різця 140,0 мм,

14 – це довжина різальної кромки 14 мм;

- різець для чорного точіння 2141-0018 Т15К6 ГОСТ 18884-79 - розточувальний різець для глухих отворів з пластинками з твердого сплаву Т15К6;

- вимірювальний інструмент – штангенциркулі ШЦ I-125-0,1 та ШЦ II-500-0,1 за ГОСТом 166-89.

На операції 045 комплексній із ЧПК використовують оснастку:

- спеціальний пристрій;
- свердло 2301-0448 Р6М5 за ГОСТом 2094-79 - свердло $\varnothing 22$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2;
- свердло 2301-0396 Р6М5 за ГОСТом 2094-79 - спіральне свердло $\varnothing 10$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2;
- свердло 2301-0372 Р6М5 ГОСТ за ГОСТом 2094-79 - спіральне свердло $\varnothing 6$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 1, для центрування отворів;
- свердло 2301-0425 Р6М5 за ГОСТом 2094-79 - спіральне свердло $\varnothing 15$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2;
- свердло 2301-0401 Р6М5 за ГОСТом 2094-79 - спіральне свердло $\varnothing 10,2$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, для свердління отвору під різь М12-7Н;
- свердло 2301-0431 Р6М5 за ГОСТом 2094-79 - спіральне свердло $\varnothing 18$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, для свердління отвору;
- свердло 2301-0428 Р6М5 за ГОСТом 2094-79 - спіральне свердло $\varnothing 17$ з конічним хвостовиком, конус Морзе 2, для свердління отвору;
- мітчик 2622-3738 Р6М5 за ГОСТом 3268-86 – мітчик М12-7Н, для нарізання різі;
- цеківка спеціальна Р6М5, для отримання піднутрення $\varnothing 32$ мм;
- зенківка конічна 2356-0148 Р6М5 за ГОСТом 14955-86 – зенкування 90° , для фаски $1,6 \times 45^\circ$;
- втулка 6102-0256 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусом Морзе №1 на 4;
- втулка 6102-0313 ГОСТ 13598-85 – перехідна втулка з конусом Морзе №2 на 4;

- пробка 8223-30538Н за ГОСТом 17756-79, пробка ПР/НЕ М12-7Н, застосовується для контролю різьових отворів;
- зразки шорсткості за ГОСТом 5379-76;
- вимірювальний інструмент: штангенциркулі ШЦ I-125-0,1 та ШЦ-I-500-0,1 ГОСТ 166-89.

2.7 Визначення режимів різання для операцій 020 та 045

Розглядаємо операцію 020 – Токарну із ЧПК.

Розрахунки режимів різання робимо аналітичним способом на перехід – підрізання правого торця деталі «Кришка». Режими різання на інші переходи операції 020 призначаємо способом табличним.

На рисунку 2.14 наведено операційний ескіз обробки для операції 020.

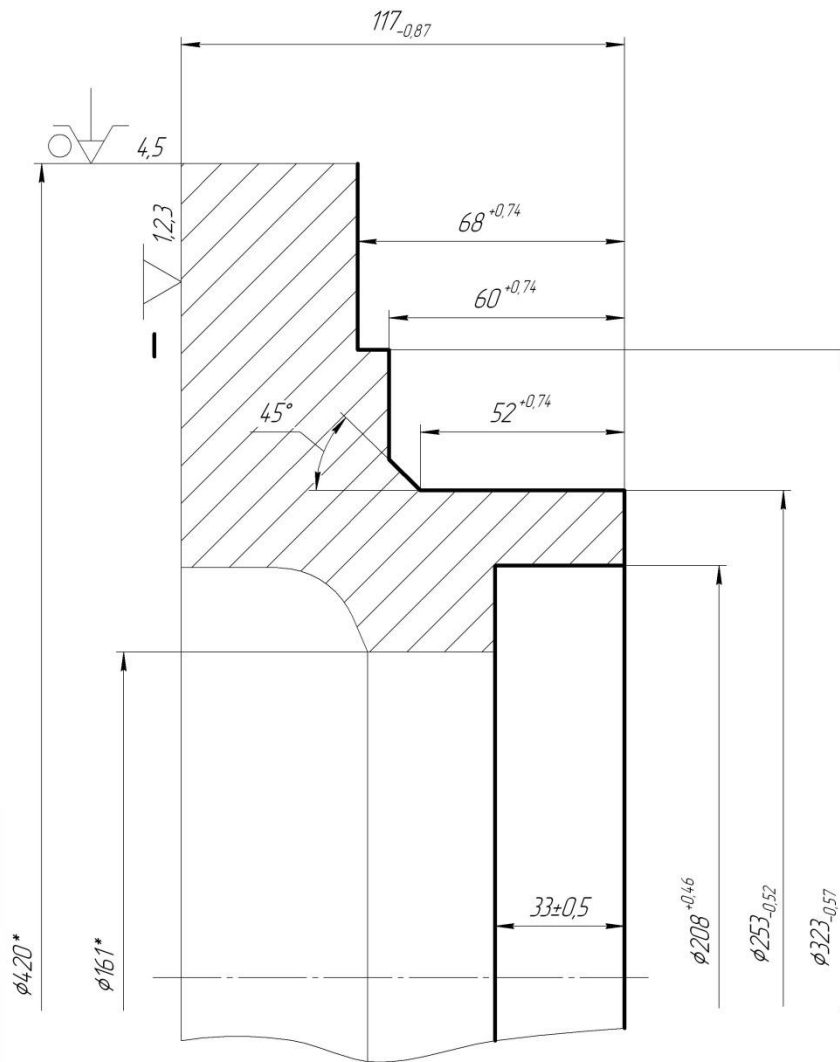
Вихідними даними є наступне:

обробка начорно та напівчисто деталі «Кришка» ведеться на токарному верстаті із ЧПК мод.16Р40Ф3 з двох установів. Оброблюваним матеріалом є сталь 38ХА, що має межу міцності $\sigma_B=935$ МПа, заготовкою є поковка.

Обираємо геометричні параметри токарного різця:

- головним кутом в плані є кут $\varphi = 92^\circ$;
- допоміжним кутом в плані є кут $\varphi_1 = 8^\circ$;
- кут при вершині різця $\varepsilon = 78^\circ$;
- матеріалом токарного різця є твердий сплав типу Т5К10.

При підрізанні торця глибина різання дорівнює $t = 2,5$ мм.

$\sqrt{Ra\ 6,3(\sqrt{ })}$


1.* Размеры для справок.

Рисунок 2.14 – Операційний ескіз обробки для операції 020

За рекомендаціями [2] приймаємо подачу в діапазоні $S=0,20-0,60$ мм/об. Тоді беремо менше значення $S=0,45$ мм/об., оскільки марка оброблюваного матеріалу - конструкційна легована сталь 38ХА ГОСТ 4543-71. Прийняту величину подачі зменшуємо, оскільки обробка іде з ударами. Тоді остаточно прийнята подача при підрізанні торця «Кришки» буде:

$$S = 0,45 * 0,75 = 0,350 \text{ (мм/об.)}$$

Величину швидкості різання визначимо згідно [2]:

$$V_1 = \frac{C_{V1}}{T^{m1} \cdot S^{y1} \cdot t^{x1}} \cdot K_{V1}, \text{ м/хв,} \quad (2.6)$$

де величина стійкості різця $T = 90,5$ хвилин;

$y = 0,44$; $m = 0,20$; $C_V = 216$; $x = 0,14$ – це коефіцієнти, що входять до формули швидкостей різань, які залежать від різновидів точіння, від марки оброблюваних матеріалів та від інструментального матеріалу [2].

Знаходимо далі коефіцієнт

$$K_{V2} = K_{MV2} \cdot K_{IV2} \cdot K_{IV2}, \quad (2.7)$$

де K_{V2} - є загальним поправочним коефіцієнтом швидкості різання;

K_{MV2} - є поправочним коефіцієнтом оброблюваного матеріалу;

$$K_{MV} = K_V \cdot \left(\frac{750}{\sigma_6} \right)^{n_V}, \quad (2.8)$$

де $K_{V02} = 1,1$ - це є коефіцієнтом групи сталі за оброблюваністю;

$n_V = 1,0$ - є показником ступені групи сталей за оброблюваністю;

$\sigma_{62} = 520,0 \text{ МПа}$

- є межою міцності сталі 38ХА за ГОСТом 4543-71.

$K_{IV2} = 1,1$ - поправочний коефіцієнт з інструментального матеріалу;

$K_{IV2} = 0,85$ - це є поправочним коефіцієнтом, враховуючим стан поверхонь деталі [9].

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{520} \right)^{1,0} = 1,16$$

Тоді визначимо загальний поправковий коефіцієнт K_{V2} :

$$K_{V2} = 1,2 \cdot 1,1 \cdot 0,85 = 1,12.$$

Визначаємо швидкість різання за формулою 6.6:

$$V = \frac{225}{90^{0,2} \cdot 2,5^{0,15} \cdot 0,6^{0,45}} \cdot 1,12 = 117 \text{ (м/хв.)}$$

Величина частоти обертання шпинделю:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 122}{\pi \cdot 258} = 165 \text{ (об/хв.)}$$

де $D=256$ мм – діаметр оброблюваної заготовки кришки.

Подачу $S=0,32$ мм/об. та частоту обертання шпинделю $n=160$ об/хв. не округляємо за паспортними даними, оскільки верстат має безступінчасте регулювання подач та частот обертання.

Головну складову сили різання знаходимо згідно [2]:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot V^n \cdot K_p, \text{Н}, \quad (2.9)$$

де $n = 0$, $C_p = 204$; $y = 0,75$; $x = 1,0$ - коефіцієнти для сил різання, залежні від видів обробок, матеріалів;

K_p - коефіцієнт поправочний на сили різання;

$$K_p = K_{MP} \cdot K_{\phi P} \cdot K_{\gamma P} \cdot K_{\lambda P} \cdot K_{rP}, \quad (2.10)$$

де $K_{MP} = \left(\frac{\sigma_6}{750}\right)^n = 0,792$ - це коефіцієнт, враховуючий вплив якості

оброблюваного матеріалу на силу [2];

$n = 0,75$ - це показник степені, враховуючий групу сталі за оброблюваністю;

$K_{rP} = 1,0$; $K_{\phi P} = 0,89$; $K_{\lambda P} = 1,0$; $K_{\gamma P} = 1,1$ - це коефіцієнти, враховуючі вплив геометричних параметрів різальної частини інструментів;

$$K_p = 0,792 \cdot 0,89 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,776; \text{ тоді маємо}$$

$$P_z = 10 \cdot 204 \cdot 2,5^1 \cdot 0,6^{0,75} \cdot 102^0 \cdot 0,776 \approx 2700 \text{ Н.}$$

Знаходимо потужність різання:

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{2700 \cdot 102}{1020 \cdot 60} = 4,5 \text{ (кВт)}.$$

Робимо перевірку, чи є достатньою потужність привода верстата.

$$\text{Для верстата 16P40Ф3 } N_{\phi i} = 18,5 \cdot 0,85 = 15,7 \text{ кВт};$$

Оскільки $N = 4,5 \text{ кВт} < 15,7 \text{ (} N < N_{\text{штп.}} \text{)}$, то робимо висновок, що обробка можлива.

Основний час визначаємо за формулою (2.11):

$$T_o = \frac{L \cdot i}{n \cdot S}, \quad (2.11)$$

де L - це довжина робочого ходу інструменту;

$i = 1$ - кількість проходів.

$$L = l + l_{\text{врез}} + l_{\text{пер}}, \quad (2.12)$$

де $l = 23$ мм – це довжина торця деталі;

$l_{\text{врез}} + l_{\text{пер}} = 5,0$ мм – довжина врізання та перебігу. Тоді

$$L = 23 + 5 = 28 \text{ (мм)}.$$

Визначаємо T_0 - основний час таким чином:

$$\dot{O}_i = \frac{27 \cdot 1}{150 \cdot 0,35} = 0,53 \text{ (хв.)}$$

Розглядаємо операцію 045 – Комплексну на обробному центрі із ЧПК.

Аналітичним методом розрахунок режимів різання робимо на перехід - свердління отвору $\varnothing 12$, а режими різання на другі переходи операції призначимо табличним способом.

Вихідні дані: оброблюваний матеріал – сталь 38ХА з межею міцності $\sigma_B = 930$ МПа. Свердлемо отвір діаметром 12 мм на глибину 14 мм.

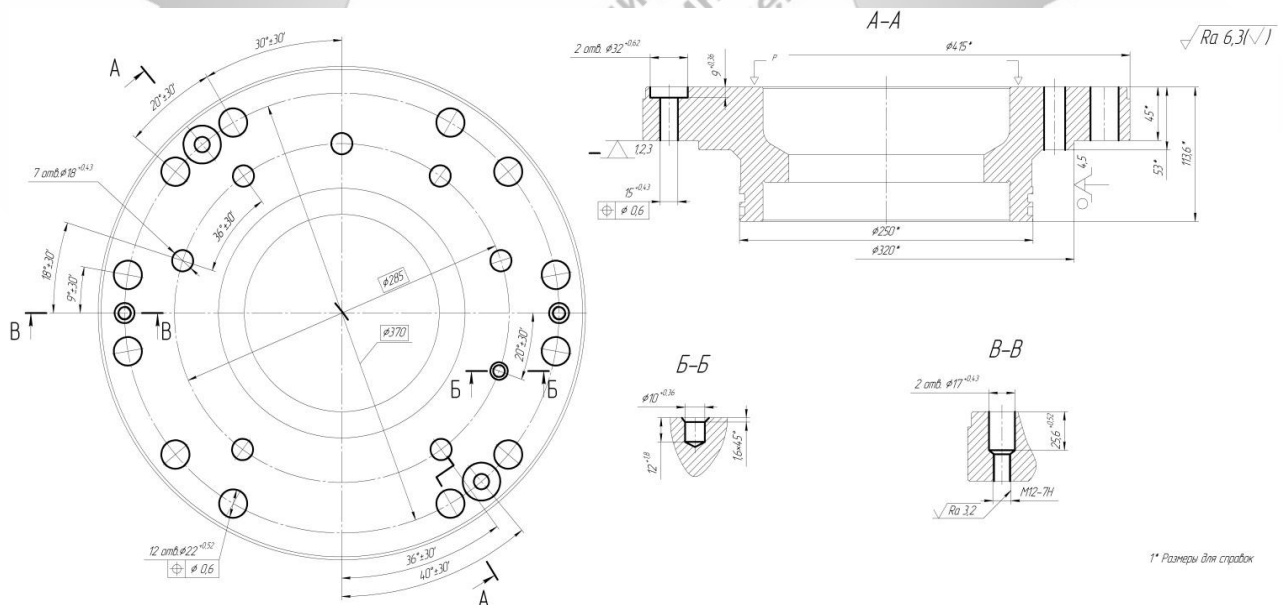


Рисунок 2.15 – Операційний ескіз обробки для операції 045

Глибина різання дорівнює половині діаметра свердла: $t = 12/2 = 6,0$ мм.

Подача $S = 0,15$ мм/об. [2]

Маємо $T = 18$ хв. – період стійкості свердла при обробці сталі 38ХА ГОСТ 4543-71 [2];

K_V – це поправочний коефіцієнт, враховуючий конкретні умови обробки.

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{IV} \cdot K_{IV}, \quad (2.13)$$

де $K_{IV} = 0,8$ - це коефіцієнт, враховуючий глибину свердління (при $l=2D$),

$K_{IV} = 1$ - це коефіцієнт, враховуючий інструментальний матеріал [2];

K_{MV} - це коефіцієнт, враховуючий оброблюваний матеріал [2];

Далі визначаємо коефіцієнт за формулою 2.8:

де $n_V = 1,0$ - це показник ступеня, враховуючий групу сталі з оброблюваності для свердління,

$$K_{MV} = 1 \cdot \left(\frac{750}{520} \right)^{1,0} = 1,16.$$

Загальний коефіцієнт K_V знайдемо так:

$$K_V = 1,16 \cdot 1 \cdot 0,8 = 0,9.$$

Тоді швидкість різання дорівнює:

$$V = \frac{9,8 \cdot 10^{0,45}}{15^{0,12} \cdot 0,15^{0,3}} \cdot 0,9 = 21 \text{ (м/хв.)}$$

Частота обертань шпинделя дорівнює:

$$n = \frac{1000 \cdot 22}{3,14 \cdot 10} = 700 \text{ (об./хв.)}$$

Отримані частоту обертання і подачу не будемо округляти за паспортними даними, оскільки верстат має безступеневе регулювання подач та частот обертання.

Сили різання при свердлінні деталі дорівнюють:

$$P_O = 10 \cdot C_P \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (2.14)$$

де $K_P = K_{MP} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n = 0,792$ - це коефіцієнт, враховуючий вплив

оброблюваного матеріала на сили;

$C_P=144$ – це коефіцієнт, залежний від матеріалів [2];

Осьова сила різання дорівнює:

$$D_f = 10 \cdot 143 \cdot 10^{0,5} \cdot 0,15^{0,45} \cdot 0,792 = 1046 \text{ Н.}$$

Сила подачі стола верстата найзначна – 40000 Н, тому силу при обробці привід витримує.

Крутний момент при свердлінні дорівнює:

$$M_{кр} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_P, \quad (2.15)$$

де $C_M = 0,042$ – це коефіцієнт, залежний від матеріалів [2];

$$\dot{I}_{\text{св}} = 10 \cdot 0,041 \cdot 10^{0,5} \cdot 0,15^{0,45} \cdot 0,76 = 0,32 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Потужність різання при свердлінні дорівнює:

$$N = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} \quad (2.16)$$

Таблиця 2.5 – Режими різання на операції 045

Перехід	Режими обробки					L, мм	То, хв.	Метод
	t, мм	S, мм/об	n, об/хв.	V, м/хв.	i			
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Операція 020 токарна з ЧПК								
Підрізати торець в розмір 118	1,5	0,32	150	124	2	28	0,52	Аналітичний
Точити поверхню Ø 254	1,5	0,32	150	124	1	56	1,2	Табличний
Підрізати торець Ø322/Ø252, витримуючи розмір 62	1,5	0,32	125	129	2	32	1,5	Табличний
Підрізати торець Ø422/Ø324, витримуючи розмір 69	1,5	0,32	100	134	2	52	5,8	Табличний
Точити поверхню, витримуючи розмір Ø324 на довжину 69	1,0	0,25	125	129	1	14	0,5	Табличний
Розточити поверхню, витримуючи розмір Ø209 на довжину 32	1,0	0,32	200	130,8	2	36	2,1	Табличний
Підрізати торець Ø209/Ø162, витримуючи розмір 32	1,0	0,32	200	130,8	2	36	0,7	Табличний

Продовження таблиці 2.5

Операція 045 комплексна на обробних центрах з ЧПК								
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Центрувати послідовно 24 отвори	3,0	0,1	800	15	22	3	1,2	Табличний
Свердлити отвір Ø12 на глибину 14	6,0	0,15	600	22	1	14	0,18	Аналітичний
Зенкувати фаску 1x45°	1,0	0,04	315	12	1	3	0,34	Табличний
Свердлити 2 отвори Ø10,4 на прохід	5,2	0,15	500	22,8	2	52	0,92	Табличний
Нарізати різь в отворах M12-7H	0,85	1,74	100	7,8	2	12	0,5	Табличний
Свердлити два отвори Ø15 напрохід	7,5	0,25	500	25	2	51	0,9	Табличний
Цекувати два отвори Ø32 на глибину 10	8,5	0,05	125	12,4	2	10	3,7	Табличний
Свердлити 6 отворів Ø18 напрохід	9,0	0,25	500	27	7	58	3,4	Табличний
Свердлити 14 отворів Ø22 напрохід	11,0	0,3	400	27,6	12	54	5,5	Табличний

$$\text{Маємо: } N = \frac{0,32 \cdot 700}{9750} = 0,07 \text{ кВт.}$$

Потужність різання при свердлінні не перевищує потужності верстата 15 кВт, отже свердління є можливим. Визначимо основний час T_o :

$$\dot{O}_i = \frac{15 \cdot 1}{700 \cdot 0,15} = 0,16 \text{ хв.}$$

Довжину робочого ходу свердла визначимо так:

$$L = 14 + 3 = 17 \text{ (мм).}$$

де $l = 14$ мм – це довжина оброблюваного отвору;

величина $(l_{\text{врізан}} + l_{\text{перебіг}}) = 3,0$ мм – це довжина врізання та перебігу [2].

2.8 Технічне нормування операцій 020 та 045

Проводимо нормування операції 020 – токарної з ЧПК, використовуючи спеціальну довідкову літературу з норм допоміжного часу. Визначимо норми штучно – калькуляційного часу на операції 020.

Деякі необхідні нам дані, зокрема з режимів різання, візьмемо з попереднього пункту записки.

Основний час на всій операції буде складатися із суми величин основних часів окремих переходів операції.

$$\Sigma T_{01} = 11,8 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину допоміжного часу $T_{\text{доп}}$ на операції 020 за формулою:

$$T_{\text{доп}_1} = T_{\text{доп.уст}} + T_{\text{доп.оп}} + T_{\text{доп.вим}} \quad (2.17)$$

де $T_{\text{доп.уст}}$ – це допоміжний час на установлення та зняття заготовки «Кришки»;

$T_{\text{доп.оп}}$ – це допоміжний час пов'язаний з операцією;

$T_{\text{доп.вим}}$ – це допоміжний час на вимірювання.

Згідно нормативів [9], маємо:

$$T_{\text{доп.уст}} = 2,52 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{доп.оп}} = 3,21 \text{ хв.},$$

$$T_{\text{доп.вим}} = 0,21 \cdot 8 + 0,42 = 2,1 \text{ (хв.)},$$

де 0,21 – це час на вимірювання лінійних та діаметральних розмірів деталі штангенциркулем [9];

0,42 – це час для здійснення контролю фаски на деталі [9];

Тоді маємо:

$$T_{\text{доп}_1} = 2,52 + 3,21 + 2 = 6,73 \text{ (хв.)}$$

Проведемо визначення величини штучного часу на операції:

$$T_{шт_1} = (\sum T_o + T_{доп.} \cdot K_{ТВ}) \cdot (1 + a_{орг1.} + a_{тех.обсл.} + a_{потр.}/100) \quad (2.18)$$

де $(a_{орг1.} + a_{тех.обсл.} + a_{потр.})$ – це час на технічне обслуговування робочого місця, час відпочинку та на особисті потреби, що дорівнює 8% [10];

$K_{ТВ}=1,24$ – це поправковий коефіцієнт на величину допоміжного часу в залежності від розмірів партії деталей, що обробляються, та від серійності існуючого виробництва.

Маємо:

$$T_{шт_1} = (11,8 + 6,73 \cdot 1,24) \cdot (1 + 8/100) = 22,4 \text{ (хв.)}$$

Проведемо визначення величини норми штучно-калькуляційного часу на операції:

$$T_{шт-к} = T_{шт} + T_{п-з/n}, \quad (2.19)$$

де $n = 163$ штук – це кількість деталей в одній партії;

$T_{п-з}$ – це норма підготовчо-заключного часу, хв.

Тоді маємо для операції 020: $T_{п-з} = 3 + 8 + 2 + 2 + 2 \cdot 2 + 4 + 2 + 1 + 4 + 2 = 34$ (хв.);

де 3 – це час на одержання креслення і на отримання наряда;

8 – це час на отримання вимірювального, допоміжного та ріжучого інструментів в інструментальній кладовій;

2 – це час на ознайомлення із кресленням заготовки на операції;

2 – це час на інструктаж майстра на робочому місці;

4 – це час на наладку пристрою, а саме на зміну трьох кулачків;

2 – це час на установлення та зняття одного з видів інструмента в револьверної головці верстата;

2 – це час на введення програми з програмоносія в систему верстата;

4 – це час на прив'язування інструмента по осях X та Z верстата;

2 – це час на налаштування подавання рідини МОР.

Тоді величина штучно–калькуляційного часу на операції 020 дорівнюватиме:

$$T_{ш-к} = 22,4 + 34/163 = 22,93 \text{ (хв.)}$$

Проводимо нормування операції 045 – комплексної з ЧПК.

Основний час на всій операції буде складатися із суми величин основних часів окремих переходів операції.

$$\Sigma T_{02} = 31,6 \text{ (хв.)}$$

Визначимо величину допоміжного часу $T_{доп_2}$ на операції 045 за формулою 2.17:

$$T_{доп_2} = T_{доп.уст_2} + T_{доп.оп_2} + T_{доп.вим_2},$$

$$\text{де } T_{доп.уст_2} = 2,6 * 2 = 5,2 \text{ (хв.) [10];}$$

$$T_{доп.оп_2} = 4,6 \text{ хв. [10];}$$

$T_{доп.вим_2} = 6,9$ хв. – враховано весь час, що був необхідний для повного та якісного процесу контролю деталі із застосуванням вимірювальних інструментів – мікрометра, штангенциркуля, спеціальних шаблонів і нутрометра.

Тоді маємо:

$$T_{доп_2} = 2,6 \cdot 2 + 4,6 + 6,9 = 16,7 \text{ (хв.)}$$

Проведемо визначення величини штучного часу на операції за формулою 2.18:

$$T_{шт_2} = (\Sigma T_o + T_{доп.} \cdot K_{тв}) \cdot (1 + a_{оргл.} + a_{тех.обсл.} + a_{потр.}/100)$$

де $(a_{оргл.} + a_{тех.обсл.} + a_{потр.})$ – це час на технічне обслуговування робочого місця, час відпочинку та на особисті потреби (8%);

Коефіцієнт $K_{тв}$, як і в попередньому випадку, $K_{тв} = 1,24$.

$$\text{Тоді штучний час } T_{шт_2} = (31,6 + 16,7 \cdot 1,24) \cdot (1 + 8/100) = 54 \text{ (хв.)}$$

Проведемо визначення величини норми штучно-калькуляційного часу на операції 045 за формулою 2.19:

$$T_{ш-к_2} = T_{шт_2} + T_{п-3-2/n}$$

де $T_{п-3-2}$ – це величина підготовче-заклучного часу, хв.

Тоді маємо для операції 045:

$$T_{п-3-2} = 4+14+2+3+3+1*4+1+1+5+2 = 39 \text{ (хв.)},$$

де 4 – це час на одержання наряду, креслення;

14 – це час на отримання вимірювального, допоміжного та ріжучого інструментів в інструментальній кладовій;

2 – на ознайомлення із кресленням заготовки на операції;

3 – на інструктаж майстра на робочому місці;

3 – на налагодження пристрою;

1 - це час на установлення та зняття інструмента;

1 – на введення програми з програмоносія в систему верстата;

5 – на прив'язування інструмента по осях X та Z верстата.

2 – це час на налаштування подавання рідини МОР.

Тоді величина штучно–калькуляційного часу на операції 045 дорівнюватиме:

$$T_{ш-к_2} = 54 + 39/163 = 55,08 \text{ (хв.)}$$

де $n = 163$ штук – це кількість деталей в одній партії.

2.9 Проектування верстатного пристрою для операції 045 комплексної з ЧПК

В даний час заготовку обробляють на універсальному верстаті в трикулачковому патроні, що встановлений в ділильній головці. Застосування спецпристрою з пневмоприводом дозволить понизити трудомісткість обробки та підвищити стабільність параметрів точності операції.

Операція 045 комплексна з ЧПК виконується на верстаті моделі 2115Н7Ф4. Уточнемо мету технологічної операції.

На цій операції повинні формуватися наступні розміри:

- отвір діаметром $\varnothing 17$ мм, отвір $\varnothing 18$ мм отвори $\varnothing 15$, фаска $1,5 \times 45^\circ$, ступінчаті отвори $\varnothing 15 / \varnothing 32$ мм.

Наскрізний отвір $\varnothing 18$ мм має вільний розмір, і це означає, що у відповідності до технічних вимог на виготовленні деталі «Кришка», беремо допуск за 14 квалітетом точності:

$$T_{\varnothing 18} = 430 \text{ мкм.}$$

Також на всі інші діаметри отворів у відповідності до технічних вимог на виготовленні деталі «Кришка», беремо допуск за 14 квалітетом точності.

Вільний розмір має і глибина отвору $\varnothing 32$ мм, що дорівнює 9 мм, тому його допуск беремо за IT14:

$$T_9 = 360 \text{ мкм/}$$

Номінальні значення вільних розмірів інших поверхонь та допуски на них проставимо аналогічно до попередніх лінійних розмірів:

- розмір 15 (він визначає положення отвору відносно торцю),

$$T_{15} = 430 \text{ мкм,}$$

- розмір 1,5 (він визначає фаску $1,5 \times 45^\circ$):

$$T_{1,5} = 200 \text{ мкм.}$$

Оцінемо точності форми оброблюваних поверхонь.

Похибку форм зазначених циліндричних поверхонь приймемо в межах 30 відсотків від допусків на діаметри:

$$T_{f/o/\varnothing 15} = 0,3 * 430 = 129 \text{ (мкм)}.$$

Тоді приймемо анайближчу стандартну величину допусків округлості т циліндричності:

$$T_{o\varnothing 15} = 100 \text{ мкм, що відповідає 13-му ступеню точності;}$$

Оцінемо точності розташування поверхонь, що обробляються.

На кресленні «Кришки» задано два позиційних допусків, що дорівнюють 0,6 мм.

Оцінемо шорсткість поверхонь, що обробляються.

Шорсткість поверхонь, що обробляються, згідно з кресленням «Кришки», має значення Ra 6,3 мкм.

З'ясуємо кількісні, якісні параметри заготовки.

На цю операцію 045 заготовка надходить з остаточно обробленими базовими поверхнями «Кришки». Маса заготовки складає 59,8 кг, а матеріал заготовки – це сталь 38ХА за ГОСТ 4543-79. Заготовка цілком жорстка, вона має циліндричну форму, оброблюваність її задовільна.

Проаналізуємо базові поверхні «Кришки».

Розробляема конструкція пристрою припускатиме базування заготовки за торцем та за зовнішню циліндричною поверхню $\varnothing 320h6$. Згідно із кресленням $\varnothing 320$ обробляється за квалітетом ІТ6. Знайдемо значення допуску:

$$T_{\varnothing 320} = 36 \text{ мкм}.$$

Це означає, що діаметр поверхні виконаний з параметром $\varnothing 320h6 (-0,036)$. Довжина поверхні складає 8 мм. Відношення $l/d \ll 1$, тому це свідчить про можливість використання поверхні в якості подвійної опорної бази.

Торець $\varnothing 415/\varnothing 320$ мм виступає як встановлювальна база, $\varnothing 415$ є вільним розміром, тому його допуск беремо за 14 квалітетом:

$$T_{\varnothing 415} = 780 \text{ мкм.}$$

Оцінемо точність форм базових поверхонь.

Похибка форм зовнішньої циліндричної поверхні $\varnothing 320h6$ характеризується відхиленням від циліндричності та круглості за ГОСТом 24643 – 86, вона як 30 відсотків від допуску да розмір (оскільки допуск циліндричності та круглості не вказано у технічних вимогах і на кресленні «Кришки», то він може бути встановленим в межах допуску на діаметр):

$$T_{/o/\varnothing 320} = 0,3 \cdot 36 = 10,8 \text{ (мкм).}$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску циліндричності та круглості:

$$T_{/o/\varnothing 320} = 12 \text{ мкм.}$$

що відповідає 6-му ступеню точності.

Похибки форм торця $\varnothing 415/\varnothing 320$ характеризують відхиленнями від площинності. Оскільки цей допуск площинності не вказано, то він входить до складу допусків на номінальний розмір. Тоді розрахункове значення допуску з площинності торця буде:

$$T_{\square \varnothing 415/320} = 0,6 \cdot 780 = 468 \text{ (мкм).}$$

Прийmemo найближчу стандартну величину допуску з площинності:

$$T_{\square \varnothing 415/320} = 600 \text{ мкм,}$$

що відповідатиме 15-му ступеню точності.

Оцінемо точності розташувань базових поверхонь.

Розглянемо можливі похибки по радіальному биттю $\text{Ø}320\text{h}6$ та по биттю торця $\text{Ø}415/\text{Ø}320$. На кресленні значення радіального биття $\text{Ø}320\text{h}6$ складає 40 мкм. Обираємо стандартне значення допуску:

$$T_{\uparrow \text{Ø}320} = 30 \text{ мкм},$$

що відповідає 5-му ступеню точності.

Допуск торцевого биття торця $\text{Ø}415/\text{Ø}320$ на кресленні «Кришки» не вказано, тому беремо його значення таким, що дорівнює 60% від допуску на відповідний номінальний розмір:

$$T_{\uparrow \text{Ø} \text{Ø}415/320} = 0,6 \cdot 780 = 468 \text{ (мкм)},$$

Приймаємо найближче стандартне значення допуску на торцеве биття:

$$T_{\uparrow \text{Ø} \text{Ø}415/320} = 600 \text{ мкм},$$

що відповідає 13-му ступеню точності.

Оцінемо шорсткість базових поверхонь.

Зазначена на кресленні шорсткість поверхні діаметра $\text{Ø}320\text{h}6$ відповідає $Ra_{1,6}$ мкм. Для торцевої поверхні $\text{Ø}415/\text{Ø}320$ шорсткість також $Ra_{1,6}$ мкм. Це цілком відповідає вимогам щодо точності, яка пред'являються до можливих базових поверхонь.

В проектуваному пристрої плануємо обробляти заготовки «Кришки» із базовими поверхнями саме таких розмірів та із вказаними параметрами точності. Тому адаптивні властивості базових елементів проектуваного пристрою повинні бути в зазначених межах допусків розглянутих розмірів.

Оцінемо умови, де буде виготовлятися ті експлуатуватися проектуваний спеціальний пристрій.

Річну програму випуску «Кришек» визначено в 2000 деталей. Ця програма передбачає з урахуванням трудомісткості обробки тип виробництва

дрібносерійний. Заготівка «Кришки» буде оброблятися на комплексній операції з ЧПК 045. Оброблювальний центр 2115H7Ф4 призначено для обробки різних деталей складної конфігурації з різних матеріалів. Поряд зі свердлильними операціями на цьому верстаті можна проводити фрезерування та інші види обробки. Пристрій повинен бути обслуговуватися верстатником третього розряду.

Проведемо складання списку реалізованих у пристрої функцій.

0. Переміщення та попередня орієнтація заготівки.
 1. Базування заготівки «Кришки».
 2. Закріплення заготівки «Кришки».
 3. Базування спеціального пристрою на верстаті.
 4. Закріплення спеціального пристрою на верстаті.
 5. Підведення, відведення енергоносія від пристрою.
 6. Генерація вихідної сили для закріплення заготовки «Кришки».
 7. Управління енергоносієм у пристрої.
 8. Об'єднання функціональних вузлів у корпусі пристрою.
 9. Обробка поверхонь «Кришки» згідно кресленню.
 10. Створення безпечних умов праці в пристрої.

Проаналізувавши умови реалізації зазначених функцій, а також вимоги до результатів їхніх реалізації, робимо пошуки аналогів з накопиченого фонду технічних рішень пристроїв. Віддамо переваги надійним, апробованим на практиці стандартним технічним рішенням-носіям функцій.

Далі можна побудувати функціональну структуру пристрою, що проектується.

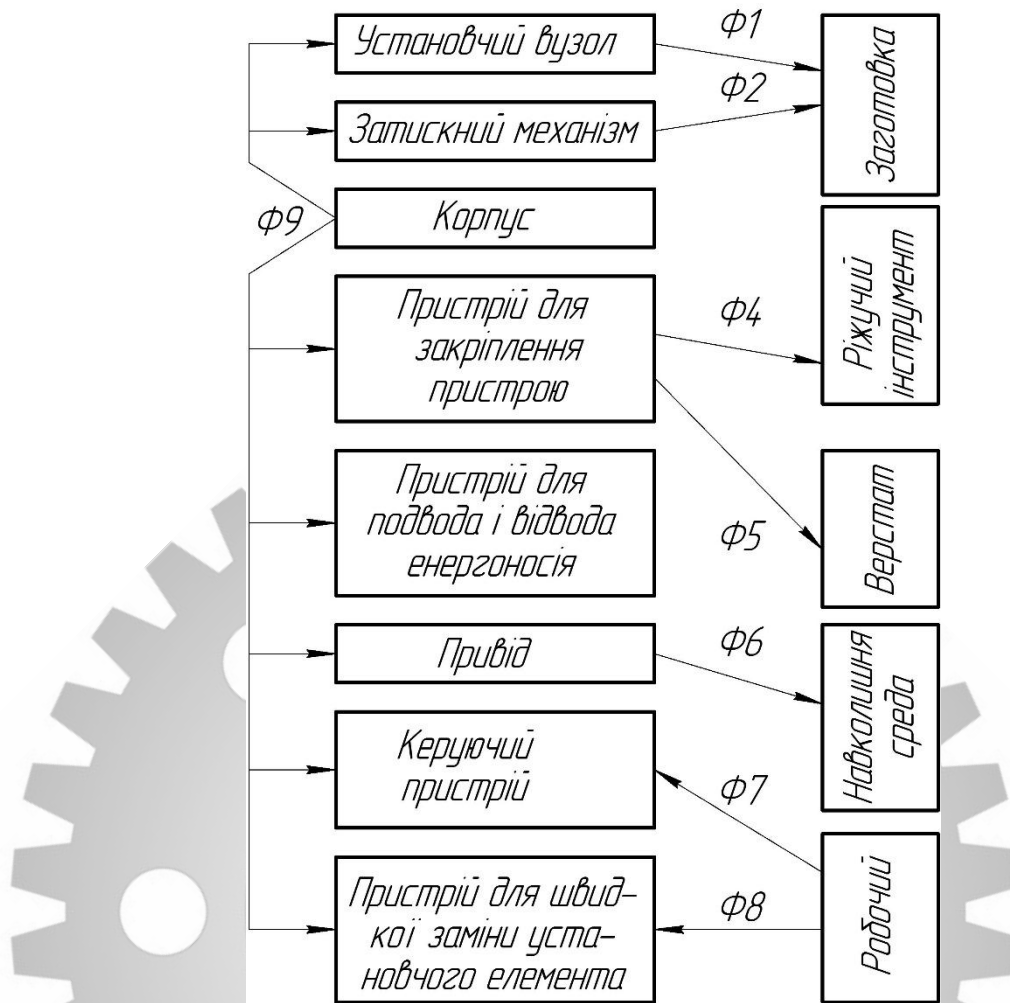


Рисунок 2.18 – Функціональна структура пристрою, що проектується

На операції 045 можливе запропонування декількох схем базування заготовки. Зробимо вибір встановлювальної та подвійно-опорної базових поверхонь.

Зі всієї кількості поверхонь, що утворюють заготовку, головною базовою поверхнею може бути поверхня торця $\varnothing 415/\varnothing 320$.

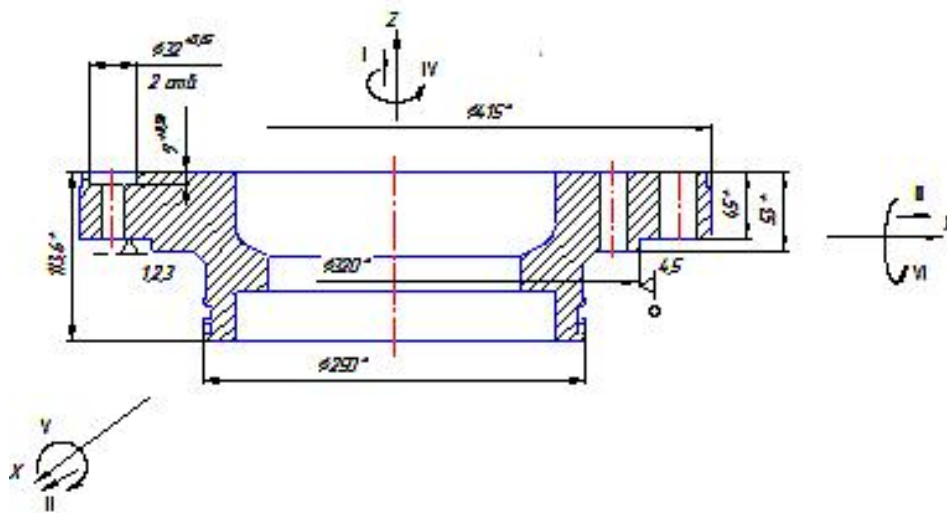


Рисунок 2.19 – Базування на операції 045 обробки «Кришки»

Похибки базування для глибин обробляємих отворів розглядати не потрібно, оскільки вони, окрім отвору глибиною 9,0 мм, виконані напрохід.

$$\varepsilon_{\delta} = T_{45} = 280 \text{ мкм} < T_9 = 360 \text{ мкм},$$

отже потрібну точність буде забезпечено.

Розглянемо позиційний допуск та похибку базування на розташування отворів:

$$E_{\delta \text{ позиц}} = \delta_{01} + \delta_{02} + 2\Delta \quad (2.20)$$

де $\delta_{01} = 0,036$ мм – це допуск на діаметр базової поверхні $\text{Ø}320\text{h}6(-0,036)$ мм;

$\delta_{02} = 0,057$ – це допуск на діаметр оправки пристрою $\text{Ø}320\text{F}7(+0,119 / +0,062)$ мм;

Подвоєна величина мінімального зазору посадки заготівки в оправці:

$$2\Delta = 0,0980 \cdot 2 = 0,1960 \text{ (мм)},$$

Тоді $E_{\delta \text{ позиц}} = 0,0360 + 0,0570 + 0,1960 = 0,2890$ мм,

що є меншим за позиційний допуск ($0,2890 < 0,60$ мм), отже обробка здійснюється без браку.

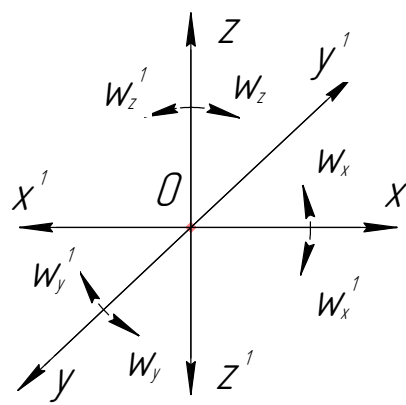


Рисунок 2.20 – Схема однобічних напрямків зв’язків, покладених при базуванні на заготовку на операції 045

Таблиця 2.12 – Індеси з координатами зв’язків

Індекс координат		x	x'	y	y'	z	z'	ω _x	ω' _x	ω _y	ω' _y	ω _z	ω' _z
Метод реалізації	Наявність реакції	R	R	R	R	-	R	R	R	R	R	-	-

Розробимо і обґрунтуємо схему закріплення заготовки «Кришки».

Зробимо аналіз структури полів сил збудюючих та сил зрівноважувальних.

Для більш точного визначення взаємних впливів полів збудюючих сил і полів зрівноважувальних сил ми проаналізуємо модель збудюючих сил у взаємозв'язку з прийнятою схемою базування, а також модель поля зрівноважувальних сил, що створює затискний механізм пристрою.

Так, складові поля збудюючих сил є не повністю врівноваженими, а саме тому вони потребують застосування додаткових сил закріплення в пристрої. Технічно схема закріплення реалізується затискною швидкозмінною шайбою, за допомогою якої заготівка закріплюється зверху.

Проведемо розрахунки сил закріплення заготовки в пристрої.

Спочатку розрахуємо загальний коефіцієнт запаса:

$$K = K_0 K_1 K_2 K_3 K_4 K_5 K_6, \quad [1, \text{с.85}]; \quad (2.21)$$

де $k_0 = 1,5$ – це гарантований коефіцієнт запаса [1, с.85];

k_1 – це коефіцієнт, за яким враховується збільшення сили різання через шорткість на оброблюваних поверхнях ($k_1 = 1,10$);

k_2 – це коефіцієнт, за яким враховується збільшення сил різання через затуплення різального інструмента ($k_2 = 1,70$);

k_3 – це коефіцієнт, за яким враховується збільшення сил різання при різанні переривчастих поверхонь ($k_3 = 1,0$);

k_4 – це коефіцієнт, за яким враховується сталість сили закріплення, що генерує затискний механізм пристрою ($k_4 = 1,20$);

k_5 – це коефіцієнт, за яким враховується ергономічність ручних затискних механізмів у пристроях ($k_5 = 1,0$);

k_6 – це коефіцієнт, за яким враховується наявність крутних моментів, що прагнуть повернути оброблювану заготовку,

$$K = 1,50 \times 1,10 \times 1,70 \times 1,0 \times 1,20 \times 1,10 = 3,367.$$

Величину сили різання P_y визначимо з співвідношення:

$$P_y = 0,4 \cdot P_z \quad (2.22)$$

де $P_z = 1572 \text{ Н}$ – це сила різання, знайдена раніше.

Тоді $P_y = 0,4 \cdot 1572 = 628 \text{ (Н)}$.

Складемо рівняння моментів сил та визначаємо силу закріплення W .

На середньому діаметрі опорних площин будуть діяти такі сили тертя: $F_{\text{тр}1}$ та $F_{\text{тр}2}$. Момент тертя повинен бути більшим за момент різання. Умова моментів:

$$M_{\text{тр}} > M_{\text{різання}} \quad (2.23)$$

Перейдемо від нерівності до рівності:

$$M_{\text{тр}} = K M_{\text{різання}} = K \cdot l \cdot P_y;$$

$$Fmm_{b_1} \times \left(\frac{R_1 + \frac{125,0}{2}}{2} \right) + Fmm_{b_2} \times \left(\frac{R_2 + \frac{125,0}{2}}{2} \right) = K \times l \times Py1$$

$$W \times f_{01} \times \left(\frac{R_1 + \frac{125,0}{2}}{2} \right) + W \times f_{02} \times \left(\frac{R_2 + \frac{125,0}{2}}{2} \right) = K \times l \times Py1$$

$$R_{01} = \frac{Dm1}{2} = \frac{160}{2} = 80(\text{мм}),$$

де $Dm1$ - величина зовнішнього діаметра шайби швидкозмінної;

$$R_{02} = 146,0/2 = 73,0 (\text{мм});$$

$$l = 260,0/2 = 130,0 (\text{мм});$$

$f_{01} = f_{02} = 0,25$ – це коефіцієнти тертя по поверхнях деталі та пристрою.

Тоді знайдемо силу закріплення W :

$$W = \frac{K \times l \times Py1}{f_{01} \times \left(\left(R_{01} + \frac{125,0}{2} \right) + \left(R_{02} + \frac{125,0}{2} \right) \right)} = \frac{2 \times 3,367 \times 130,0 \times 629}{0,250 \left((80 + 62,50) + (73,0 + 62,50) \right)} = 17517(H).$$

Обґрунтуємо вибір приводу пристрою.

Величини ходу в 5-10 мм достатньо для розкріплення заготовки, тому раціонально вибрати саме тарілчасту резинотканинову пневмокамеру з односторонньою дією та з діаметром діафрагми, який визначаємо за формулою:

$$D = 1,130 \sqrt{\frac{W}{p}} = 1,130 \times \sqrt{\frac{17517}{0,40}} = 311,4 \text{ мм} \quad (2.24)$$

де $p = 0,40$ МПа – це величина тиску повітря в мережі пристрою.

Тоді приймаємо найближчий стандартний діаметр пневмокамери:

$$D = 315 \text{ мм.}$$

Маємо таку фактичну силу закріплення заготовки:

$$W_{\text{факт}} = \frac{D^2 \times p}{1,130^2} = \frac{160^2 \times 0,40}{1,130^2} = 8040(H).$$

Оскільки $W_{\text{ф}} \gg W$, то заготовку при обробці буде надійно закріплено.

Проведемо точніші розрахунки пристрою для операції 045.

Розрахунки допусків на виготовлення деталей пристроїв являють собою перетворення існуючої інформації за точність обробки поверхонь заготовки на даній операції 045 в точніші вимоги до самого пристрою.

Визначаємо ті розрахункові параметри, що в більшій мірі вплинуть на досягнення заданого допуску оброблюваної заготовки. Тоді при обробці заданої заготовки до розрахункових параметрів слід віднести позиційний допуск розташування отворів $\varnothing 18$:

$$T = 0,8 \text{ мм на діаметрі } 230 \text{ мм.}$$

Для елементів пристрою тоді визначаємо допустиму похибку паралельності верхнього торця стакану до встановлювальної поверхні всього пристрою.

$$E_{\text{пр-розр}} \leq T_{\text{розташ}} - K_{T0} \sqrt{E_{\text{зно}}^2 + (K_{T2} \cdot E_{\text{баз}})^2 + E_{\text{закр}}^2 + E_{\text{П}}^2 + E_{\text{поз}}^2 + E_{\text{у}}^2 + (K_{Tш} \cdot \omega)^2}, \quad (2.25)$$

де $T_{\text{розташ}}$ – це позиційний допуск розташування $T = 0,60 \text{ мм} = 600,0 \text{ мкм}$;

K_{T0} - коефіцієнт, що враховує можливість відступлення від нормального закону розподілу складових похибок, приймаємо $K_{T0} = 1,20$;

$\varepsilon_{\text{зно}}$ - похибка через зношування установлюваних елементів пристрою.

$$\varepsilon_{\text{зно}} = \beta_{02} \cdot N, \quad (2.26)$$

де $\beta_{02} = 0,001$ - це постійний коефіцієнт [2];

N - це кількість контактів заготовки з опорою. З урахуванням річного випуску випуск деталей 2000 штук, маємо

$$\varepsilon_{\text{зно}} = 0,001 \cdot 2000 = 2,0 \text{ (мкм)}$$

K_{T2} - коефіцієнт, що враховує можливість зменшення граничних значень похибки базування, приймають до уваги, якщо похибка базування не дорівнюватиме нулю. Маємо $K_{T2}=0,850$;

$\varepsilon_{\text{баз}}$ - похибка базування заготовки, що дорівнюватиме максимальному зазору між посадковою оправкою та отвором у заготовці:

$$\varepsilon_{\text{баз}} = S_{\text{max}} = 148,02 - 147,974 = 0,068 \text{ мм} = 68 \text{ (мкм)}.$$

$\varepsilon_{\text{закр}}$ - це похибка закріплення заготовки «Кришки» в пристрої. Оскільки використано механізований привід, то приймаємо $\varepsilon_{\text{закр}}=0$;

ε_n - похибка перекося свердла. Оскільки кондукторні втулки не використовуємо, то $\varepsilon_n=0$;

$\varepsilon_{\text{поз}}$ - це похибка позиціонування обладнання. Згідно до паспорта верстата маємо $\varepsilon_{\text{поз}}=50,0$ мкм;

ε_y - це похибка установлення пристрою на столі верстата, що враховує проміжки між елементами пристрою - шпонками та посадковими елементами верстата у вигляді Т-подібних пазів. Маємо посадки шпонок: 16H8/h9. Довжина l_0 дорівнює діаметру, де розташовані оброблювані отвори. Тоді:

$$\varepsilon_y = \frac{S \cdot l_0}{L}, \quad (2.27)$$

де $l_0 = 232$ мм;

S – величина максимального зазору у шпонковому з'єднанні

$$S = 16,044 - 15,956 = 0,088 \text{ (мм)} = 88 \text{ мкм};$$

$L = 368$ мм – це відстань між шпонками. Тоді

$$\varepsilon_y = \frac{0,088 \cdot 232}{368} = 0,052 \text{ (мм)} = 52 \text{ мкм}.$$

$K_{Tш}$ – це коефіцієнт, враховуючий ймовірності появив похибок оброблення, $K_{Tш}=0,60$;

ω - це середня економічна точність обробки: для свердління середньою є економічна точність - 12 квалітет. Тоді допуск діаметра оброблюваного отвору за 12-тим квалітетом $\text{Ø}18\text{H}12$ буде дорівнювати: $\omega=180,0$ мкм.

Тоді допустима похибка пристрою буде дорівнювати:

$$\varepsilon_{np} = 600 - 1,2 \cdot \sqrt{0^2 + (0,85 \cdot 68)^2 + 0^2 + 52^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 180,0)^2 + 50^2} = 600 - 734,6 = 58,2 \text{ мкм}$$

Прийmemo найближче значення допуску паралельності торцевої поверхні стакану до основи пристрою:

$$T = 0,06 \text{ мм.}$$

Це значення простваємо на складальному кресленні як технічну вимогу до розташування елементів проектованого пристрою.

Пристрій необхідно тримати у неволоному теплом приміщенні, зберігати у коробку з дерева. В періоди між роботою – змащувати машинним мастилом для запобігання корозії. Періодично перевіряти надійність кріплення складальних одиниць та окремих елементів у корпусі пристрою.

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОГНИЩА ДЕФОРМАЦІЙ НА ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ОБРОБКИ ТИСКОМ

Великий практичний та науковий інтерес являє собою оптимізація технологічних параметрів процесів обробки тиском, а саме кування на молотах та кування на пресі (пресування), з метою отримання виробів з мінімальними енергосиловими параметрами. Деформований та напружений стан металу разом із розмірами вогнища деформації при обробці тиском у великій мірі залежать від конструкції інструмента та, як правило, від форм матричної лійки. Нажаль, дотепер не існує єдиної теорії впливу геометрії вогнища деформацій на так звані енергосилові параметри процесу обробки тиском металів.

Проведені нами дослідження торкалися визначення профілей матричної лійки на базі аналізу поля ліній ковзання на сталій стадії обробки тиском через одноканальну симетричну матрицю. Комп'ютерне моделювання прямого пресування сталі 38ХА, що мала швидкість деформації 1 мм/сек та величину витяжки $\mu = 80$, дозволило дослідити такі типи профілів матричних лійок:

- профіль увігнутий, що було побудовано за циклоїдою з радіусом $R_{\text{ц}}$, якщо виходити з умов найбільшої рівномірності течії пластичного металу в матричній лійці;
- матриця з формою усіченого конусу;
- профіль опуклий, який побудований за експонентою і аргументований умовами сталості логарифмічної деформації λ_z , що відповідає на одиницю висоти матричних лійок;
- профіль матриці виконано по лінії ковзання, де відокремлюється пластична зона від сталої пружної стадії пресування;

- опуклий профіль, який було обґрунтовано умовами забезпечення сталості швидкості величини деформації (усередненої) по висоті матричної лійки (див. рисунок 3.1).

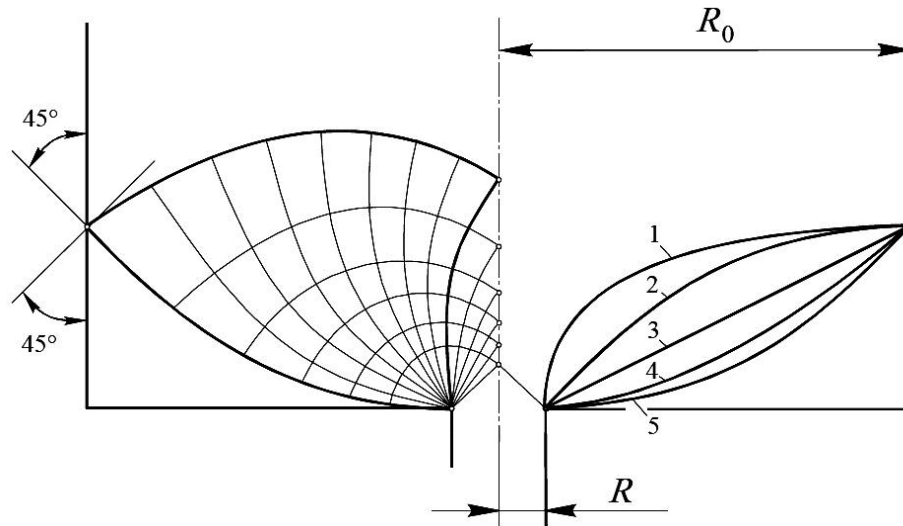


Рисунок 3.1 – Різні профілі матричних лійок для обробки тиском:

1 – опукла логарифмічна (перша); 2 – опукла логарифмічна (друга); 3 – конусна лійка; 4 – увігнута за циклоїдою; 5 – увігнута за лінією ковзання

Проведений аналіз комп'ютерного моделювання з використанням програмного комплексу «Deform 2D/3D» основних силових параметрів обробки тиском показав суттєві переваги профілів матриць, що увігнуті, відносно інших різновидів профілів (опуклих). Найменші енергосилові витрати при обробці тиском через матрицю, з профілем виконання якої за лінією ковзання (що відокремлює пружну зону від пластичної), було відзначено в порівнянні з іншими різновидами профіля матриць (див. рисунки 3.2 – 3.3).

За моделями Рейе-Арчарда-Хрущова оцінювали величини зношення інструмента. Ця модель заснована на теорії контактів з нерівностями, її використовують для опису спрацювання ковзання. Зношення контактної

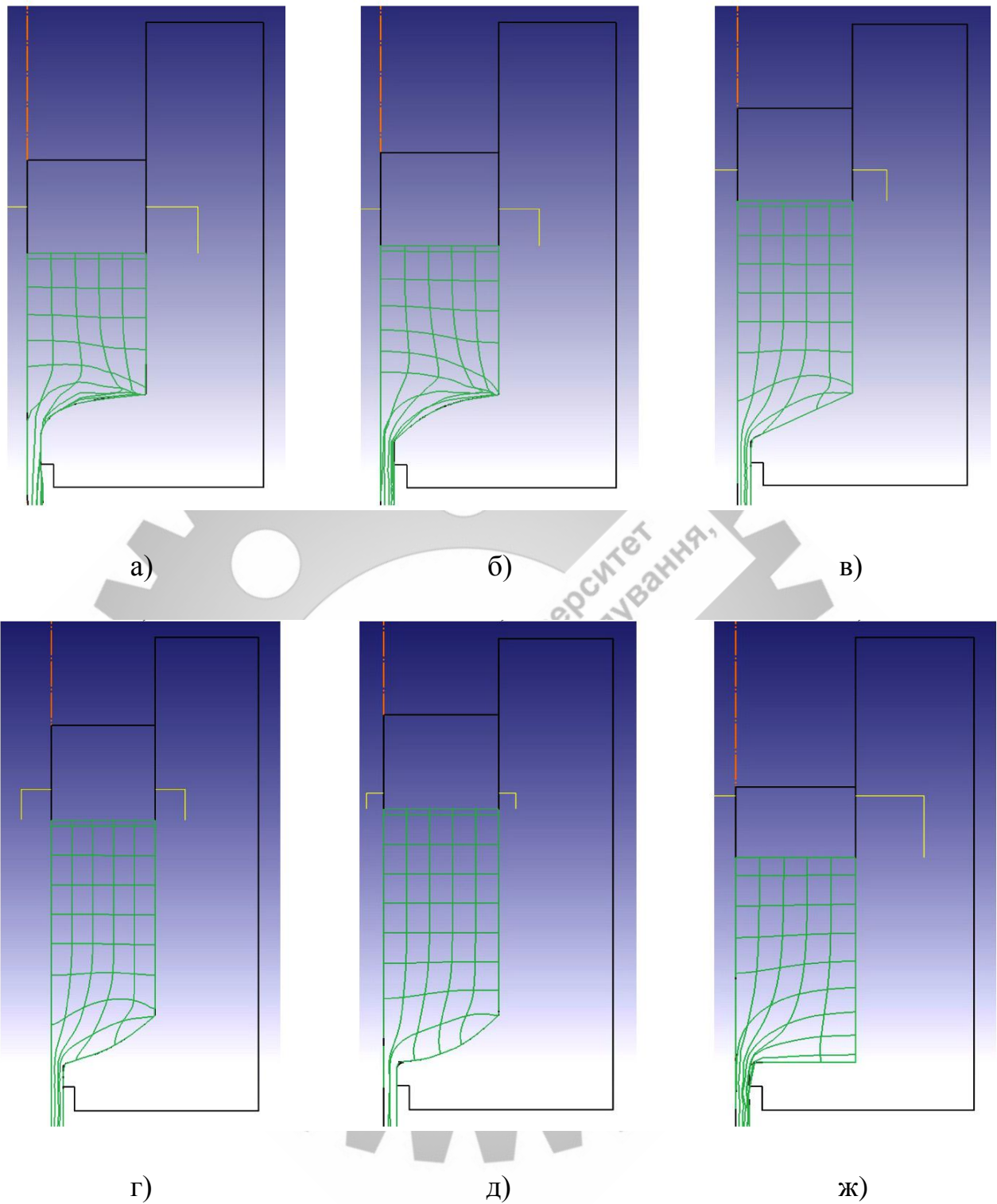


Рисунок 3.2 – Демонстрація викривлень рисунку координатної сітки через різні види матричних лійок (стала стадія обробки тиском):

а – опукла логарифмічна (перша); б – опукла логарифмічна (друга); в – конусна форма лійки; г – увігнута форма за циклоїдою; д – увігнута форма за лінією ковзання, ж – прямокутна лійка

поверхні матричної лійки, як було знайдено, являє собою функцію від тиску обробки тиском на межі поділу «заготівка – інструмент», твердості матеріалу матриці, швидкості ковзання та величини часу технологічної операції. Найбільше значення зношення, як правило, є характерним для опуклих профілів інструментів (див. рисунок 3.4, а), а мінімальні величини зношення – для увігнутої за лінією ковзання матричної лійки (див. рисунок 3.4, б).

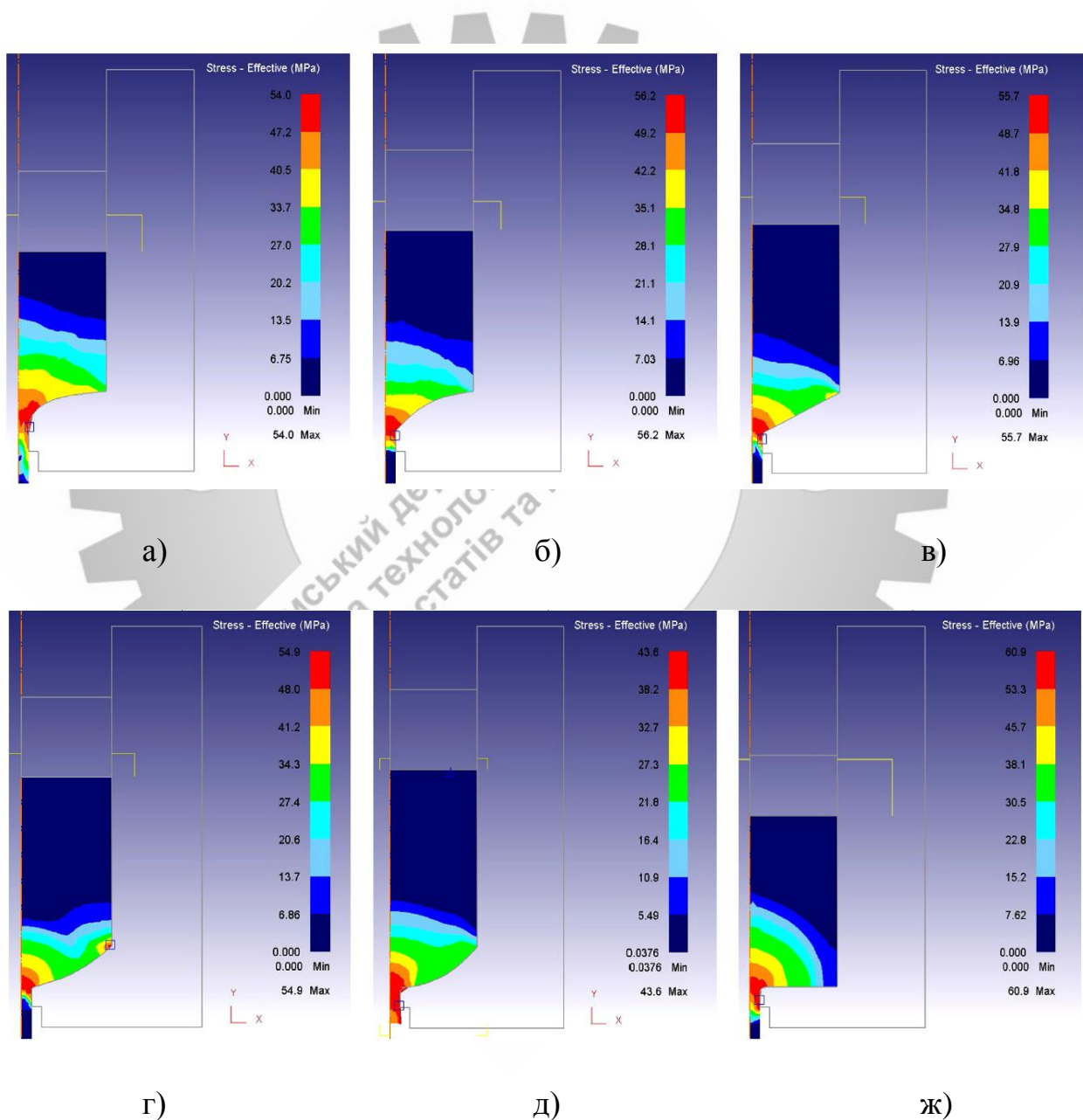


Рисунок 3.3 – Розподілення інтенсивностей напружень через різні види матричних лійок (стала стадія обробки тиском)

Перевірка наведених теоретичних положень проводилася нами експериментально при обробці тиском (пресуванні) дискретних тіл (гранул). Наявність так званого міжгранулярного контактного тертя та характерні особливості характеру течії гранул дають можливість більш переконливо зобразити розподілення результуючих деформацій усередині вогнища пресування. Зокрема, загальний вид прес-залишків переконливо свідчить про те, що форми матричних лійок суттєво впливають на форми та розміри вогнища деформації, а також на розподілення результуючих деформацій у випресовці. Також проведений аналіз деформацій гранул показав, що для лійок з увігнутим профілем характерним є викривлення геометричної форми вертикальних вісей дискретних частинок. Розміри таких викривлень зменшуються при наближенні до осі симетрії. З виходом із вогнища деформації наочно спостерігаються різкі зміни напрямків ліній течії вищезгаданих дискретних частинок. Було відзначено, що для лійок опуклих форм площа вогнища деформації стає найбільшою, а для конічних форм – величина течії металу наближається до радіальної в напрямках усіченого конуса.

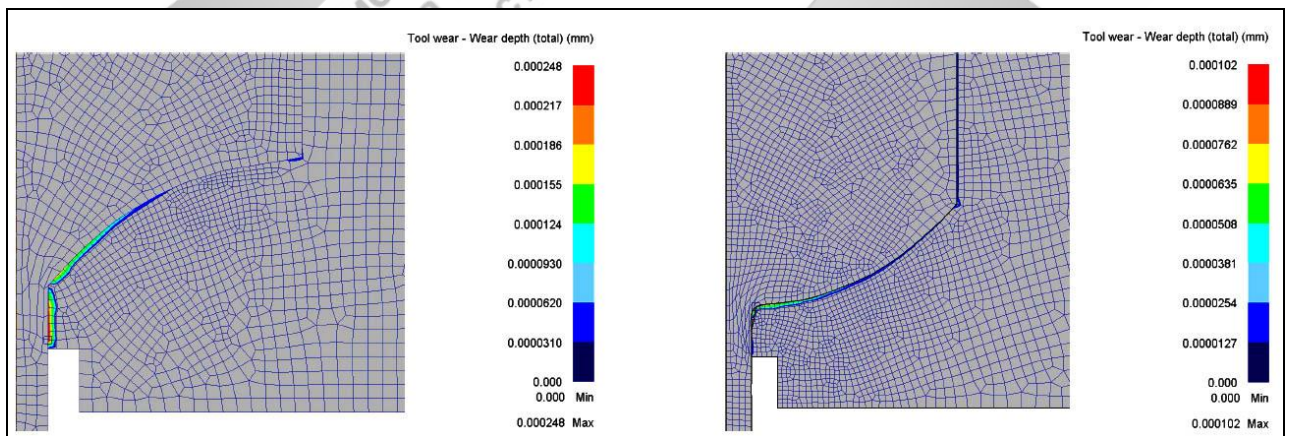
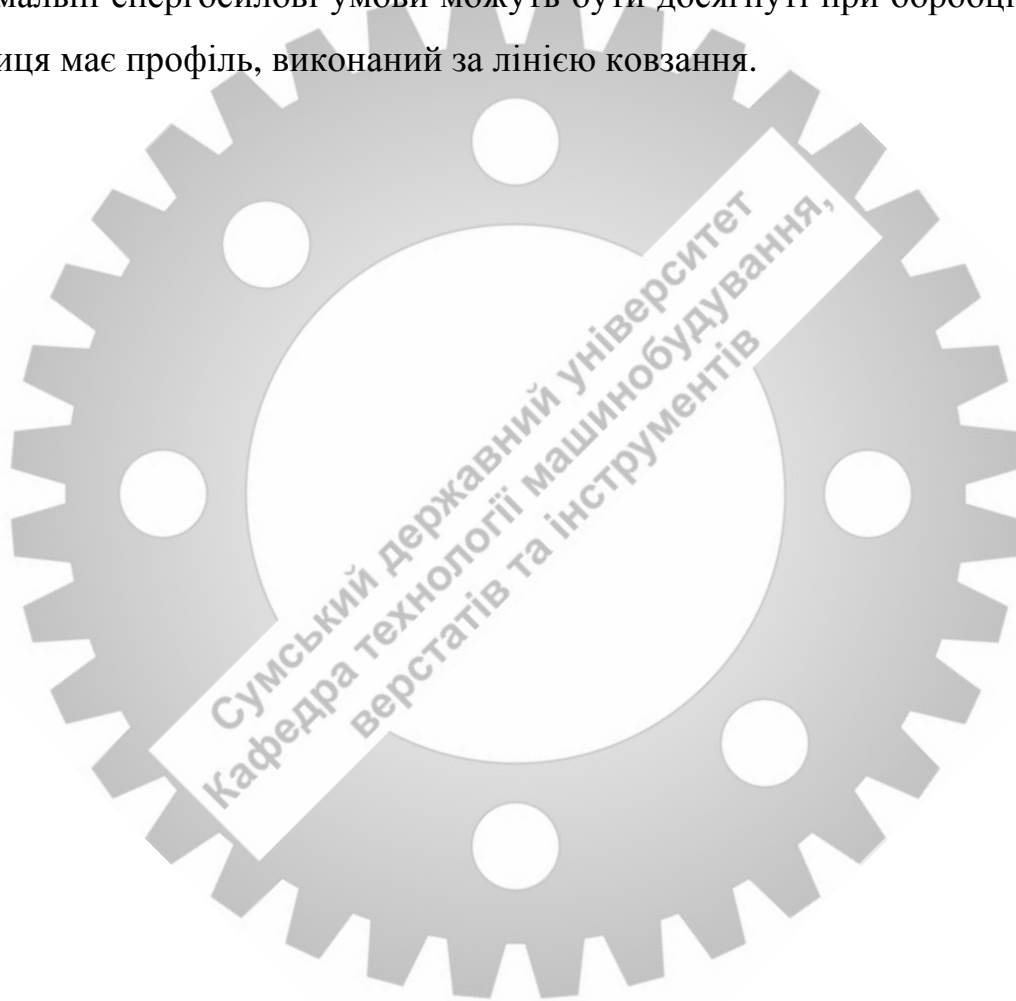


Рисунок 3.4 – Величини та характер зношення матриць з різними видами профілю лійок

Наведена методика досліджень може бути успішно застосовуваною при виборі оптимальних геометричних розмірів матриць, а також при виборі обладнання і розрахунках спеціального оснащення при обробці тиском, наприклад, при пресуванні або волочінні металів. Проведені дослідження обробки тиском, теоретичне комп'ютерне моделювання за допомогою програмного комплексу Deform 2D/3D процесів прямої екструзії металу, а також результати експериментальних досліджень підтвердили, що найбільш оптимальні енергосилові умови можуть бути досягнуті при обробці тиском, де матриця має профіль, виконаний за лінією ковзання.



ВИСНОВКИ

У ході виконання магістерської роботи було виконано наступне.

Зроблено аналіз службових призначень машини, вузлу та деталі з основними технічними характеристиками та призначенням машини «Відцентровий насос типу ЦНС». Щодо деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009», то було проаналізовано усі її поверхні, а також виконувані ними функції. Також проаналізовано креслення деталі, технічні вимоги, які пред'явлено до деталі «Кришка 1.4300.6.7030.009». Проаналізували технічні вимоги, що запропоновані конструктором при виготовленні деталі, та їхня відповідність стандартам згідно зі складальним вузлом, куди входить деталь, було запропоновано новий варіант раціонального технологічного процесу.

Визначено тип виробництва – дрібносерійний, визначено партію запуску деталей «Кришка 1.4300.6.7030.009» (163 шт.).

Зроблено аналіз технологічності, де було детально відображено властивості сталі 38ХА. Найбільш раціональним способом одержання заготовки прийнято поковку. За допомогою комп'ютерної програми було виконано розрахунки припусків на діаметральний розмір.

Було спроектовано верстатний пристрій для комплексної з ЧПК операції 045, яке задовольнило прийнятій схемі базування для операції, точності і продуктивності обробки «Кришки».

Проведено апробацію роботи, опубліковано тези наукової конференції «Технології ХХІ сторіччя» (7-9 грудня 2020 р., Суми, СНАУ).

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Косилова А.Г. Справочник технолога-машиностроителя: уч. пос.: в 2 т. Т.1. – 3-е изд., пер. и доп. / А.Г.Косилова, Р.К.Мещеряков. – Москва: Машин-е, 1986. – 679 с.
2. Косилова А. Г. Справочник технолога-машиностроителя: уч. пос.: в 2 т. Т.2. – 3-е изд., пер. и доп. / А.Г.Косилова, Р.К.Мещеряков. – Москва: Машин-е, 1986. – 725 с.
3. Худобин Л. Н. Курсовое проектирование по технологиям машин-я / Л. В. Худобин. – Москва: Машин-е, 1989. – 284 с.
4. Горбачевич А. Ф. Курс. проектирование по технологиям машиностроения – 4-е изд. / А. Ф. Горбачевич, В. А. Шкред. – Москва: Альянс, 2009. – 259 с.
5. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные. Допуски, припуски и кузнечные напуски. – Введ. 1990-06-08. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 57 с.
6. Общемашиностр. нормативы режимов резания для нормирования работ на МРС. – Ч. 1. Сверлильные, токарные, токарно-револьверные, карусельные, долбежные, фрезерные и алмазно-расточные станки.– Москва: Машин-е, 1979. – 419 с.
7. Панов А.А. Справочник технолога-машиностроителя / А.А.Панов. – Москва: Машин-е, 1989. – 739 с.
8. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів „Технологія машинобудування” та „Теоретичні основи технології виготовлення деталей” / упорядн. О.У. Захаркін. – Суми: СумДУ, 2006. – 28 с.
9. Общемашиностр. нормативы времени для нормирования работ, выполняемых на многоцелевых станках с ЧПУ и универсальных: в 2 ч. Ч. 1 / Москва: Экономика, 1990. – 405 с .
10. Общемашиностр. нормативы времени и режимов резания для нормирования работ выполняемых на многоцелевых станках с ЧПУ и универсальных: в 2 ч. Ч. 2 / Москва: Экономика, 1991. – 474 с.

11. Кушніров П.В. Методичні вказівки до практичних занять з курсу «Технологічне оснащення»: П.В.Кушніров. – Суми: Видавництво СумДУ, 2009. – 53 с.
12. Нефедов Н.М. Сборник задач по режущему инструменту и резанию металлов. - Москва: Машин-е, 1992. – 448 с.
13. Родин Н.Р. Металлорежущие инструменты.- Киев: Вища школа, 1979. – 406 с.
14. Руденко Н.А. Проектирование технологических процессов. – Киев: Вища школа, 1987. –259 с.
15. Власов А.Ф. Безопасность при работах на станках и автоматических линиях / А. Ф. Власов. – Москва: Машин-е, 1998. – 218 с.
16. Гладка Л.А. Методичні вказівки до виконання розділу з «Охорони праці» в дипломних проектах для студентів спеціальності 090202 усіх форм навчання / Суми: Вид-во СумДУ, 2005. – 25 с.
17. Методичні вказівки з «Охорони праці» для студентів спеціальності 090202 усіх форм. навчання / І.С.Козій, Л.А.Гладка. – Суми: СумДУ, 2013.– 32 с.
18. ГОСТ 12.4.011–75. Система стандартов безопасности труда. Средства защиты работающих на станках.
19. ГОСТ 12.2.061–81. Система стандартов безопасности труда. Общие требования по безопасности к рабочим местам.
20. ГОСТ 12.2.029–88. Система стандартов безопасности труда. Приспособления станочные. Требования по безопасности.
21. ГОСТ 14.201–85. Общие правила отработки конструкции детали на технологичность.
22. ДСТУ 2293-99. Охорона праці. Терміни та визначення основних понять.
23. ДБН Д.2.6-3–2000. Збірник 3. Системи вентиляції і кондиціонування повітря.
24. ГОСТ 7829–89. Поковки из легир. и углерод. стали, изготавливаемые ковкой на молотах. Припуски и допуски.

25. ГОСТ 7062–90. Поковки из легир. и углерод. стали, изготавливаемые ковкой на прессах. Припуски и допуски.

26. НАПБ А.01.001–2014. Правила пожежної безпеки в Україні.

27. НПАОП 40.1-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок.

28. ДСанПіН 3.3.2.007-98 Державні санітарні правила і норми роботи з дисплейними візуальними терміналами електронно-обчислювальних машин.

29. ГОСТ 12.1.005-88 Санитарно-гигиенические требования к воздуху в рабочей зоне.

30. ГН 2152-80 (ДНАОП 0.03-3.06-80) Санітарно-гігієнічні норми іонізації повітря виробничих та громадських приміщень.

31. ДСН 3.3.6.042–99. Санитарные нормы микроклимата в производственных помещениях.

32. ДБН В.2.5-28-2006 Природне і штучне освітлення.

33. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми ультразвуку, інфразвуку та виробничого шуму.

34. ДБН В.1.1-31:2013 Захист територій, споруд та будинків від шумів.

35. ГОСТ 12.1.012-91 Система стандартов безопасности труда.

36. ДБН В.2.5-67:2014 Державні будівельні норми України. Кондиціонування, опалення та вентиляція.

37. СН 3044-86 Санитарные нормы вибрации рабочих мест

38. ДСТУ EN 1886:2006 Системы вентиляции и кондиционирования воздуха. Центральные кондиционеры воздуха. Механические характеристики. Испытания (EN 1886:1998, IDT)

39. ДСТУ Б EN 13779:2012 Вентиляция общественных строений. Требования к выполнению систем кондиционирования воздуха и вентиляции (EN 13779:2007, IDT)

40. ДБН В.2.5-27-2008 Захисні заходи електробезпеки в електроустановках споруд та будинків.

41. НПБ 166-98 Пожарная техника. Огнетушители. Требования к их эксплуатации.
42. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва.
43. ДСТУ ISO 6309:2007 Протипожежний захист. Форма та колір знаків безпеки.
44. СНиП 2.04.09-86 Пожарная автоматика зданий и сооружений.
45. ДБН В.2.5-56:2012 Инженерные оборудования зданий и сооружений. Системы противопожарной защиты.
46. ДБН В.1.2-7-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
47. НПБ 88-2002 Установки сигнализации и пожаротушения. Правила и нормы и проектирования.
48. Кодекс законів про працю в Україні.
49. Закон України «Про затвердження Правил пожежної безпеки для установ, закладів та організацій системи освіти України».
50. Методичні вказівки до виконання магістерських робіт для студ. спец. 8.05050202 «Технології машинобудування» / укл.: Д.В.Криворучко, В.Г.Євтухов. – Суми: СумДУ, 2013. – 65 с.
51. Клименко, М.А. Функціональна сутність затискачів верстатних пристроїв [Текст] / П.В. Кушніров, М.А. Клименко // Технології ХХІ сторіччя: Збірник тез за матеріалами 26-ої міжнародної наукової конфер. (7 – 9 грудня 2020 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2020.– С. 76.
52. Sviatskyi, V. Effect of the Deformation Zone for Pover Parameters of the Extrusion Process / Organization of scientific research in modern conditions '2020: conference proceedings. – Seattle: KindleDP, 2020. – P. 78. – 82.
53. Sohrmann C., Freitag A., Leopold J. Simulation of Burr Formation // The 9-th CIRP International Workshop on Modeling of Machining Operations. – 2016. – pp. 643 – 652.