

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра комп'ютерної механіки імені Володимира Марцинковського

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему

**Проектування та технологія виготовлення втулки конічної
екструдера**

Виконав: студент 4 курсу групи КМ–81/1

Хорунжий А.Р.

Рівень підготовки: бакалавр

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

ОПП: Комп'ютерний інжиніринг в механіці

Керівник: доцент Сovenко Н.В.

Рецензент: зав. кафедри Загорулько А.В.

Суми – 2022

РЕФЕРАТ

Дипломна робота освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр»: 94 с., 17 рис., 16 табл., 15 дж.

Мета роботи: аналіз і оптимізація технологічного процесу розробки конічної втулки

Об'єкт дослідження: конічна втулка.

Предмет дослідження: операції токарна з ЧПК та свердлувальна з ЧПК

Методи дослідження: аналіз і узагальнення даних джерел науково технічної інформації; чисельний розрахунок методів розробки деталі.

У роботі був розглянутий заводський техпроцес та запропонований новий, більш оптимізований. Був проведений огляд науково-технічної літератури. Виконано програмування траєкторії обробки поверхонь на операціях токарна з ЧПК та свердлувальна з ЧПК за допомогою програмного комплексу SIMCO Edit. За допомогою САД-системи «Компас 3D-v17» було спроектоване креслення деталі, заготовки, РТК та спеціального оснащення

ЧПК, ПРОЄКТУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, КАРТА КОДУВАННЯ ІНФОРМАЦІЇ, SIMCO EDIT, КОМПАС

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Конструкційний аналіз	7
1.1 Короткий опис виробу	7
1.2 Короткий опис деталі “Втулка конічна”	13
1.3 Висновки до розділу 1	22
2 Технологічний аналіз	23
2.1 Визначення і характеристика заданого типу виробництва.....	23
2.2 Вибір і техніко-економічні підтвердження методу отримання заготовки.	24
2.3 Висновки до розділу 2	29
3 Розробка маршрутного технологічного процесу механічної обробки	30
3.1 Аналіз базового техпроцесу	30
3.2. Розробка покращень до базового техпроцесу	30
3.3 Вибір режимів різання та нормування операцій технологічного процес ..	39
3.4 Розробка керуючої програми	61
3.5 Висновки до розділу 3	63
4 Проектування спеціального оснащення.....	64
4.1. Проектування верстатного пристосування.....	64
4.2. Проектування ріжучого інструменту	72
4.3. Висновки до розділу 4	80
Висновки	81
Список використаних джерел.....	82
Додаток А	84
Додаток Б.....	86
Додаток В	87
Додаток Г.....	89
Додаток Ґ	90
Додаток Д	91
Додаток Е	93
Додаток Є	95
Додаток Ж	97

ВСТУП

Числове програмне керування (ЧПК) стало важливою технологією в машинобудуванні, завдяки його здатності автоматизувати повторювані завдання та виготовляти високоякісні деталі.

Верстати з ЧПК є універсальним інструментом, який можна використовувати для токарних, фрезерних, свердлильних, розточувальних, протяжних та інших операцій.

Комп'ютерне числове керування є універсальним і потужним інструментом, який можна використовувати в багатьох областях машинобудування. Це може допомогти прискорити час виробництва та підвищити точність.

Оптимізація в машинобудуванні може бути здійснена за допомогою програмного забезпечення, такого як CAD (комп'ютерне проектування) або CAM (комп'ютерне виробництво). Програмне забезпечення CAD і CAM можна використовувати для проектування та створення деталі.

Мета роботи: аналіз і оптимізація технологічного процесу розробки конічної втулки

Об'єкт дослідження: конічна втулка.

Предмет дослідження: операції токарна з ЧПК та свердлувальна з ЧПК

Методи дослідження: аналіз і узагальнення даних джерел науково технічної інформації; чисельний розрахунок методів розробки деталі.

У роботі був розглянутий заводський техпроцес та запропонований новий, більш оптимізований. Був проведений огляд науково-технічної літератури. Виконано програмування траєкторії обробки поверхонь на операціях токарна з ЧПК та свердлувальна з ЧПК за допомогою програмного комплексу SIMCO Edit. За допомогою CAD-системи «Компас 3D-v17» було спроектоване креслення деталі, заготовки, РТК та спеціального оснащення

1 КОНСТРУКЦІЙНИЙ АНАЛІЗ

1.1 Короткий опис виробу

Дана деталь, що використовується в даній роботі використовується для зняття відливок в компресійно-формульованому верстаті безперервної дії ССМ24.

Безперервне компресійне формування - технологія компресії, розроблена компанією SACMI і є нині еталоном для кришок для пластикових пляшок. Завдяки простому та надійному безперервному процесу, ця технологія забезпечує результати щодо продуктивності та якості, недосяжні при використанні інших методів. Відсутність гарячої обкатки та низькі температури екструзії позитивно впливають на час циклу, енергоспоживання та простоту зміни кольору. Прес-форми преса ССМ є незалежними, кожна з них важить лише кілька кілограмів та замінюється окремо за лічені хвилини. А оскільки вони розташовані по колу каруселі, тиск формування та терморегуляція по суті однакові.

SACMI розробила рішення для нанесення вкладишів, декорування та тиснення кришок, а також автоматичного контролю кожної окремої капсули на виході з преса, щоб забезпечити повний контроль якості на всіх етапах виробництва. SACMI також розширила свій бізнес, розробивши спеціальну технологію для алюмінієвих кришок, що закручуються і, в останні роки, інвестувавши в новий спектр рішень для нанесення вкладишів без ПВХ на довгі алюмінієві кришки для винного сектора (PMH). SACMI також інвестувала в новий стандарт кришок Ring-Pull, розробивши комплексні системи для реалізації таких кришок, включаючи прес (PTS), футеровочну машину (PMV) та технологію формування практичного кільця з виступом (RCM).

Нова лінійка пресів ССМ розроблена для досягнення найвищої ефективності та простоти обслуговування при виробництві легких та тонших кришок. SACMI ССМ має більше вікно доступності в порівнянні з іншими

технологіями та пропонує більш широкий спектр застосування та вибір сировини.

Оскільки розплавлений пластик витікає лише з одного сопла, коливання ваги ковпачка значно знижуються. Крім того, низькі температури екструзії дозволяють виробляти холодніші ковпачки, менш схильні до змін розмірів. Чим холодніший ковпачок, тим менше усадка, і, як наслідок, менше коливання розмірів.

Компресійне формування - це процес формування під високим тиском: полімер розплавляється, змішується і гомогенізується всередині пластифікуючого блоку. Пристрій витягує дози полімеру в точній вазі продукту і вставляє їх у форми. Тиск, прикладений до кожної форми, може досягати значень приблизно 400 кг/см².

Особливістю машин від SACMI є:

1. Вища продуктивність завдяки меншому часу циклу. Нижча температура екструзії дозволяє формі швидше охолоджувати кришку.
2. Збереження енергії за рахунок нижчої температури екструзії. З меншою енергією, необхідною для нагрівання пластику, менше потрібно для його охолодження.
3. Продукт з кращими механічними властивостями. Оскільки пластифікація відбувається при низьких температурах і без гарячого волока, сировина зберігає свої характеристики, а продуктивність випуску продукції покращується.
4. Постійна вага та розміри виробу є вигірною особливістю цієї технології, що перевищує найкращі результати лиття під тиском. Більш холодний продукт, що виходить із форми, означає меншу усадку і, отже, меншу мінливість розміру.
5. Швидке, просте обслуговування завдяки незалежним формам. Форми замінюються швидко та індивідуально; технічне обслуговування проводиться на стенді під час роботи машини.

6. Швидка, економічна зміна кольору Простота пластифікуючого блоку та відсутність гарячого бігуна прискорюють зміну кольору та значно зменшують витрати сировини під час та після зміни кольору [10]

Також SACMI мають особливу технологію виготовлення продукції, що дозволяє досягти найкращого результату.

1. Екструзія пластику при нижчих температурах споживає менше енергії. Це означає, що охолодження продукту займає той самий час, використовуючи менше енергії, або швидше, використовуючи ту саму енергію. Типове енергоспоживання повної виробничої лінії, включаючи формувальну машину ССМ, допоміжні та розрізальну машину: 0,55 кВт·год/кг* *розраховано при максимальній продуктивності екструдера, не враховуючи насос терморегулятора.

Графік співвідношення температури до часу з позначками процесів представлений на рисунку 1.1.

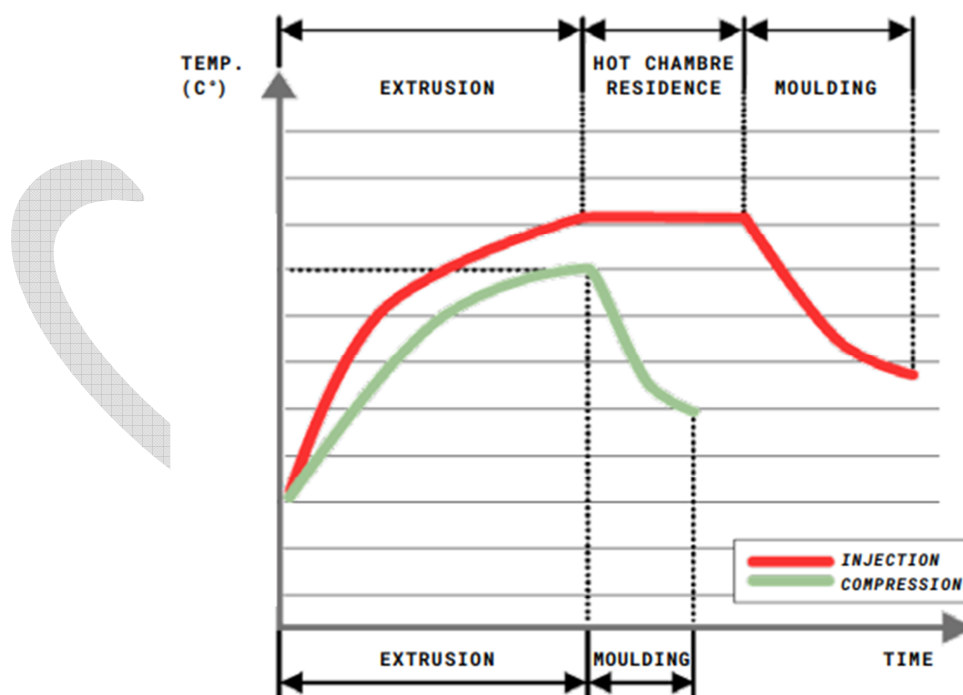


Рисунок 1.1 - Графік співвідношення температури до часу з позначками процесів

2. Постійна вага продукту. При компресійному формуванні всі форми (і порожнини) заповнюються однаковою кількістю пластику через один і той же канал: немає гарячого каната, лише одна насадка. Усі форми ідентичні за стисненням; немає периферичних, верхніх або нижніх порожнин.

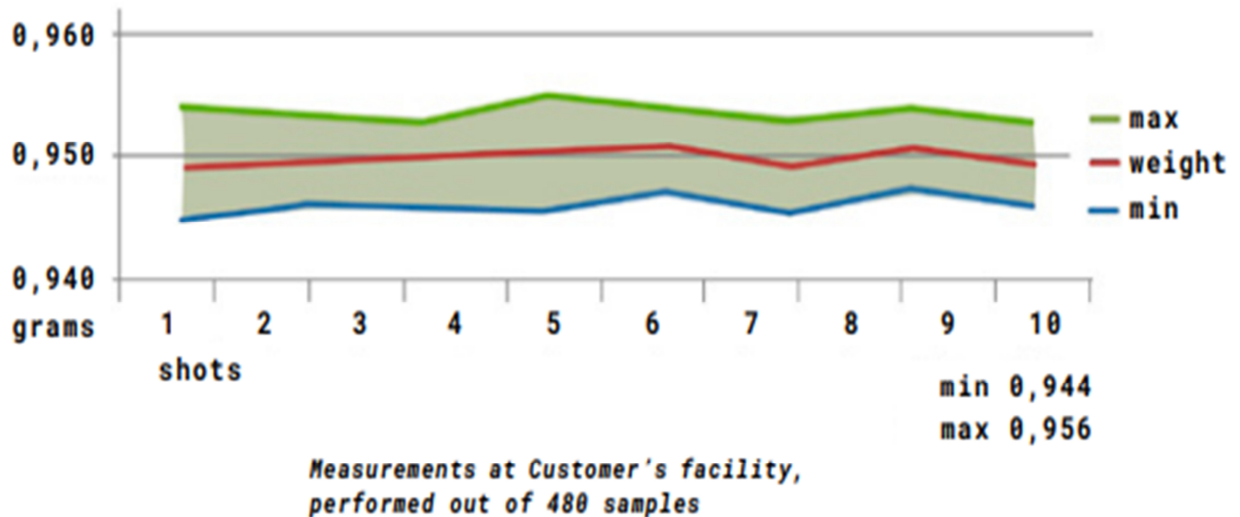


Рисунок 1.2 - Вимірювання на об'єкті Замовника, виконані з 480 зразків

3. Постійний розмір продукту, оскільки температура компресійного формування нижче. Для отримання однакового продукту СКК виробляє холодніші кришки порівняно з кришками, виготовленими методом лиття під тиском. Чим холодніший продукт, тим менша усадка і тим менша варіабельність розмірів.

Розбіг розмірів кришки продемонстровано на рисунку 1.3, на базі випробовування з виготовлення 624 одиниць продукту

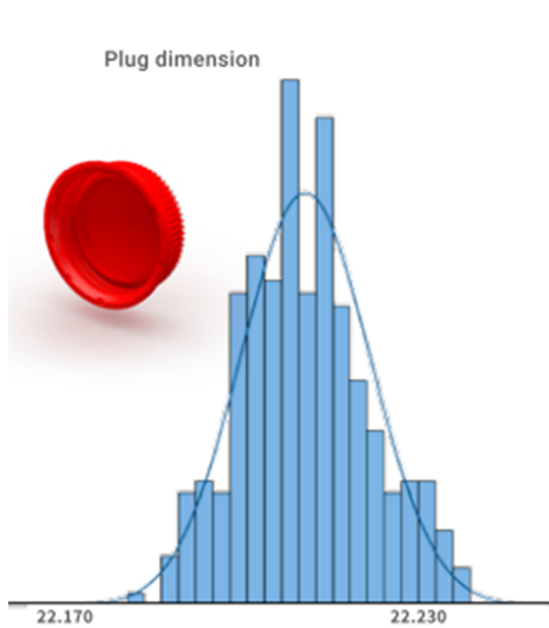


Рисунок 1.3 - Розбіг розмірів кришки

4. Широкий спектр сировини, що переробляється. Преси ССМ дозволяють використовувати пластики з більшою в'язкістю (нижчий MFI) і з більш високою стійкістю до розтріскування під напругою (ESCR). Це можливо завдяки тому, що вузол пластифікації не має гарячого бігуна, тому не потрібна енергія для прошовування пластику через численні канали та вузькі сопла. Крім того, використання більш в'язких матеріалів з кращими механічними характеристиками дозволяє створювати більш тонкі та легкі ковпачки за тих же експлуатаційних характеристик.

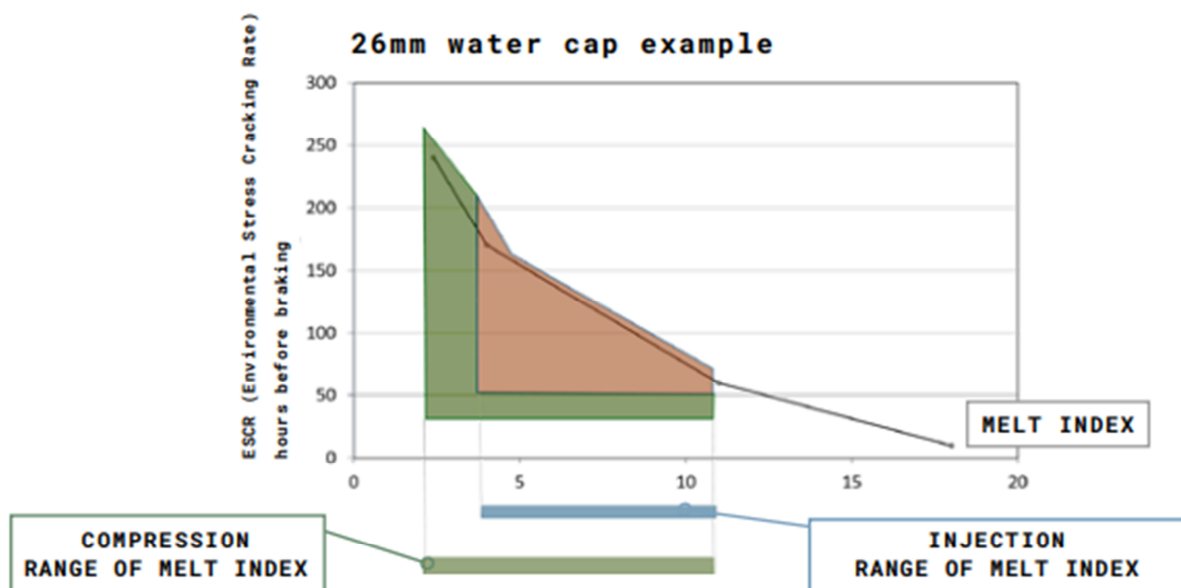


Рисунок 1.4 – Діаграма тесту на витривалість кришок

Введення гранул контролюється цифровим способом; оператор отримує в реальному часі показання точності та акуратності цього процесу. Система технічного зору контролює положення кожної гранули, що вставляється (див. центр фотографії); вона надає статистику щодо кожного обладнання для вставки. Автоматизація дозволяє керувати параметрами вставки просто та графічно, оптимізуючи технічне обслуговування прогностичним способом. Неправильне регулювання негайно виявляється у вигляді зміни положення таблетки, що вставляється до того, як проблема проявиться.

Відхилення за поріг допустимості призводять до пропозиції щодо чищення або технічного обслуговування до виникнення проблеми. Час регулювання при зміні розміру чи матеріалу скорочується до 50%.

Кожна машина SACMI інтегрована системою комп'ютерного бачення (Computer Vision Systems - CVS) для управління процесом машини. Попереджаючи оператора в режимі реального часу про будь-який виявлений дрейф, система дозволяє досягти складної мети – нульового виробництва дефектів. Постійні інновації SACMI запровадили нові розробки, які роблять перевірку ще більш детальною та точною. Завдяки новим виділеним блокам отримання зображень, CVS може ідентифікувати дефекти, такі як дуже

маленький відсутній матеріал у крилах кришки, або оцінити площину дна капсули.

1.2 Короткий опис деталі “Втулка конічна”

Дана деталь, креслення якої представлено в Додатку А, використовується в даній роботі використовується для зняття відливок.

Втулка стоїть нерухомо на плиті, оскільки у вона має два ущільнювальних кільця в канавках шириною 3 мм. Канавки призначені для прокладок, що забезпечують герметичне рух всередині циліндра

Канавка шириною 10 мм є каналом охолодження та нагріву водою або маслом.

Поверхня конуса сідає на опорну поверхню державки і працює на удар при розкритті та закритті форми,

Втулка працює в умовах перепаду температур.

Умова експлуатації:

- температура робочого середовища від 160-260°C;

Втулка виготовляється зі сталі 40X13 ГОСТ

ГОСТ 4543-71 круг

Сталь 40x13 відноситься до категорії нержавіючих жароміцних мартенситних сталей корозійно-стійких. Їй притаманні хороші механічні властивості, висока стійкість до корозії (навіть в слабкоагресивних середовищах).

До складу сталі марки 40X13 крім основних компонентів входять наступні хімічні елементи: хром (14%), вуглець (не перевищує 0,45%), на інші елементи кремній і інші доводиться не більше 0,8%.

Цю сталь відносять до класу середньовуглецевих

Завдяки своїм характерним властивостям сталь 40x13 застосовується в таких галузях промисловості як:

- підшипники та ресори в машинобудуванні,
- медичні інструменти (включаючи хірургічні затискачі та скальпелі),

- кухонні ножі та інше начиння,
- промислові різальні леза для різних верстатів та агрегатів,
- пружини та інші елементи конструкцій, що працюють у слабоагресивних середовищах із температурою до +500 градусів.

У машинобудуванні і автомобілебудуванні її застосовують для виготовлення: валів, різних втулок, корпусів, лопатей турбін, голок для карбюраторів автомобільних двигунів, пружин, підшипників. Вона активно використовується для виробництва великої різноманітності метизної продукції (болтів і гайок). Крім цього така марка стали застосовується при виготовленні вимірювального інструмента, виробів, призначених для роботи в слабоагресивних середовищах при невисоких температурах (не вище 450°C)

Сталь 40X13 не зварюється.

Механічні властивості стали 40x13 визначаються її складом і способом обробки.

Високі експлуатаційні властивості сплаву та тривалий термін служби виробів зробили цей матеріал дуже популярним та затребуваним у різних галузях промисловості.

Сталь 40X13 відноситься до категорії високовуглецевих нержавіючих сплавів. Вироби з цього металу затребувані у різних галузях промисловості завдяки стійкості до корозії, механічній міцності та жаростійкості.

Сталі 30X13 і 40X13 мають найкращу корозійну стійкість після гарту з температури, що забезпечує повне розчинення карбідів. Підвищення температури відпустки супроводжується зниженням їхньої стійкості до загальної корозії. Причиною зниження корозійної стійкості є збіднення твердого розчину хрому внаслідок виділення карбідів хрому. У цьому корозійна стійкість стали 40X13 трохи нижче, ніж стали 30X13. Зниження корозійної стійкості спостерігається при відпустці до 600°З потім відбувається деяке її збільшення.

Однак корозійна стійкість не досягає рівня, який мають обидві сталі в загартованому або низьковідгалуженому стані. Таким чином, сталі 30X13 і

40X13 доцільно застосовувати або після температурної відпустки при 200-400 °С (з метою отримання високих твердості та корозійної стійкості), або після високої відпустки при 600-650 °С метою одержання конструкційного матеріалу.

У загартованому стані мікроструктура складається з мартенситу та карбідів та незначної кількості залишкового аустеніту. При нагріванні вище температури А с3 структура складається з аустеніту та карбідів хрому типу М 23 6 .

Починаючи з температури загартування 1050 °С повагою та вище твердість сталі не зростає і навіть має тенденцію до зниження, що свідчить про збільшення кількості залишкового аустеніту. Відпустка загартованої сталі обох марок призводить до розпаду мартенситу на феритно-карбідну суміш і зниження твердості.

Однак в інтервалі відпусткових температур 450-550 °С спостерігається ефект вторинної твердості, пов'язаний з виділенням дисперсних карбідів. Критичні точки сталі: А с1 = 820 °С; А с3 = 860-880 °С; МН = 270 °С; МК = 80 °С

Сталі 40X13 добре піддаються гарячій пластичній деформації, яку проводять в інтервалі 1100-850 °С. Сталі схильні до утворення тріщин при швидких швидкостях нагрівання та охолодження. У зв'язку з цим при нагріванні під гарячу деформацію застосовують повільний підігрів до 830 °С, а після деформації - уповільнене охолодження в стопі, піску або печі Холодна пластична деформація сталей обмежена, особливо сталі 40X13. Як пом'якшувальну термічну обробку після гарячої деформації застосовують проміжний відпал при 740-800 °С або повний відпал при 810-880 °С з подальшим повільним охолодженням 25-50 °С/год до 600 °С. Після холодної пластичної деформації – відпал при 750 °С. Остаточною термічною обробкою є загартування з 950-1050 °С охолодженням в маслі або на повітрі і відпустка на задану твердість і корозійну стійкість.

Для сталей, що застосовуються для виготовлення хірургічних інструментів, рекомендується ступінчасте загартування з 1020-1040 °С з

подальшим охолодженням в лузі при 350 ° С з метою зменшення короблення та підвищення пружних властивостей.

Згідно з нормативами ГОСТ, маркування сплаву має буквенно-цифровий вигляд, а сама розшифровка показує процентний зміст основних елементів. В даному випадку цифра 40 говорить про те, що у складі сплаву є близько 0.4% вуглецю, а позначення Х13 вказує на усереднену кількість хрому в металі (близько 13%).

Основні характеристики 40Х13:

Твердість 40Х13 коливається в межах 143-229 МПа (залежно від типу прокату та температурного режиму).

Допустима напруга сталі 40Х13 на розрив становить 550-880 МПа.

Щільність 40Х13 при температурі 20 градусів дорівнює 7650 кг/м³, але зі зростанням температури зменшуватиметься до 7420 кг/м³ за максимального значення 800 градусів Цельсія.

Як ми бачимо із діаграми на рисунку 1.5, у хімічному складі марки 40Х13 присутня велика кількість вуглецю (порівняно з аналогічними сплавами), що надає металу підвищеної механічної міцності та жаростійкості. Наявність хрому (12-14%) робить сталі стійким до корозії, а відсутність дорогих елементів (титан, молібден) дозволило досягти низької вартості сталі.

Умовна межа плинності 40Х13 може досягати 1620 МПа залежно від температури відпустки.



Рисунок 1.5 - Хімічний склад сталі 40X13 у %

Таблиця 1.1 - Механічні властивості сталі 40X13 при $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Сортамент	Розмір	Напрямок	s_b	s_T	d_5	y	КСУ	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж/м ²	-
Лист ГОСТ 5582-75	1-4	Попер.	540		17			Відпускання 740-800°C
Пруток, заданої міцності ГОСТ 18907-73			530-780		12			
Пруток			590-830		12-16			
Поковки ГОСТ 25054-81	до 600	Прод.	735	588	10-12	35-40	290-390	Гартування і відпускання

Механічні властивості:

s_b - межа короткочасної міцності, [МПа];

s_T - межа пропорційності (межа текучості для залишкової деформації), [МПа];

d_5 - відносне видовження при розриві, [%];

y - відносне звуження, [%];

КСУ - ударна в'язкість, [кДж/м²].

Таблиця 1.2 - Технологічні властивості сталі 40X13

Зварюваність:	Не використовується для зварюваних конструкцій
Флокеночутливість:	Не чутлива
Схильність до відпускнуої крихкості:	Малосхильна

Для нормального функціонування будь-якої машини необхідно забезпечити певне взаємне розташування її деталей та вузлів.

Під час обробки деталей та вузлів на верстатах вони повинні бути правильно орієнтовані відносно механізмів і вузлів верстатів, які визначають траєкторію руху інструментів.

У загальному випадку базуванням називають надання заготовці або виробу необхідного положення щодо обраної системи координат.

При складанні елементів машини необхідно забезпечити правильне розміщення деталей і вузлів у складальних одиницях, а при обробці заготовок їх необхідно правильно орієнтувати щодо елементів верстата. Завдання взаємного орієнтування виробів у складальних одиницях і заготовок при обробці вирішуються їх базуванням.

При механічній обробці заготовок на верстатах базуванням прийнято вважати надання заготовці необхідного положення щодо елементів верстата. Фіксація положення, досягнутого при базуванні, здійснюється закріпленням заготовок. У зв'язку з цим при установці заготовок перед обробкою вирішуються два завдання: базування і закріплення.

Базою в машинобудуванні називають поверхню, лінію або точку деталі, щодо якої орієнтуються інші деталі виробу або інші поверхні даної заготовки при їх конструюванні, складанні, механічній обробці та вимірюванні.

За своїм призначенням бази поділяються на конструкторські, вимірювальні та технологічні.

При призначенні технологічних баз для точної обробки заготовки технологічною базою необхідно приймати поверхні, що одночасно є конструкторськими і вимірювальними базами, а також використовуються як бази при складанні виробу.

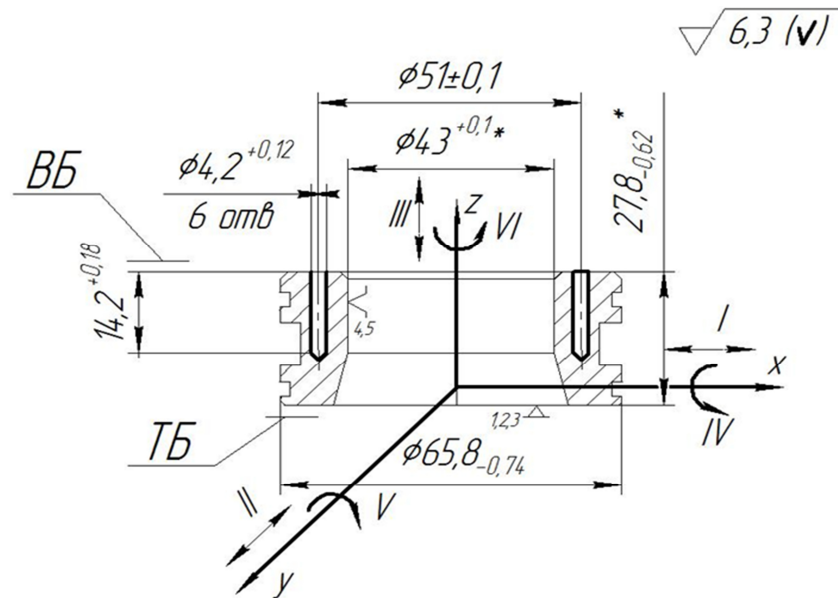
Під час суміщення технологічних, конструкторських і вимірювальних баз обробка заготовки виконується за розмірами, проставленими на робочому кресленні. Якщо технологічна база <не збігається з конструкторською або вимірювальною базами, то технолог змушений виконувати заміну розмірів, що проставлені на кресленні. При цьому відбувається підвищення жорсткості

вимог до точності виготовлення, а це зумовлює подорожчання обробки і зменшення продуктивності праці.

Відомо, що будь-яке матеріальне тіло в тривимірному просторі має шість ступенів вільності – три переміщення уздовж координатних осей і три обертання навколо цих осей. При базуванні на тіло накладається деяке число позиційних зв'язків (обмежники переміщень та обертань), що позбавляють його визначених ступенів вільності. Таким чином визначається числове значення положення по відповідній координаті. У реальних умовах базування позиційні зв'язки замінюються контактом відповідних поверхонь або опорних точок заготовки і пристосування. Число опорних точок заготовки повинно бути таким, що дорівнює числу заміненних ними позиційних зв'язків. При цьому під опорною точкою мається на увазі ідеальна точка контакту, що позбавляє заготовку одного ступеня вільності. Згідно з ГОСТом 21495-84 опорні точки позначають: - для вигляду збоку, - для вигляду зверху.

Під час базування пропонується встановити заготовку на короткій оправці по глухому циліндричному отвору $\varnothing 43^{+0,1}$ з упором в нижній торець $\varnothing 65,8^{-0,74}$, (рисунок 1.6).

Також було розроблено матрию зв'язків на базі рисунку 1.6. У матриці зв'язків "1" означає, що дана база визначає положення виробу по лінійній (L) або кутовій координаті α) у відповідній координатній системі і "0" - у протилежному випадку.



*Розміри для довідок

Рисунок 1.6 – Схема базування заготовки

Таблиця 1.3 - Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Бази
1	0	0	1	УБ
α	1	1	0	
1	1	1	0	ПОБ
α	0	0	0	
1	0	0	0	Вакансія
α	0	0	0	

Як ми бачимо з аналізу таблиці, при базуванні заготовка позбавлятиметься 5-ти степенів свободи чотири з них це обертання та поступальне переміщення навколо осей Z та Y і одна переміщення по X.

Дана простановка розмірів дає можливість контролювати розміри безпосередньо на установі стандартним вимірювальним інструментом (калібрами, шаблонами, штангенциркулями, мікрометрами) без перерахунків розмірів.

Таблиця 1.4 - Простановка розмірів деталі “Втулка конічна”

Характер поверхні, розмір	Кількість	Точність	Якість	Інші вимоги
Зовнішні				
d65	1	d10	$\sqrt{Ra1,6}$	
d63.5	1	d11	$\sqrt{Ra1,6}$	
d61	1	h4	$\sqrt{Ra1,6}$	
d59.5	1	h10	$\sqrt{Ra1,6}$	
d58.5	1	h14	$\sqrt{Ra1,6}$	
d51	1	js11	$\sqrt{Ra3,2}$	
Внутрішні				
D43	1	H14	$\sqrt{Ra1,6}$	
Лінійні				
127	1	h7	$\sqrt{Ra0,8}$	
121.5	1	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra0,8}$	
19	2	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra0,8}$	
16	1	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra0,8}$	
Інші				
фаска 1x45°	1	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra3,2}$	
фаска 0.6x45°	1	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra3,2}$	
галтель R2	2	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra3,2}$	
галтель R0.5	4	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra3,2}$	
різьба М5-7Н	6	7Н	$\sqrt{Ra3,2}$	
конус $\varnothing 49, 15^\circ$	1	k6	$\sqrt{Ra3,2}$	
паз 10	1	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra0,8}$	

паз 3	2	$\pm \frac{IT14}{2}$	$\sqrt{Ra0.8}$	
-------	---	----------------------	----------------	--

У деталі присутні жорсткі допуски – це ознака нетехнологічності деталі, оскільки для забезпечення заданої точності необхідні додаткові витрати. У заданої деталі є поверхня конус $\varnothing 49$, 15° з точністю к6.

Нетехнологічними елементами даної деталі є: глухі різьбові отвори 6 отв, конус з кутом 15° , 4 пазів, радіуси (R5, R0.5, R0.2).

Кількісний аналіз технологічності:

1) рівень технологічності по точності обробки поверхонь:

$$K_t = 1 - 1/A_{cp}; \quad (1.1)$$

A_{cp} - середньоарифметичне значення якості точності всіх поверхонь деталі

$$A_{cp} = (10 \cdot 3 + 11 \cdot 1 + 6 \cdot 2 + 7 \cdot 7 + 14 \cdot 22) / 35 = 11.71$$

$$K_{тч} = 1 - 1/11.71 = 0.915 > [K_t = 0,8] - \text{деталь технологічна};$$

2) рівень технологічності по шорсткості поверхонь:

$$K_{ш} = 1/B_{cp}; \quad (1.2)$$

B_{cp} - середньоарифметичне значення параметру шорсткості всіх поверхонь деталі по критерію оцінки Ra

$$B_{cp} = (3.2 \cdot 20 + 1,6 \cdot 6 + 0,8 \cdot 9) / 35 = 2.31$$

$$K_{ш} = 1/B_{cp} = 1/2.31 = 0.43 > [K_{ш} = 0,32] - \text{деталь нетехнологічна}$$

1.3 Висновки до розділу 1

У даному розділі було розглянуто принцип роботи, переваги та недоліки роботи ССМ24, що використовується для виготовлення кришок та конічної втулки, що працює в ньому.

Як показав аналіз технологічності деталі, то вона відповідає критеріям технологічності по точності обробки поверхонь, але не відповідає рівню технологічності по шорсткості поверхонь. Тому необхідно застосовувати сучасні програмні комплекси, для оптимізації технологічного процесу виготовлення деталі.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ АНАЛІЗ

2.1 Визначення і характеристика заданого типу виробництва

Тип виробництва це комплексна характеристика технологічних, організаційних і економічних особливостей машинобудівного виробництва, зумовлена його спеціалізацією, обсягом і сталістю номенклатури виробів, а також формою руху виробів по робочих місцях.

Аналізуючи програму випуску деталей на рік ($N_p = 28800$ шт.) визначимо, що тип виробництва – середньосерійний.

Цей тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою випускаємої продукції, при цьому вироби кожного найменування випускаються визначеними партіями, що повторюються через певні відрізки часу.

Серійне виробництво займає проміжне положення між одиничним і масовим виробництвом. При серійному виробництві деталі виготовляються партіями, що складаються з однойменних, однотипних за конструкцією і однакових по розмірам виробів, що запускаються у виробництво одночасно.

Основним принципом цього виду виробництва є виготовлення всієї партії (серії) цілком як в обробці деталей, так і в збірці.

У серійному виробництві залежно від кількості виробів у серії, їх характеру і трудомісткості, частоти повторюваності серії протягом року розрізняють виробництво дрібносерійне, середнє серійне і великосерійне.

Серійне виробництво характеризується тим, що за кожним робочим місцем закріплено від 11 до 20 операцій. Характерно широке використання верстатів з ЧПУ, зв'язаних транспортними пристроями і керовані то ЕОМ.

Середньо-серійне виробництво є найбільш поширеним типом виробництва.

На машинобудівних підприємствах середньо-серійне типу виробництва виробляється досить велика номенклатура виробів, хоча й більш обмежена ніж в одиничному виробництві.

2.2 Вибір і техніко-економічні підтвердження методу отримання заготовки

Вимоги, що пред'являються до заготовки:

Крім мінімальної металоємності і трудомісткості виготовлення заготовки, до неї пред'являються ряд вимог, обумовлених наступною механічною обробкою. До числа таких вимог відносяться:

- мінімальні припуски на обробку - знижується собівартість обробки за рахунок зменшення кількості проходів та переходів;
- раціональне розташування ливарних та штампувальних ухилів;
- підвищена точність розмірів;
- мінімізація або повне усунення дефектного шару, який призводить до збільшення припусків та витрат на різальний інструмент.

У базовому технологічному процесі заготовка виходить шляхом різання з прокату.

З огляду на особливості конфігурації деталі, такий метод отримання заготовки є оптимальним.. Так як технологічний процес проектується для дрібносерійного виробництва, проводиться розрахунок заготовки з прокату. Для отримання заготовки приймається круг ГОСТ 5950-73 Ø70мм. Граничні відхилення по діаметру при звичайній точності прокату для Ø70мм складають + 0,8 – 2,0мм ГОСТ 2590—2006. Різка прокату проводиться на стрічкових пилах. Точність різання ±1,5 мм, ширина різку 1,3мм [3,с.172, т.66]. Висота відрізуваної заготовки складе 70±1,5мм.

Для порівняння розглядається вибраний метод отримання заготовки методом штамповки.

Коефіцієнти використання заготовки та матеріалу розраховуються для двох методів отримання заготовки - прокату та штамповки.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки визначається за формулою:

$$K_m = \frac{m_d}{m_s + m_{опз}} \quad (2.1)$$

де – топз маса відходів при виробництві заготовки (3-20% від для штамповок);

Коефіцієнт використання заготовки

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3} \quad (2.2)$$

де m_3 - маса заготовки;

m_d - маса деталі;

Враховуючи тип деталі її матеріал, масу і конфігурацію поверхонь, більш доцільним способом отримання заготовки я вважаю є - штампування на КГШП .

На КГШП штамнуються поковки складної конфігурації масою до 100 кг. Умова деформування відрізняється від умови деформування на молотах. Це пояснюється різною швидкістю деформування, яка на молотах становить 5-8 м/с, а на пресах 0.5 - 0.6 м/с, тому і процес заповнення порожнини штампу металом на пресах відбувається менш інтенсивно, ніж на молотах. На молотах порожнину струмка заповнюється металом за кілька ударів, а на пресі - за один хід повзуна. Це вимагає більш ретельного фасонування заготовки при штампуванні складних поковок.

Точність штампування на КГШП вище, ніж на молоті, що пояснюється відсутністю ударного навантаження, точним напрям половин штампа за рахунок наявності напрямних елементів, а також фіксованим положенням верхньої частини штампа в нижній мертвій точці і жорсткою конструкцією станини.

Наявність у пресів виштовхувачів дозволяє:

- .. зменшити штампувальні ухили;
- .. застосовувати закрити штампування;
- .. застосовувати штампування видавлюванням.

При штампуванні на КГШП у відкритих штампах в нижній мертвій точці вони не стикаються між собою і між ними існує зазор. У зв'язку з цим немає дзеркала штампа, а зазор виконують за рахунок товщини облойної канавки.

Користуючись ГОСТом 7505-89 [1], визначаємо:

клас точності – Т4 (вибираємо з додатку 1 табл.19 в залежності від основного деформуючого обладнання);

групу сталі – М1 (сталь з масовою часткою вуглецю до 0,35% включно і сумарній масовій частці легуючих елементів до 2% включно);

ступінь складності - С - визначається в залежності від чисельного значення відношення $M_{\text{п}}/M_{\text{ф}}$,

де $M_{\text{п}}$ – розрахункова маса поковки

Коефіцієнт $K_{\text{р}}$, для визначення орієнтованої маси поковки $K_{\text{р}} = 1,6$

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{д}} \quad (2.3)$$

де: $M_{\text{д}}$ – маса деталі.

$M_{\text{пр}}$ – розрахункова маса поковки.

По формулі (2.3) $M_{\text{пр}} = 0,3 * 1,7 = 0,51$ (кг)

Ступінь складності С.

Визначаю масу фігури, в яку вписується поковка

$$M_{\text{ф}} = \frac{\pi d_{\text{max}}^2}{4} l_{\text{max}} \rho \quad (2.4)$$

де: d_{max} – максимальний діаметр фігури, в яку вписується поковка

L_{max} – максимальна товщина фігури, в яку вписується поковка

ρ – щільність матеріалу заготовки. $\rho = 7,68$.

$$d_{\text{max}} = 65$$

$$M_{\text{ф}} = (3,14 * [70]^2) / 4 * 32 * 7,85 * 10^{(-6)} = 0,966 \text{ кг} = 966 \text{ гр} \quad (2.5)$$

Для визначення ступеня складності необхідно знайти відношення:

$$M_{\text{пр}}/M_{\text{ф}} = 0,51/0,966 = 0,528 \quad (2.6)$$

де: - маса відходів виробництва заготовки. При виготовленні штамповок та прокату це значення 3 ... 5% від маси заготовки.

Розрахунок допусків на заготовку.

Для того щоб знайти допуски на заготовку необхідно знайти деякі величини:

Т- клас точності

C- ступінь складності.

M- група сталі.

I-відносний індекс.

Розрахунок:

$$L = 1,05 \cdot L_{\max} \quad (2.7)$$

$$d = 1,05 \cdot d_{\max} \quad (2.8)$$

L- довжина форми штампу.

d- діаметр штампу.

L_{max}- максимальна довжина деталі.

d_{max}- максимальний діаметр деталі.

$$L = 1,05 \cdot 27 = 28.35 \text{ (мм)}$$

$$d = 1,05 \cdot 65 = 68.25 \text{ (мм)}$$

$$V_{\phi} = \pi \cdot R^2 \cdot L \quad (2.9)$$

$$V_{\phi} = \pi \cdot 32.5^2 \cdot 27 = 2755.35$$

$$m_{\phi} = V_{\phi} \cdot \rho \quad (2.10)$$

m_φ- фактична маса штампу.

V_φ-фактичний об'єм штампа.

ρ- густина матеріалу.

$$m_{\phi} = 2755.35 \cdot 7680 = 2.12$$

$$m_{\text{п}\phi} = m_{\text{д}} \cdot K_{\text{р}} \quad (2.11)$$

m_д- маса деталі.

K_р- коефіцієнт

m_{пφ}- маса заготовки

$$M_{\text{п}\phi} = 3 \cdot 1,7 = 5.1$$

$$m_{\text{п}\phi} / m_{\text{п}} = 2.12 / 5.1 = 0.415 \quad (2.12)$$

Звідси маємо:

T- 4

C- 2

M- 2

I- 13

Таблиця 2.1

Характер поверхні	Ra	Припуск			Допуск	Розмір заготовки		Фактичний
		Основний	Додатковий	Загальний		Розрахунковий	Прийнятий	
d65	1,6	2,3	0,3+0,3	2,9	$2,8^{+1,8}_{-1,0}$	$70^{+1,8}_{-1,0}$	$71^{+1,8}_{-1,0}$	3
L27	0,8	1,9	0,3+0,3	2,5	$2,2^{+1,4}_{-0,8}$	$32^{+1,4}_{-0,8}$	$32^{+1,4}_{-0,8}$	2,5
D43	1,6	1,8	0,3+0,3	2,4	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$38,2^{+1,6}_{-0,9}$	$38^{+1,6}_{-0,9}$	2,5
D49	1,6	1,8	0,3+0,3	2,4	$2,5^{+1,6}_{-0,9}$	$44,2^{+1,6}_{-0,9}$	$44^{+1,6}_{-0,9}$	2,5

Виходячи з розмірів заготовки, маса штампівки:

$$m_{\text{шт}} = 0.715(\text{кг})$$

$$K_3^{\text{шт}} = \frac{0.3}{0.715} = 0,42 > 0,7 \quad (2.13)$$

$$K_3^{\text{пр}} < K_3^{\text{шт}}$$

Звідси маємо що запропонований варіант є більш технологічним ніж заводський.

$$m_{\text{опз}}^{\text{шт}} = 0.715 \cdot 0,04 = 0,029(\text{кг})$$

$$K_M^{\text{шт}} = \frac{0,3}{0,715 \div 0,029} = 0,012 < 0,64; \text{ де } 0,64 - \text{ рівень ЕСТПП}$$

$$K_M^{\text{пр}} = \frac{0,3}{0,51 \div 0,029} = 0,017 < 0,64$$

Отримані коефіцієнти використання заготовки та матеріалу не відповідають рівню ЕСТПП, що пояснюється зміною готової деталі.

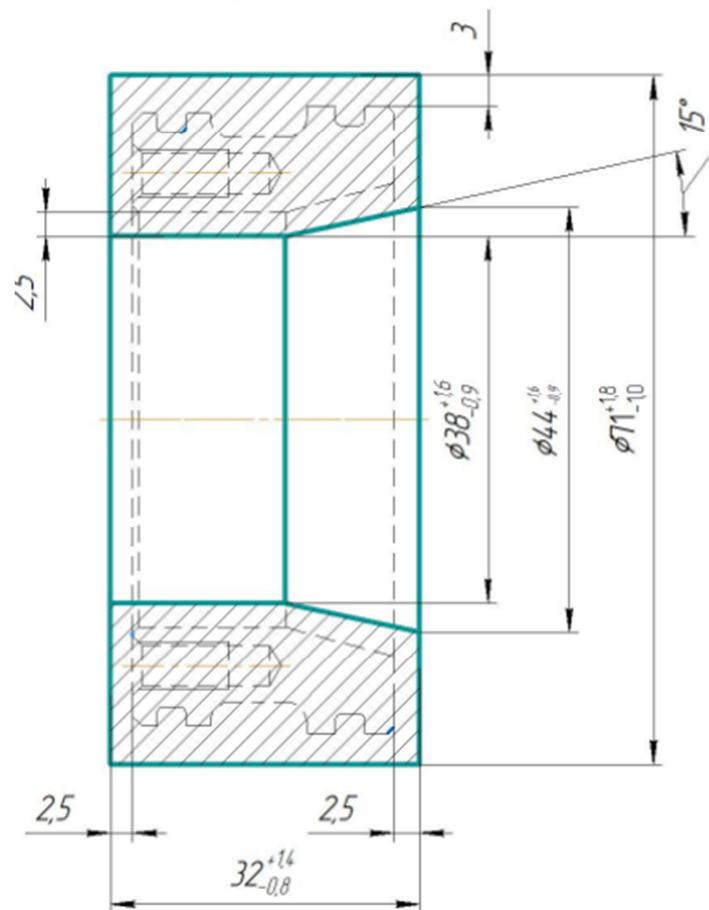


Рисунок 2.1 - Ескіз заготовки конічної втулки

2.3 Висновки до розділу 2

В цьому розділі було визначено і охарактеризовано тип виробництва заданої деталі.

Аналізуючи програму випуску деталей на рік ($N_p = 28800$ шт.) визначимо, що тип виробництва – середньосерійний.

Цей тип виробництва характеризується обмеженою номенклатурою випускаємої продукції, при цьому вироби кожного найменування випускаються визначеними партіями, що повторюються через певні відрізки часу.

З огляду на особливості конфігурації деталі, ми розробили аналоговий метод отримання заготовки, що є більш виробничо та економічно доцільним та зробили ескіз заготовки завдяки САД-системі «Компас 3Д-v17».

3 РОЗРОБКА МАРШРУТНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ

3.1 Аналіз базового техпроцесу

На даному етапі існує багато різних технологічних прийомів, які передбачають однакові вимоги до поверхонь деталей, що підлягають обробці, але істотно відрізняються за вартістю і продуктивністю, тому раціональні в різних видах виробництва.

У зв'язку з тим, що курсова конструкція орієнтована на механічну обробку деталей у серійному виробництві, необхідно застосовувати принцип диференціації операцій, коли чорнова, чистова та точна обробка виконуються на різних пристроях з відповідною точністю. Після визначення послідовності операцій технічного процесу маршруту створюється порівняльна таблиця, що дозволяє виявити відмінності між основним і запропонованим технічним процесом.

При проектуванні одним із завдань є створення такого технологічного процесу, який забезпечував би задану точність і шорсткість поверхонь деталі, потрібні фізико-механічні якості поверхневого шару матеріалу при найбільшій продуктивності і мінімальній собівартості виробництва.

В даному пункті порівнюється базовий (заводський) і пропонований технологічні процеси, які наведені в таблиці 3.1.

3.2. Розробка покращень до базового техпроцесу

В даному пункті дипломного проекту аналізується базовий (заводський) технологічний процес і вносяться в нього корективи - нововведення по обладнанню, технологічному оснащенні і базування.

005 Заготівельна

В умовах одиничного типу виробництва заготовка - прокат. У зв'язку з тим, що змінений тип виробництва на середньосерійному, виникла необхідність змінити спосіб отримання заготовки.

Таблиця 3.1 - Порівняння базового (заводський) і пропонованого технологічних процес

<i>Базовий технологічний процес</i>			<i>Пропонований технологічний процес</i>		
<i>№ операції</i>	<i>Найменування операції</i>	<i>устаткування</i>	<i>№ операції</i>	<i>Наименование операции</i>	<i>устаткування</i>
005	Заготівельна	Doosan	005	заготівельна	КГШП
010	Токарна с ЧПК	Doosan	010	технічний контроль	Стіл ВТК
015	Фрезерування с ЧПК	Doosan	015	Токарно-гвигторізна з ЧПК	HaasTL-1
020	Слюсарна	DNM	020	технічний контроль	Стіл ВТК
025	Термична + Піскоструйна очистка	6700 Верстак	025	Токарно-гвигторізна з ЧПК	HaasTL-1
030	Токарна с ЧПК		030	технічний контроль	Стіл ВТК
035	Плоско-	Doosan	035	Свердлувальна з ЧПК	HaasMini
040	шлифовальна		040	ЧПК	Mill
045	Токарна с ЧПК	Doosan	045	технічний контроль	Стіл ВТК
	Слюсарна		050	Слюсарна	Верстак
			055	технічний контроль	Стіл ВТК
			060	Кругло-	ЗУ131М
			065	Шліфувальна	Стіл ВТК
				Контрольна	3K227A
			070	Внутрішньо-Шліфувальна	
				Контрольна	Стіл ВТК

Обґрунтування вибору способу отримання заготовки см. П.1.4.

010- Токарная с ЧПУ (Doosan DNM 6700)

На цій операції підрізається торець, свердлиться и розточуються внутрішні поверхності. Точаться канавки і фаски. Потом деталь перевстановлюємо та підрізаємо торець І27

015- Фрезерная с ЧПУ (Doosan DNM 6700)

На цій операції свердлиться 6 отв. під різьбу М5-7Н та зінкуються фаски 0,8x45°

020-Слюсарна

На отворах, що були виконані на попередній операції, нарізається різьба М5-7Н

025- Термична + Піскоструйна очистка

Метою термічної обробки поковки є усунення дефектів, що виникли при нагріванні і обробці тиском, поліпшення оброблюваності різанням.

030-Токарна з ЧПК (Doosan DNM 6700)

На цій операції розточуємо конус $\varnothing 49$, 15° та $\varnothing 43$. Точимо $\varnothing 65$. Точимо фаски

035-Плоско-шліфувальна

На цій операції шліфуємо торець з боку ф 63,5, витримати р-р 27 -0,02

040-Токарна з ЧПК (Doosan DNM 6700)

Встановлюємо за ф65 виставляємо по торцю і ф43. Точимо ф63,5 -0,01 / -0,02; та точимо фаски.

045- Слюсарна

Підправити різьби після термічної обробки.

В даному пункті описується пропонований технологічний процес. Завдяки САПР-системі «Компас3D-v17» ми розробили техпроцес (додаток Б)

005 Заготівельна

Спосіб отримання заготовки - штампування на КГШП (горячештамповочний прес кривошипного типу). Штампування на верстатах даної категорії виконується при високих температурах (1000-1200 °)

010 Контроль ОТК

Контроль розмірів отриманої заготовки.

Міряльний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

Штангенциркуль ШЦ-III-500-1600-0,1-1 ГОСТ 166-89.

015 Токарно-гвинторізна з ЧПК (чорн.)

Деталь базується в 3-кулачковому патроні. На операції присутні 2 установи. Оброблювальні поверхні показані на операційному ескізі

Обробка проводиться на універсальному токарному верстаті Haas TL-1.

Токарні верстати Haas серії TL забезпечують повну можливість ЧПК, яку легко навчитися – навіть не знаючи G-коду. Токарні верстати можна знайти скрізь – від шкіл до елітних виробничих цехів – оскільки вони універсальні, продуктивні та недорогі. Її характеристики представлені в таблиці 3.2.

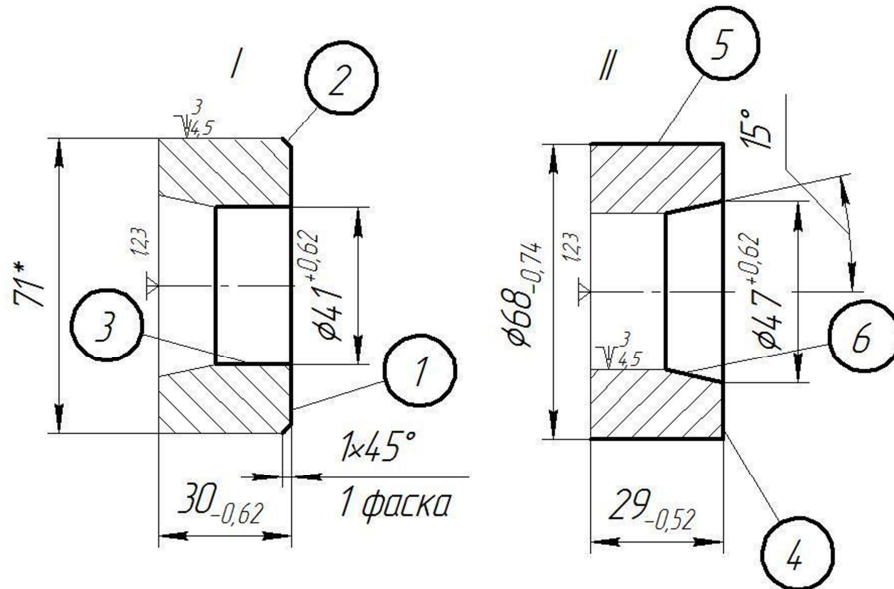


Рисунок 3.1 – Операція 015 Токарно-гвинторізна з ЧПК (чорн.)

Таблиця 3.2 - Основні характеристики токарного верстата Haas TL-1

Макс. встановлюваний діаметр над станиною, мм	508
Макс. встановлюваний діаметр над кареткою, мм	279
Макс. оброблювальний діаметр, мм	406
Макс. довжина обробки, мм	762
Діаметр 3-х кулачкового патрона, мм	200
Діаметр отворів в шпинделі, мм	58
Макс. частота обертання шпинделя, об/мин	1800
Максимальний крутний момент, Нм	146
Максимальна потужність шпинделя, кВт	7,5

Різальні інструменти: Різець PCLNR 2525-M12 T30K4, Різець SCLCR S10L-SCLCR06

020 Контрольна

Контроль розмірів деталі, після обробки.

Міряльний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89.

025 Токарно-гвинторізна з ЧПК (чист.)

Деталь базується в 3-кулачковому патроні. На операції присутні 2 установи. Оброблювальні поверхні показані на операційному ескізі.

Дана операція виконується на верстаті Haas TL-1, його характеристики були представлені раніше

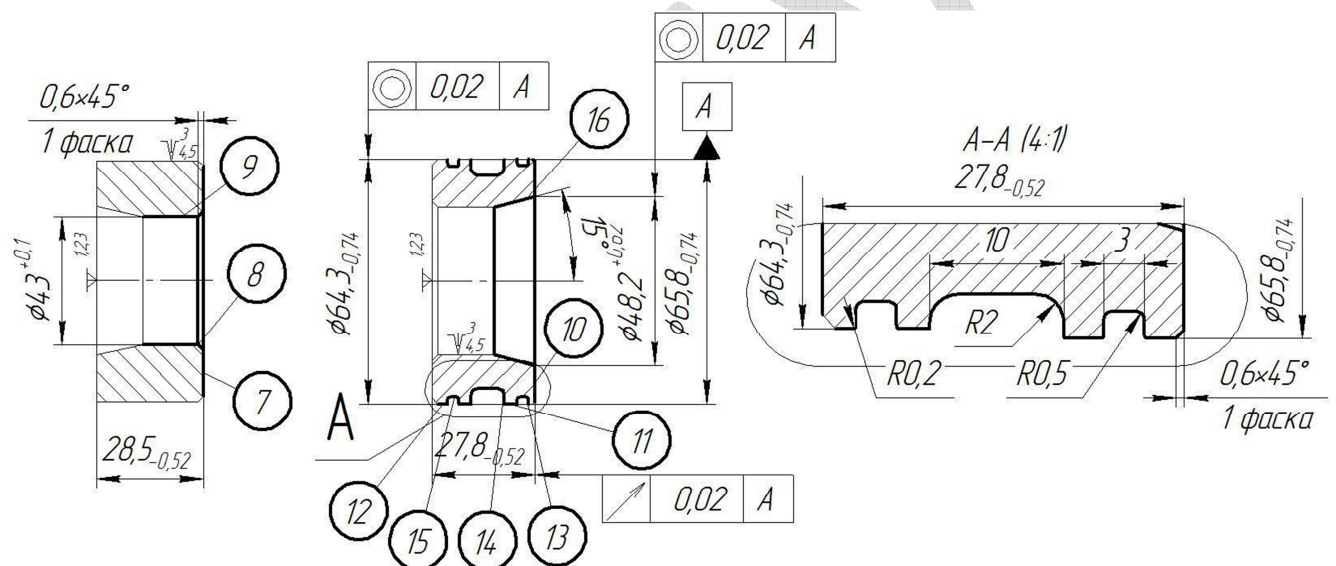


Рисунок 3.2 - Операція 025 Токарно-гвинторізна з ЧПК

Різальні інструменти: Різець PCLNR 2525-M12 T30K4, Різець SCLCR S10L-SCLCR06, канавочний різець CFIR2020M03

030 Контрольна

Контроль розмірів деталі, після обробки.

Міряльний інструмент:

Фаскомір

Шаблон кутовий 45°.

Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,1 ГОСТ 166-89.

035 Свердлування з ЧПК

На даній операції обробляються поверхні, показані на малюнку. Заготовка базується в короткій оправці.

Обробка проводиться на вертикально-фрезерному обробному центрі Haas MiniMill.

Haas Mini Mills є промисловим стандартом для компактних обробних центрів. Вони забезпечують економне рішення для обробки дрібних деталей у компактному корпусі, який оснащений повнорозмірними функціями. Це цінне доповнення для місць, де потрібна «друга операція» або додатковий шпindel, де простір обмежений.

- Працює від одно- або трифазного живлення (для деяких варіантів потрібна трифазна)
- Економічне рішення для дрібних деталей
- Компактний розмір
- Повнорозмірні функції машини
- Зроблено в США

Його характеристики наведені нижче (табл.3.3).

Різальний інструмент - Свердло Seco SD203-3.0-14-6R5

040 Контрольна

Контроль розмірів деталі, після обробки.

Міряльний інструмент:

Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,1 ГОСТ 166-89.

Калібр-пробка гладка

045 Слюсарна

На данній операції нарізаємо різьби M5-7H у отворах, що були виконані на попередній операції

Інструмент: Мітчик M5

050 Контрольна

Контроль розмірів деталі, після обробки.

Міряльний інструмент:

Різьбовий мікрометр

Різьбовий калібр

Різьбовий шаблон

055 Круглошліфувальна

Шліфуємо поверхні, що показані на операційному ескізі

Базуємо деталь за допомогою 3х кулачкового патрону за отвір

Інструмент – Шліфувальний круг 25AF180K7V

Використовуємо верстат круглошліфувальний універсальний 3У131М.

Його основні характеристики подані в таблиці 3.4.

Таблиця 3.3 – Технічні характеристики вертикально-фрезерного обробного центру Haas MiniMill

Макс. переміщення по осі X, мм	406
Макс. переміщення по осі Y, мм	305
Макс. переміщення по осі Z, мм	254
Максимальна відстань від столу до торця шпинделя, мм	356
Мінімальна відстань від столу до торця шпинделя, мм	102
Довжина столу, мм	730
Ширина столу, мм	305
Макс. навантаження на стіл, кг	227
Ширина T-образних пазів, мм	16
Відстань між T-образними пазами, мм	110
Розмір конуса шпинделя	40
Максимальна частота обертання шпинделя, об/мин	6000
Макс. потужність шпинделя, кВт	5,6

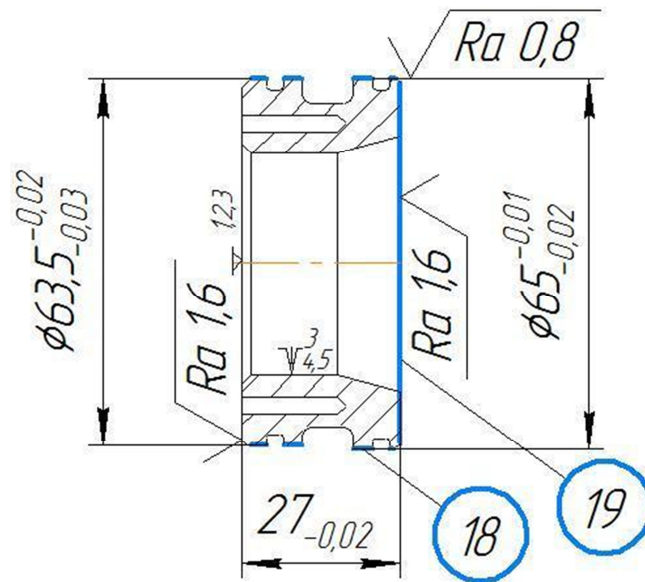


Рисунок 3.4 – Операція 055 Круглошліфувальна

Таблиця 3.4 - Технічні характеристики верстата 3У131М

Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм	280
Найбільша довжина оброблюваного виробу, мм	700
Найбільший діаметр шліфування, мм	280
Висота центрів, мм	185
Максимальна вага виробу, кг	55
Найбільше поздовжнє переміщення столу, мм	700
Діаметр шліфувального круга, мм	450-600
Потужність приводу шліфувального круга, кВт	5,5
Габарити, мм	5500x2585x1982
Найбільший діаметр оброблюваного виробу, мм	280

060 Контроль

Контроль розмірів деталі, після обробки.

Мірський інструмент:

Профілометр Mahr Marsurf PS1

Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,1 ГОСТ 166-89.

065 Шліфувальна

Шліфуємо поверхні, що показані на операційному ескізі. Базуємо деталь за допомогою 3х кулачкового патрону за отвір

Використовуємо верстат 3К227А внутрішньошліфувальних універсальний, його характеристики подані нижче (табл. 3.5).

Таблиця 3.5 - Технічні характеристики верстата 3К227А

Найменший і найбільший діаметр, шліфованих отворів, мм	20-150
Найбільша довжина шліфування (при найбільшому діаметрі отвору), мм	125
Найбільший діаметр встановлюваного виробу базовий в люнетах, мм	400
Найбільший діаметр встановлюваного виробу в кожусі, мм	250
Найбільший кут повороту бабки виробу (при шліфуванні конусних отворів), град.	45
Величина автоматичної поперечної подачі на сторону, мм / дв. хід.	0,001-0,006
Найбільший хід столу, мм	450
Межі частоти обертання шпинделя Min об / хв	60
Межі частоти обертання шпинделя Max об / хв	1200
Частота обертання внутрішшліфувальних шпинделів Електрошпинделі, хв-1	5000-28000
Число оборотів торцевого шпинделя, об / хв	5600
Загальна потужність встановлених електроприводів, кВт	9,23
Довжина x Ширина, мм	2815x1900
Маса, кг	4300

Інструмент: Шліфувальна головка 20X25-6X40

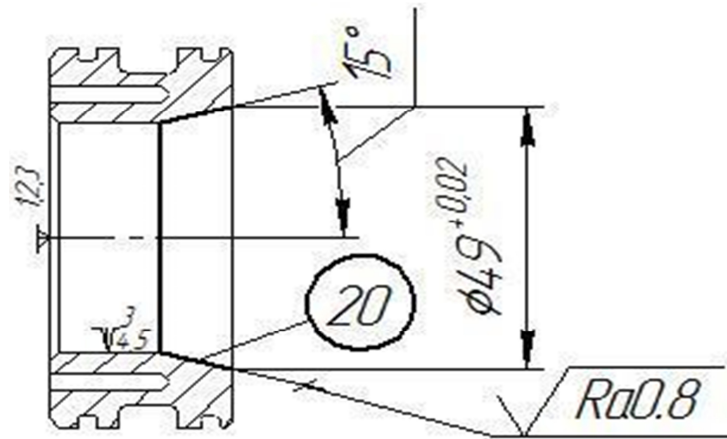


Рисунок 3.5 – Операція 065 Шліфувальна

070 Контрольна

Контроль розмірів деталі, після шліфування

Інструменти:

Профілометр Mahr Marsurf PS1

Штангенциркуль ШЦ-I-300-0,1 ГОСТ 166-89.

3.3 Вибір режимів різання та нормування операцій технологічного процес

Призначення режимів різання ґрунтується на визначенні глибини, подачі та швидкості різання, при яких буде забезпечена найбільш економічна та продуктивна обробка поверхні (за умови виконання заданих технічних вимог) за точністю та шорсткістю обробленої поверхні.

Спочатку вибирається глибина різання, потім максимально допустима подача, а потім визначається швидкість різання. Такий порядок вибору елементів режиму різання визначається тим, що на кількість тепла, що виділяється при різанні, а отже, на знос і стійкість різця глибина різання впливає в найменшій, а подача і особливо швидкість різання — найбільшою мірою.

Елементи режиму різання повинні вибиратися так, щоб ріжучі властивості інструменту та можливості металорізального верстата (його потужність та інші динамічні та кінематичні характеристики) були використані достатньою мірою. Тому для вибору оптимальних режимів різання необхідно знати не тільки матеріал оброблюваної заготовки, а й матеріал і геометричні параметри різця, допустиму величину його зносу, а також характеристики верстата, наміченого для обробки.

Глибина різання в основному визначається припуском на обробку, який, по можливості, прагнуть видалити за один прохід.

Величина подачі визначається потрібним класом чистоти обробки. Величина подачі повинна бути більшою за допустиму цією умовою, а також жорсткістю оброблюваної заготовки, жорсткістю і міцністю різця і міцністю механізмів верстата. Визначивши сили різання, що виникають при вибраних глибинах різання та подачі, можна шляхом розрахунку перевірити (на основі залежностей, відомих із опору матеріалів) відповідність вибраного перерізу стружки міцності та жорсткості деталі, різця та міцності механізму подачі верстата.

Практично зазвичай такі розрахунки проводити доводиться не часто, так як у відповідних нормативах на вибір режимів різання дано значення подач відповідно до розмірів різців та характеристик металорізальних верстатів.

Швидкість різання вибирається відповідно до певних значень глибини різання, подачі та стійкості ріжучого інструменту, геометричних параметрів різальної частини. Швидкість різання призначається за відповідними нормативами режимів різання або підраховується за емпіричними формулами.

Після вибору всіх трьох елементів режиму різання перевіряється їхня відповідність потужності верстата за формулою

$$N_{ст} = (P_z * v) / (60 * 102 * \eta) \quad (3.1)$$

де P_z - сила різання в Н (кГ);

v - швидкість різання в м/хв;

η – коефіцієнт корисної дії верстата.

Зазвичай у нормативах за режимами різання є готові таблиці визначення потужності різання (без урахування КПД верстата) при певних значеннях обраного режиму різання.

Для того, щоб визначити режими різання, нам треба зробити опис траєкторій руху ріжучого інструменту на токарної з ЧПУ операції. Обробка деталі ведеться на токарному верстаті моделі HAAS-TL1 з системою ЧПК HAAS. Ми також розглянемо Haas Automation як провідного виробника такого типу обладнання.

Таблиця 3.6 - Технологічна характеристика верстату Haas TL1

Система управління	HAAS
Макс. оброблюваний діаметр (залежить від резцетримача), мм	406
Макс. довжина обробки (без патрона), мм	762
Діаметр 3-х кулачкового патрону, мм	200*/250*
Макс. частота обертання шпинделя, об / хв	1800/3000*
- Максимальний крутний момент, Нм	146
- Максимальна потужність шпинделя, кВт	7,5
- Переміщення по осі X, мм	203
- Переміщення по осі Z, мм	762
Точність позиціонування, мм	±0,010
Обсяг бака ЗОР, л	76
Ориентировочная масса станка, кг	2230

Haas Automation є найбільшим виробником верстатів у Сполучених Штатах і одним з найбільших виробників верстатів із ЧПК у світі. Компанія виробляє повну лінійку вертикальних обробних центрів з ЧПК, горизонтальних обробних центрів, токарних центрів, 5-осьових обробних центрів і ротаційних виробів, а також широкий вибір повністю інтегрованих рішень для

автоматизації, включаючи автоматичні завантажувачі деталей, системи піддонів, і 6-осьові роботизовані системи.

Продукція Haas виробляється на сучасному заводі площею 1,1 мільйона квадратних футів у Південній Каліфорнії та поширюється через мережу з більш ніж 170 локальних торгових точок Haas у більш ніж 60 країнах. Заводські магазини Haas забезпечують найкращі продажі, обслуговування та підтримку в галузі верстатобудування.

Для забезпечення точності, Haas виробляє всі критично важливі компоненти на власному виробництві з використанням спеціальних сучасних верстатів з ЧПУ. На підприємстві компанії широко використовуються нові методи ощадливого виробництва та принципи "точно вчасно" для оптимізації виробничих можливостей та зниження витрат. Це, у поєднанні з висококваліфікованими командами зі збирання електроніки та механіки, дозволяє Haas контролювати якість, вартість, надійність та доступність. В результаті економія та підвищення якості передаються замовнику у вигляді нижчих цін та якіснішої продукції.

З майже 300 верстатів для виробництва деталей у цеху Haas понад дві третини - верстати Haas, що є підтвердженням того, що компанія вірить у свою продукцію. Для збільшення виробничих потужностей та можливостей постійно додається нове виробниче обладнання, що дозволяє Haas виробляти більше деталей більш ефективно та ще більше знижувати вартість продукції Haas для кінцевого споживача.

Сьогодні Haas виробляє чотири основні лінійки продукції: вертикальні обробні центри (VMC), горизонтальні обробні центри (HMC), токарні верстати з ЧПУ та поворотні столи, а також ряд великих п'ятиосьових та спеціальних верстатів.

В даний час у всьому світі встановлено понад 215 000 верстатів з ЧПУ Haas, які використовуються майстернями, підрядними інженерними фірмами та виробниками по всьому світу для виготовлення деталей майже для кожної галузі.

Верстати Haas широко використовуються для тренінгів та навчання з ЧПК в школах, університетах і технічних коледжах у Сполучених Штатах і в усьому світі. Компанія інвестує в навчання з ЧПК сьогодні, щоб підготувати кваліфіковану робочу силу завтрашнього дня.

Обробний центр - це верстат, який використовується на фабриках, виробничих лініях та інших промислових установах. Це тип автоматизованої машини, яка допомагає в обробці та виготовленні деталей і виробів. Він використовується для вирізання та формування об'єктів за допомогою різноманітних інструментів.

Машини Haas Automation дуже складні та мають різноманітні функції, корисні для бізнесу. Деякі з особливостей цих машин включають використання програмного забезпечення CAD/CAM, потужних ріжучих і підйомних інструментів, а також високоякісних датчиків. Ці машини допомагають у виробництві якісних деталей і продуктів швидшими темпами.

Використовуючи машину Haas Automation, підприємства можуть заощадити час і гроші. Крім того, ці машини допомагають у виробництві високоякісних деталей, які не мають дефектів. Крім того, ці машини полегшують підприємствам дотримання різних правил і стандартів.

Система числового програмного керування HASS є базовою моделлю 2-х - координатної контурної системи управління другого покоління сімейства HASS призначена для використання в карусельних верстатах і токарних верстатах з базовими функціями автоматичного управління. У СЧПУ сімейства HASS закладені наступні можливості:

- підключення цифрових і аналогових датчиків положення до 8 каналів оцифрування + можливість розширення;
- аналогове (16-бітний ЦАП 10В) і цифрове управління регульованими приводами подач до 6 каналів управління + можливість розширення; частота оновлення керуючих впливів на привід задається параметрично, до 4.885 кГц

Технічна характеристика системи ЧПУ приведена в таблиці

Для того, щоб розрахувати та зробити вибір режимів різання, необхідно розробити операційний ескіз.

У машинобудуванні експлуатаційний ескіз - це креслення, що показує основний робочий стан машини або системи. Його можна використовувати, щоб зрозуміти, як він працює, і визначити потенційні проблеми.

Таблиця 3.7 - Технічна характеристика системи ЧПУ HASS

Число керованих координат	2+1 (план-шайба)
Число одночасно керованих координат	2+1 (план-шайба)
Типи вихідних керуючих впливів на контролери приводів	Аналоговий $\pm 10V$ 16 розрядів ЦАП
Типи використовуваних датчиків зворотного зв'язку по переміщенню	Лінійний (оптичний), круговий (оптичний із цифровим виходом)
Способи інтерполяції	Лінійна Кругова
Швидкість прискореного переміщення	До 32 м/хв
Швидкість робочої подачі	Від 0 до 32 м/хв
Оперативна зміна швидкості подач	Плавне ручне регулювання від 0% до 120%
Оперативна зміна частоти обертання шпинделя	Плавне ручне регулювання від 0% до 120%
Код носія	ASCII
Час безперервної роботи	Необмежено
Величина корекції радіусу інструменту	До 32 мм
Редагування програм	Спеціальний редактор

Операційний ескіз — це тип технічного креслення, який загалом детально зображує роботу об'єкта або системи. Його часто використовують інженери для планування та візуалізації своїх проектних пропозицій. Технологічний ескіз подібний до операційного ескізу тим, що він також використовується для

детального зображення роботи об'єкта або системи. Однак технологічний ескіз більше орієнтований на документування конструктивних особливостей об'єкта. Його можна використовувати як основу для подальших проектних робіт або для перевірки доцільності проекту.

При створенні експлуатаційного або технологічного ескізу інженерам, як правило, потрібно враховувати ряд факторів. До них належать: загальна функція об'єкта або системи, матеріали, які використовуються для його побудови, планування та деталі конструкції, а також електричні та механічні характеристики. Крім того, інженерам часто доводиться враховувати ергономіку конструкції. Це означає, що вони повинні враховувати, як буде виглядати дизайн і як користувачі будуть з ним взаємодіяти.

Створення технічного ескізу - складний і трудомісткий процес. Інженери зазвичай починають з проектування грубого ескізу об'єкта або системи. Цей ескіз зазвичай показує основне розташування об'єкта та розташування ключових компонентів. Далі вони складають детальні креслення, які ілюструють деталі конструкції. Наприклад, ці креслення можуть показувати форму та розміри окремих частин, взаємозв'язок між різними частинами та компонування електричних та механічних систем. Нарешті, інженери зазвичай закінчують остаточний технічний ескіз, який показує всі деталі конструкції.

Ми розробили на базі пропонованого техпроцесу та завдяки САПР “Компас 3D-v17” операційний ескіз на операцію 025 Токарна з ЧПК (рис.3.6).

Наступним нашим кроком є визначення глибини різання. Це відстань між поверхнею, що підлягає обробленню та обробленою поверхнею, що вимірюється перпендикулярно до останньої. Глибина різання позначається t та вимірюється в мм. Глибину різання вибирають виходячи з необхідності обробки. Тому якщо дозволяє потужність верстата та жорсткість системи верстат-пристрій-інструмент-деталь, припуск на чорнову обробку варто обробляти за один прохід.

Глибини різання на операції 025 “Токарна з ЧПК” представлені в табл.3.8

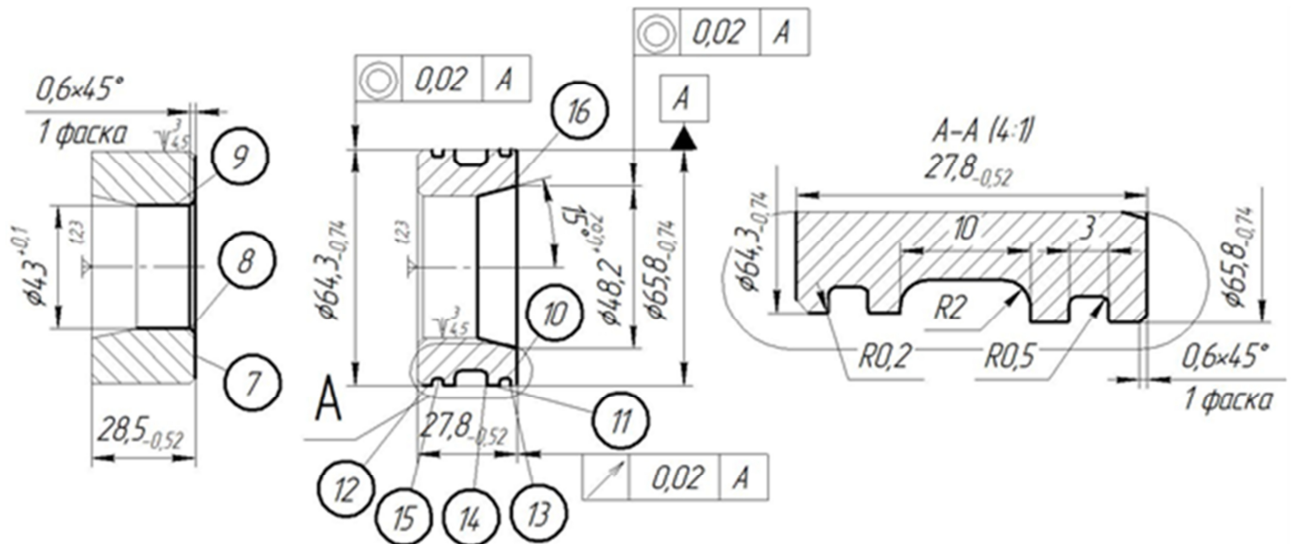


Рисунок 3.6 - Операційний ескіз на операцію 025

Таблиця 3.8 - Глибини різання на операції

Поверхня	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Глибини	0,5	0,3	1	0,7	1,1	0,75	3	3	3	0,6

На даній операції використовуються три різучі інструменти:

1) P11 різець прохідний PCLNR 2525-M12:

- державка різця-25x25 мм;
- товщина пластини-6,4 мм;
- матеріал пластини -Т5К10;
- спосіб кріплення пластини - винтовим елементом;
- форма пластини - квадратна;
- кути в плані $\varphi=95^\circ$, $\epsilon=80^\circ$;

2) P12 різець розточний токарний SCLCR S10L-SCLCR06

- державка різця-9x9,5 мм;
- товщина пластини-6,4 мм;
- матеріал пластини -Т5К10;
- спосіб кріплення пластини - винтовим елементом;
- форма пластини - квадратна;

- кути в плані $\varphi=95^\circ$, $\varepsilon=80^\circ$;

3) РІЗ канавочний різець CFIR2020M03:

- державка різця-20x20 мм;

- ширина різання -3 мм;

- матеріал пластини -Т5К10;

- спосіб кріплення пластини - винтовим елементом;

- максимальна глибина різання 9 мм;

- кут ріжучої кромки 90° ;

Вибір режимів різання для кожного інструменту

1. Обираємо подачу для чистової стадії обробки $S(\text{мм/об})$ з врахуванням поправочних коефіцієнтів [2].

Величина переміщення інструменту відносно оброблюваної деталі або цієї деталі відносно інструменту в напрямку руху подачі за певний проміжок часу, за один оберт деталі або інструменту, за один робочий хід інструменту називається подачею.

Є два типи подач, робоча та пришвидшена. На робочі подачі відбувається процес різання, на пришвидшеній всі не робочі переміщення, переходи на початкові точки.

Для різця 1, який обробляє зовнішні (циліндричні та торцеві поверхні) при чистовій обробці – $S_{от} = 0,22 \text{ мм/об}$ [стр.46, карта 6].

На подачі обираємо поправочний коефіцієнт:

1. Переріз державки різця $K_{S_d} = 1$ [стр.42, карта 5].
2. Механічних властивостей оброблюваного матеріалу $K_{S_m} = 0,8$ [стр.48, карта 8].
3. Схеми установки заготовки $K_{S_y} = 1,20$ [стр.48, карта 8].
4. Стан поверхонь заготовки $K_{S_n} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
5. Геометричні параметри різця $K_{S_\varphi} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
6. Потужність верстата $K_{S_j} = 0,7$ [стр.45, карта 5].
7. Спосіб кріплення пластини $K_{S_p} = 1,00$ [стр.44, карта 5].

8. Інструментальний матеріал $K_{sИ} = 1,15$

Фактична подача буде розраховуватись по формулі:

$$S_o = S_{от} \times K \quad (3.2)$$

де K – це произведение усіх поправочних коефіцієнтів на подачу данної стадії обробки, тобто.:

$$K = K_{sd} \times K_{sm} \times K_{sy} \times K_{sp} \times K_{s\phi} \times K_{sj} \times K_{sr} \times K_{sИ}, \quad (3.3)$$

$$K = 1,0 \times 0,8 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,15 = 0,77$$

$K=0,77$, тоді подача буде дорівнювати:

$$S_o = 0,22 \times 0,77 = 0,17 \text{ мм/об.}$$

2. Обираємо подачу для різця 2, який обробляє внутрішні (циліндричні та торцеві поверхні) при чистовій обробці – $S_{от} = 0,26$ мм/об [стр.56, карта 12].

На подачі обираємо поправочний коефіцієнт:

1. Переріз державки різця $K_{sd} = 0,8$ [стр.42, карта 5].
2. Механічних властивостей обробляемого матеріалу $K_{sm} = 0,8$ [стр.48, карта 8].
3. Схеми установки заготовки $K_{sy} = 1,20$ [стр.48, карта 8].
4. Стан поверхонь заготовки $K_{sp} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
5. Геометричні параметри різця $K_{s\phi} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
6. Потужність верстата $K_{sj} = 0,7$ [стр.45, карта 5].
7. Спосіб кріплення пластини $K_{sr} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
8. Інструментальний матеріал $K_{sИ} = 1,15$

Фактична подача буде розраховуватись по формулі:

$$S_o = S_{от} \times K, \quad (3.4)$$

де K – це добуток всіх поправочних коефіцієнтів на подачу данної стадії обробки, т. е.:

$$K = K_{sd} \times K_{sm} \times K_{sy} \times K_{sp} \times K_{s\phi} \times K_{sj} \times K_{sr} \times K_{sИ}, \quad (3.5)$$

$$K = 0,8 \times 0,8 \times 1,2 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,15 = 0,62$$

$K=0,62$, тоді подача буде дорівнювати:

$$S_o = 0,26 \times 0,62 = 0,16 \text{ мм/об.}$$

3. Обираємо подачу для РІЗ, який обробляє зовнішні канавки при чистовій обробці – $S_{ot} = 0,09$ мм/об [стр.56, карта 12].

На подачі обираємо поправочний коефіцієнт:

1. Переріз державки різця $K_{sd} = 1,0$ [стр.42, карта 5].
2. Механічних властивостей обробляемого матеріалу $K_{sm} = 1,15$ [стр.48, карта 8].
3. Схеми установки заготовки $K_{sy} = 1,10$ [стр.48, карта 8].
4. Стан поверхонь заготовки $K_{sp} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
5. Геометричні параметри різця $K_{s\phi} = 0,90$ [стр.44, карта 5].
6. Потужність верстата $K_{sj} = 0,7$ [стр.45, карта 5].
7. Спосіб кріплення пластини $K_{sp} = 1,00$ [стр.44, карта 5].
8. Інструментальний матеріал $K_{sИ} = 1,15$

Фактична подача буде розраховуватись по формулі:

$$S_o = S_{ot} \times K, \quad (3.6)$$

Де K – це добуток всіх поправочних коефіцієнтів на подачу данної стадії обробки, т. е.:

$$K = K_{sd} \times K_{sm} \times K_{sy} \times K_{sp} \times K_{s\phi} \times K_{sj} \times K_{sp} \times K_{sИ}, \quad (3.7)$$

$$K = 1,0 \times 1,15 \times 1,2 \times 1,0 \times 0,9 \times 0,7 \times 1,0 \times 1,15 = 0,99$$

$K = 0,99$, тоді подача буде дорівнювати:

$$S_o = 0,09 \times 0,99 = 0,089 \text{ мм/об.}$$

4. Вибір швидкості різання

Величина переміщення різальної кромки в одиницю часу відносно оброблюваної поверхні називається швидкістю різання. Швидкість різання позначається літерою V та вимірюється в м/хв або в м/с (при шліфуванні). Швидкість різання вибирається по відповідним таблицям режимів різання в залежності від глибини різання, подачі, матеріалу обробки та матеріалу різальної кромки.

Для РІ 1: чистова обробка зовнішніх поверхонь $V_T = 284$ м/хв [Л1, стр. 81, карта 22].

Для РІ 2: чистова обробка внутрішніх поверхонь $V_T = 295$ м/хв [Л1, стр. 81, карта 22].

Для РІ 3: чистова обробка внутрішніх поверхонь $V_T = 168$ м/хв [Л1, стр. 81, карта 22].

Визначення поправочних коефіцієнтів для швидкості різання [Л1, стр. 82, карта 23]:

- а) вид інструментального матеріалу $K_{ви} = 0,8$;
- б) групи обробки матеріалу $K_{vc} = 1,0$;
- в) вид обробки $K_{vo} = 1,00$;
- г) жорсткість верстата $K_{vj} = 0,7$;
- д) механічні ознаки оброблюваного матеріалу $K_{vm} = 1,2$;
- е) геометричні параметри різців $K_{v\phi} = 1,00$;
- є) період стійкості інструмента $K_{vt} = 1$;
- ж) наявність охолодження $K_{vj} = 1,00$.

Розраховуємо розрахункову швидкість різання по формулі:

$$V_p = V_T \hat{K} \quad (3.8)$$

де V_T – таблична швидкість різання;

K – загальний коефіцієнт, який розраховується по формулі:

$$K = K_{ви} \hat{K} * K_{vc} \hat{K} * K_{vo} \hat{K} * K_{vj} \hat{K} * K_{vm} \hat{K} * K_{v\phi} \hat{K} * K_{vt} \hat{K} * K_{vj} \quad (3.9)$$

$$K = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,7 \times 1,2 \times 1 \times 1 \times 1 = 0,672$$

Для РІ1 $V_p = 284 \times 0,672 = 190,8$ м/хв

Для РІ2 $V_p = 295 \times 0,672 = 198,2$ м/хв

Для РІ3 $V_p = 168 \times 0,672 = 112,9$ м/хв

5 .Визначаємо частоти обертання шпінделя на усі стадії обробки для кожної поверхні по формулі:

$$n_p = 1000 V_p / \text{пД} \text{ (об/хв)}, \quad (3.10)$$

де D – діаметр оброблюваної поверхні, мм.

Для РІ 1:

Для зовнішнього торця $7 = 1000 \times 190,8 / 3,14 \times 68 = 893$ мин⁻¹.

Для зовнішнього торця $10 = 1000 \times 190,8 / 3,14 \times 68 = 893$ мин⁻¹.

Для зовнішньої циліндричної поверхні 11 = $1000 \times 190,8 / 3,14 \times 68 = 893$ мин-1.

Для зовнішньої циліндричної поверхні 12 = $1000 \times 190,8 / 3,14 \times 65,8 = 923$ мин-1.

Для РІ 2:

Для фаски 8 = $1000 \times 198,2 / 3,14 \times 41 = 1539$ мин-1.

Для внут. циліндричної поверхні 9 = $1000 \times 198,2 / 3,14 \times 41 = 1539$ мин1.

Для внут. конусу 16 = $1000 \times 198,2 / 3,14 \times 47 = 1342$ мин-1.

Для РІ 3:

Для канавки 13 = $1000 \times 112,9 / 3,14 \times 68 = 528$ мин-1.

Для канавки 14 = $1000 \times 112,9 / 3,14 \times 68 = 528$ мин-1.

Для канавки 15 = $1000 \times 112,9 / 3,14 \times 68 = 528$ мин-1.

Для канавки 14 = $1000 \times 112,9 / 3,14 \times 68 = 528$ мин-1.

Для канавки 15 = $1000 \times 112,9 / 3,14 \times 68 = 528$ мин-1.

6. Визначаємо фактичну швидкість різання.

Так як верстат має безступінчасте регулювання частоти обертання шпінделя, то фактична частота обертання шпінделя буде дорівнювати розрахунковій,

а це значить, що фактична швидкість різання дорівнює розрахунковій.

7. Визначаємо хвилинну подачу $S_{хв}$ (мм/хв) по стадіям:

$$S_{хв} = S_0 \times n_{ф}, \quad (3.11)$$

де S_0 – оборотна подача, мм/об;

$n_{ф}$ – фактична частота обертання шпінделя.

Для поверхні 7 $S_{мин} = 0,17 \times 893 = 152$ мм/хв

Для поверхні 8 $S_{мин} = 0,16 \times 1539 = 246$ мм/хв

Для поверхні 9 $S_{мин} = 0,16 \times 1539 = 246$ мм/хв

Для поверхні 10 $S_{мин} = 0,17 \times 893 = 152$ мм/хв

Для поверхні 11 $S_{мин} = 0,17 \times 893 = 152$ мм/хв

Для поверхні 12 $S_{мин} = 0,17 \times 923 = 152$ мм/хв

Для поверхні 13 $S_{мин} = 0,089 \times 528 = 47$ мм/хв

Для поверхні 14 $S_{\text{мин}} = 0,089 \times 528 = 47 \text{ мм/хв}$

Для поверхні 15 $S_{\text{мин}} = 0,089 \times 528 = 47 \text{ мм/хв}$

Для поверхні 16 $S_{\text{мин}} = 0,16 \times 1342 = 215 \text{ мм/хв}$

8. Основний час визначається за формулою:

$$T_0 = L / (S \cdot n) \cdot i \quad (3.12)$$

де

L - довжина робочого ходу різця, з урахуванням врізання, мм;

i - кількість проходів.

Довжина робочого ходу різця визначається за формулою:

$$L = l + u + \Delta \quad (3.13)$$

де

l - довжина оброблюваної поверхні, мм;

u - величина врізання, мм;

Δ - величина перебігу, мм.

поверхню 7 - $L = 25 + 2 + 2 = 29 \text{ мм}$;

поверхню 8 - $L = 0,8 \text{ мм}$;

поверхню 9 - $L = 21,4 + 2 + 2 = 25,4 \text{ мм}$;

поверхню 10 - $L = 10,5 + 2 + 2 = 14,5 \text{ мм}$;

поверхню 11 - $L = 27,8 + 2 + 2 = 31,8 \text{ мм}$;

поверхню 12 - $L = 4,1 + 2 + 2 = 8,1 \text{ мм}$;

поверхню 13 - $L = 3 + 2 + 2 = 7 \text{ мм}$

поверхню 14 - $L = 5 + 10 + 5 = 20 \text{ мм}$

поверхню 15 - $L = 3 + 2 + 2 = 7 \text{ мм}$

поверхню 16 - $L = 7,33 + 2 + 2 = 11,33 \text{ мм}$

Основний час:

поверхню 7 - $T_0 = 29 / (0,17 \cdot 893) \cdot 1 = 0,19 \text{ хв}$;

поверхню 8 - $T_0 = 0,8 / (0,16 \cdot 1539) \cdot 1 = 0,003 \text{ хв}$;

поверхню 9 - $T_0 = 25,4 / (0,16 \cdot 1539) \cdot 1 = 0,10 \text{ хв}$;

поверхню 10 - $T_0 = 14,5 / (0,17 \cdot 893) \cdot 1 = 0,095 \text{ хв}$;

поверхню 11 - $T_o=31,8/(0,17 \cdot 893) \cdot 1=0,209$ хв;

поверхню 12 - $T_o=8,1/(0,17 \cdot 923) \cdot 1=0,051$ хв;

поверхню 13 - $T_o=7/(0,089 \cdot 528) \cdot 1=0,148$ хв.

поверхню 14 - $T_o=20/(0,089 \cdot 528) \cdot 1=0,42$ хв.

поверхню 15 - $T_o=7/(0,089 \cdot 528) \cdot 1=0,148$ хв.

поверхню 16 - $T_o=11,33/(0,16 \cdot 1342) \cdot 1=0,052$ хв

Сумарний основний час:

$T_o=0,19+0,003+0,1+0,095+0,209+0,051+0,148+0,42+0,148+0,052=1,416$ хв.

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_V=T_{(V.уст.)}+T_{(V.оп.)}+T_{(V.изм.)} \quad (3.14)$$

де

$T_{(V.уст.)}$ -час на установку і зняття деталі, по [21] с.61, карта 4: при установці деталі в 3х кулачковому самоцентр. патроні:

$T_{вуст}=0,14$ хв;

$T_{(V.оп.)}$ -час пов'язане з операцією, за [21] с.79, карта 14:

$T_{в.оп.}=0,54$ хв;

$T_{(V.изм.)}$ -час на вимірювання, по [21] с.80, карта 15:

$T_{взм}=0,76$ хв.

$T_V=0,14+0,54+0,76=1,44$ хв.

Сума основного і допоміжного часу становить час оперативної роботи

ТОП:

$$T_{ОП}=T_O+T_V \quad (3.15)$$

$T_{оп}=1,416+1,44=2,856$ хв.

Норма штучного часу розраховується за формулою:

$$T_{шт} = T_{оп} \cdot \left(1 + \frac{a_{тех}+a_{орг}+a_{отл}}{100}\right) \quad (3.16)$$

де $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}$ -час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби по [21] с.90, карта 16.: $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 7\%$

$$T_{шт}=2,856 \cdot \left(1 + \frac{7}{100}\right) = 3,05 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу ТПЗ визначається по [21] с.96, карта 21 і складається з:

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту і пристосування: 6 хв;

- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації: 2 хв;

- часу на інструктаж майстра: 2,0 хв;

- часу на установку первісний режим роботи верстата: 0,15 хв;

- часу на свій пристрій для подачі СОЖ: 0,2 хв.

$$T_{пз} = 6,0 + 2,0 + 2,0 + 0,15 + 0,2 = 10,35 \text{ хв.}$$

Розрахунок машинно-допоміжного часу на зміну різця: час фіксації та рас фіксації револьверної голівки: $T_{иф} = 2 \text{ с.}$ та час повороту револьверної голівки на одну позицію $T_{ип} = 1 \text{ с.}$ Т. е. $T_{мв}$ для різця буде дорівнювати $T_{мв} = (4 \times 1 + 2) / 60 = 0,1 \text{ хв.}$

$$T_{ца} = T_о + T_{мв}. \quad (3.17)$$

$$T_о = 1,416 \text{ мин. } T_{мв} = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{ца} = 1,416 + 0,1 = 1,516 \text{ хв.}$$

Розрахунок норми штучно-калькуляційного часу $T_{шк}$, хв:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз}, \quad (3.18)$$

де $T_{пз}$ – норма підготовчо-заключного часу, хв

$T_{шт}$ – норма штучного часу

Таблиця 3.9 - Режими різання

Елементи режимів різання	№Поверхонь									
	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Глибина різання t	0,5	0,3	1	0,7	1	0,75	3	3	10	0,6
Таблична подача S_{ot}	0,22	0,26	0,26	0,22	0,22	0,22	0,09	0,09	0,09	0,26
Розрахункова подача S_{ot}	0,17	0,16	0,16	0,17	0,17	0,17	0,089	0,089	0,089	0,16
Таблична швидкість різання V_T	284	295	295	284	284	284	168	168	168	168
Фактична швидкість різання V_f	190,8	198,2	198,2	190,8	190,8	190,8	112,9	112,9	112,9	198,2
Фактична частота обертів шпінделя n_f	893	1539	1539	893	893	923	528	528	528	1342
Хвилинна подача S_{xv}	152	246	246	152	152	152	47	47	47	215

Операція 035 Фрезерна з ЧПК

Обробка виконується на верстаті HAAS MINI MILL.

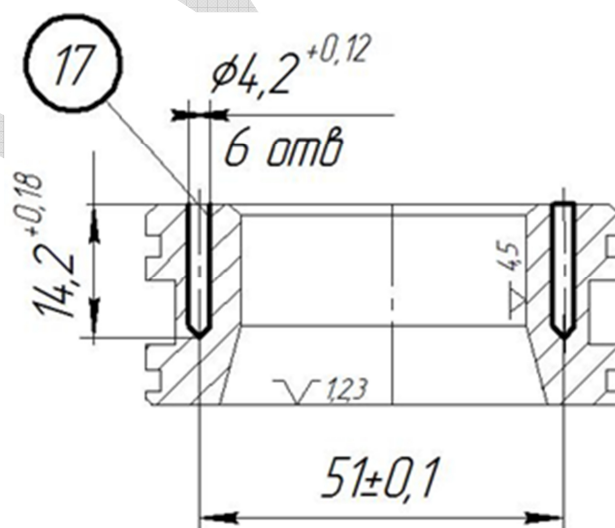


Рисунок 3.7 - Операційний ескіз на операцію 035

Для обробки 6 отворів Ø4,2 використовується:

-P11 Свердло спіральне Seco SD203-4.2-17-6R5

Діаметр - Ø4,2 мм

Макс. глибина свердління - 17 мм

Матеріал ріжучої частини – T15K6

Кут вершини - 140°

Вибір режимів різання для інструменту

Обираємо подачу

Для напівчистої стадії обробки 6 отворів при свердлуванні з глибиною різання $t=2,1$ мм $S_{от}=0,15$ мм/об. [Л1, стр.128, карта 46]

На подачу обираємо поправочний коефіцієнт:

Коефіцієнт $K_{S_m} = 0,94$ [Л1, стр.143, карта 53]

Фактична подача буде розраховуватись по формулі:

$$S_o = S_{от} \hat{K}_{S_m}, \quad (3.19)$$

$$S_o = 0,15 \times 0,94 = 0,14 \text{ мм/об.}$$

2. Вибір швидкості різання.

Для P11 табличне значення $V = 26,5$ м/мин [Л1, стр.128, карта 46]

Визначення поправочних коефіцієнтів для швидкості різання [Л1, стр. 143, карта 53]:

а) поправочний коефіцієнт на швидкість $K_{V_m} = 0,94$;

б) форма заточки інструменту $K_{V_3} = 1,00$;

в) охолодження $K_{V_ж} = 1,00$;

г) стан поверхні заготовки $K_{V_T} = 1$;

д) стан поверхні заготовки $K_{V_w} = 1,00$;

е) матеріал інструменту $K_{V_i} = 2,2$;

є) довжина робочої частини інструменту $K_{V_l} = 1,00$;

Розраховуємо фактичну швидкість різання по формулі:

$$p = V_T \hat{K}, \quad (3.20)$$

де V_T – таблична швидкість різання;

K – загальний коефіцієнт, який розраховується по формулі:

$$K = K_{V_m} \hat{K}_{V_3} \hat{K}_{V_{ж}} \hat{K}_{V_T} \hat{K}_{V_w} \hat{K}_{V_{ц}} \hat{K}_{V_l} \quad (3.21)$$

$$K = 0,94 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 1,00 \times 2,2 \times 1,00 = 2,068$$

$$\text{Для P11 розрахункова швидкість } V_p = 26,5 \times 2,068 = 54,8 \text{ м/мин}$$

3. Визначаємо частоти обертання шпінделя на усі стадії обробки для кожної поверхні по формулі:

$$n_p = \frac{1000 V_p}{\pi D} \text{ (об/хв)}, \quad (3.22)$$

D – Діаметр ріжучої частини робочого інструменту, мм

π – 3.14

V – швидкість різання (м / хв) – шлях пройдений точкою (краєм) ріжучої кромки фрези в хвилину.

$$\text{Для P11 } n_p = 1000 \times 26,5 / 3,14 \times 4,2 = 2009 \text{ об/хв}$$

4. Перевіряємо обрані режими різання по потужності привода головного руху для напівчистої стадії обробки.

Максимальна потужність різання для:

$$\text{P11 буде дорівнювати } N_T = 0,4 \text{ кВт [Л1, стр.129, карта 46]}$$

5. Поправочний коефіцієнт для потужності різання – механічних властивостей обробляемого матеріалу $K_{пм} = 1,05$ [Л 1, стр. 143, карта 53].

6. Знаходимо розрахункову потужність:

$$N_p = N_T \times K_{пм} \quad (3.23)$$

$$Np1=0,4 \times 1,05 = 0,42 \text{ кВт.}$$

7.Визначаємо хвилинну подачу за формулою:

$$S_{\text{хв}} = S_{\text{от}} \times n \quad (3.24)$$

$S_{\text{от}}$ - подача мм/об.

n - частота обертання шпинделя (об / хв)

$$S_{\text{хв}} = 0,15 \times 2009 = 301,35 \text{ мм/хв}$$

Основний час визначається за формулою:

$$T_0 = \frac{L}{S_{\text{хв}}} \quad (3.25)$$

L - довжина робочого ходу

$S_{\text{хв}}$ - хвилинна подача

Довжина робочого ходу свердла визначається за формулою:

$$L = l_1 + l_2 \quad (3.26)$$

де

l_1 - довжина оброблюваної поверхні, мм;

l_2 - довжина підводу інструмента до поверхні, мм;

свердлування 6 отворів $\varnothing 4,2 = (14,2 + 2,5) \times 6 = 100,2 \text{ мм};$

Основний час:

$$T_0 = \frac{100,2}{301,35} = 0,33 \text{ хв}$$

$$T_0 = 0,33 \text{ хв}$$

Допоміжний час визначається за формулою:

$$T_B = T_{\text{В.уст.}} + T_{\text{В.оп.}} + T_{\text{В.изм.}} \quad (3.27)$$

де

$T_{В.уст.}$ - час на установку і зняття деталі, по [21] с.72, карта 8: при установці деталі в короткій оправці:

$$T_{В.уст.} = 0,13 \text{ хв};$$

$T_{В.оп.}$ - час пов'язане з операцією, за [21] с.79, карта 14:

$$T_{В.оп.} = 0,64 \text{ хв};$$

$T_{В.изм.}$ - час на вимірювання, по [21] с.207, карта 43:

$$T_{В.изм.} = 0,16 \text{ хв.}$$

$$T_{В.} = 0,13 + 0,64 + 0,12 = 0,89 \text{ хв.}$$

Сума основного і допоміжного часу становить час оперативної роботи
ТОП:

$$T_{ОП} = T_{О} + T_{В} \quad (3.28)$$

$$T_{ОП} = 0,33 + 0,89 = 1,22 \text{ хв.}$$

Норма штучного часу розраховується за формулою:

$$T_{шт} = T_{ОП} \cdot \left(1 + \frac{a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}}{100}\right) \quad (3.29)$$

де $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл}$ - час на організаційне і технічне обслуговування робочого місця і особисті потреби по [21] с.90, карта 16: $a_{тех} + a_{орг} + a_{отл} = 8\%$

$$T_{шт} = 1,22 \cdot \left(1 + \frac{8}{100}\right) = 1,31 \text{ хв.}$$

Норма підготовчо-заключного часу ТПЗ визначається по [21] с.96, карта 21 і складається з:

- часу на отримання наряду, креслення, технологічної документації, ріжучого і допоміжного інструменту і пристосування: 8 хв;

- часу на ознайомлення з роботою, кресленням, технологічної документації: 2 хв;

- часу на інструктаж майстра: 2,0 хв;
- часу на установку первісний режим роботи верстата: 0,15 хв;
- часу на свій пристрій для подачі СОЖ: 0,25 хв.

$$T_{пз} = 8 + 2 + 2 + 0,15 + 0,25 = 12,4 \text{ хв.}$$

Розрахунок машинно-допоміжного часу на зміну РІ: час фіксації та розфіксації револьверної голівки: $T_{иф} = 2$ с. та час повороту револьверної голівки на одну позицію $T_{ип} = 1$ с.

Тобто, $T_{мв}$ для свердла буде дорівнювати $T_{мв} = (4 \times 1 + 2) / 60 = 0,1$ хв.

$$T_{ца} = T_о + T_{мв}. \quad (3.30)$$

$$T_о = 0,33 \text{ мин. } T_{мв} = 0,1 \text{ хв.}$$

$$T_{ца} = 0,33 + 0,1 = 0,43 \text{ хв.}$$

Розрахунок норми штучно-калькуляційного часу $T_{шк}$, хв:

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{пз}, \quad (3.31)$$

де $T_{пз}$ – норма підготовчо-заключного часу, хв

$T_{шт}$ – норма штучного часу

$$T_{шк} = 1,31 + 8,4 = 9,71 \text{ хв}$$

№ операції, назва,
обладнання

	$T_о$	$T_{мв}$	$T_{ца}$	$T_в$	$T_{оп}$	$T_{пз}$	$T_{шт}$	$T_{шк}$
025 Токарна з ЧПК Haas Automation TL 1	1,416	0,1	1,516	1,44	6,96	10,35	3,05	13,4
035 Фрезерна HAAS Mini Mill	0,33	0,1	0,43	0,89	1,22	12,4	1,31	9,71

Таблиця 3.10 – Зведена таблиця з розрахунку часу

3.4 Розробка керуючої програми

Було вирішено написати керуючу програму для верстату з ЧПК на базі редактору CIMCO Edit

CIMCO Edit – це найпопулярніший у світі редактор УП. CIMCO Edit є найкращим засобом технологів-програмістів для редагування УП та передачі їх на верстати з ЧПУ, про що свідчать понад 80 000 проданих за останні кілька років ліцензій. Відновлено всі компоненти CIMCO Edit – від динамічних панелей інструментів до меню. Крім того, пропонуються нові потужні засоби порівняння файлів УП, повністю перероблений графічний браузер траєкторії, а також NC-Assistant – помічник для ручного редагування УП.

CIMCO Edit надає комплексний набір найважливіших інструментів для редагування, які потрібні для задоволення вимог до редагування сучасних програм ЧПУ.

Він не має обмежень на розмір програми і включає спеціальні опції для роботи з кодом ЧПУ, наприклад, нумерація / перенумерація рядків, операції з символами і далекомір по осях XYZ. Він також включає математичні функції, серед яких базові розрахунки, обертання, відображення, корекція на інструмент і переміщення. CIMCO Edit має всі функції, які ви очікуєте побачити в редакторі, включаючи перетягування тексту. Більш того, CIMCO Edit повністю налаштовується і легко адаптується до будь-якого середовища редагування програм ЧПУ.

Функція NC-Assistant дозволяє редагувати код УП так швидко та зручно, як ніколи раніше. Клацніть мишкою на M- або G-кодів – і NC-Assistant розпізнає його, що дозволить вам змінювати коди в інтерактивному режимі. Введіть бажане значення для будь-якого коду, і УП оновиться автоматично.

Крім того, NC-Assistant дозволяє швидко вставляти та редагувати складні цикли та операції. CIMCO Edit підтримує вбудовані цикли та макроси для

основних операцій, таких як початок програми, кінець програми, зміна інструменту тощо. Користувач може і сам написати свій цикл або макрос.

Графічний верифікатор дозволяє в покроковому режимі або режимі реального часу переглядати 3÷5 осьові траєкторії фрезерної обробки, а також траєкторії токарної обробки. Внесення змін до керуючої програми автоматично позначиться на відображенні траєкторії. Існує можливість провести аналіз траєкторії, використовуючи функції масштабування, повороту, виміру тощо. CIMCO Edit підтримує тверdotілу візуалізацію з перевіркою на зіткнення та зарізи.

Для цього, ми розробили розрахунково-технічну карту (РТК) для операцій 025 Токарна з ЧПК та 035 Фрезерна з ЧПК з описом траєкторій інструменту та характеристик. Вони представлені в додатку В та Г.

За допомогою редактора CIMCO Edit та на базі РТК ми написали програму, результати якої представлені на рис.3.8 та 3.9.

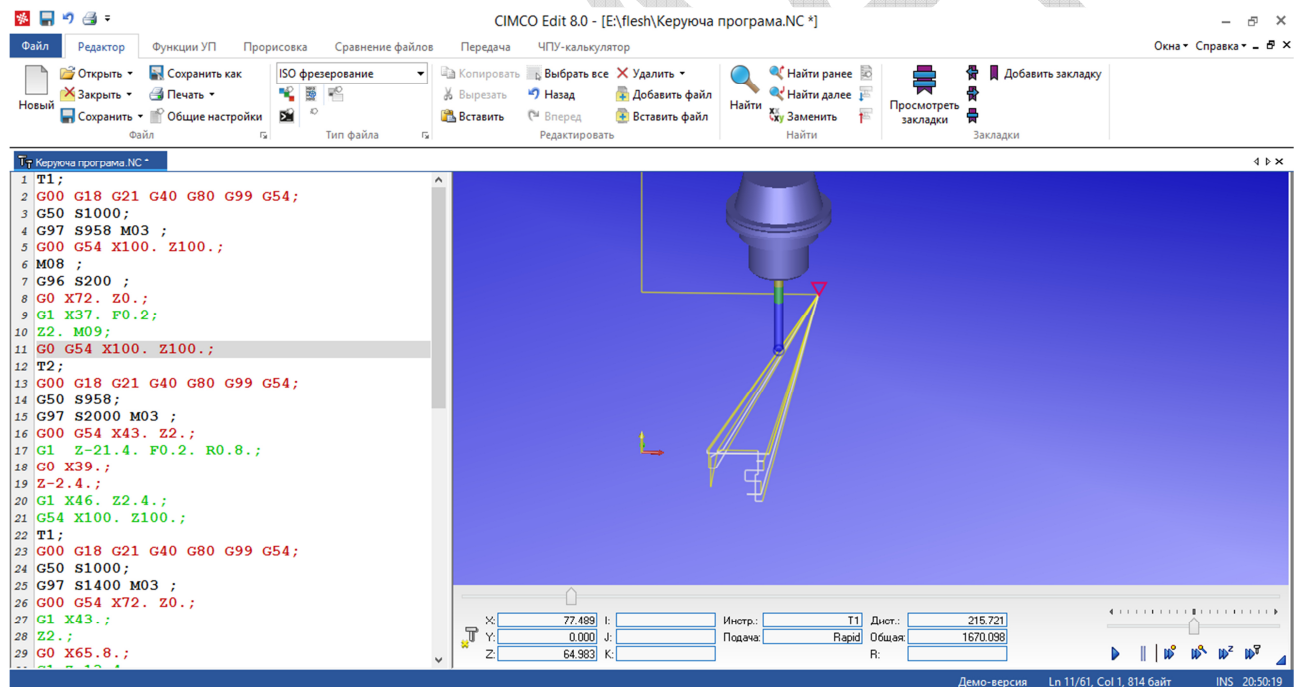


Рисунок 3.8 – Візуалізація траєкторії обробки на операції
025 Токарна з ЧПК

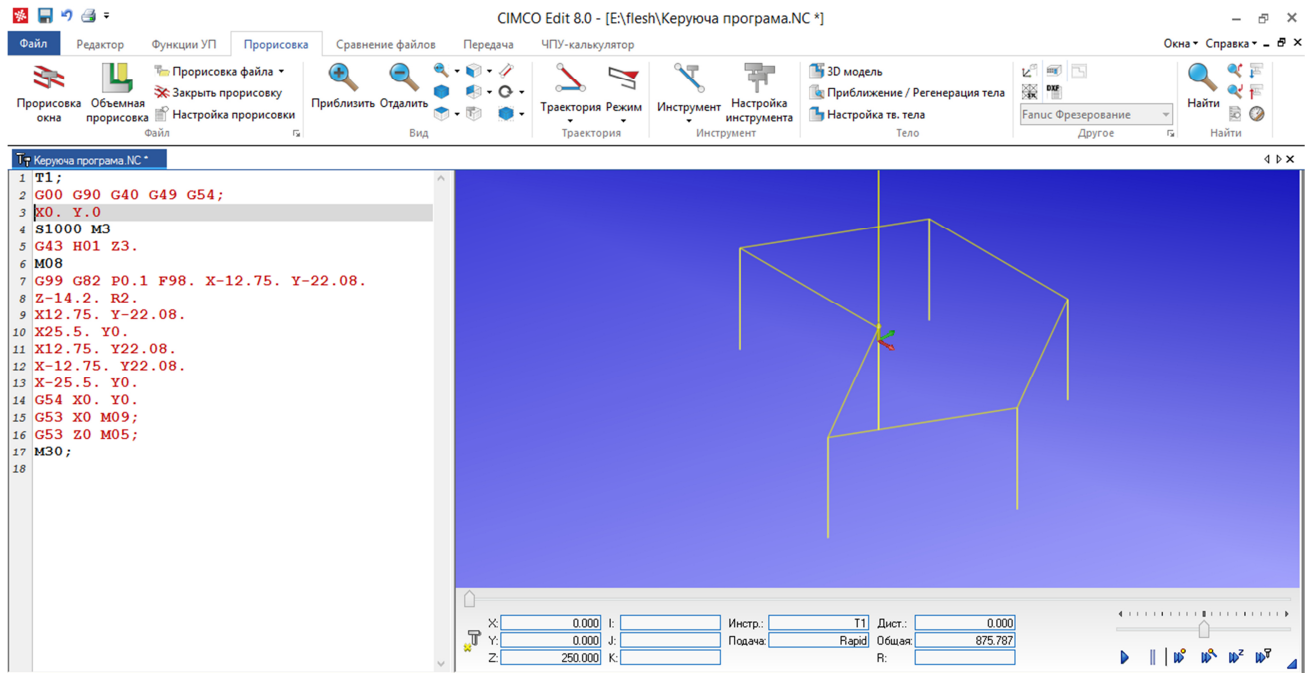


Рисунок 3.9 - Візуалізація траєкторії обробки на операції
035 Фрезерна з ЧПК

Заповнена карта кодування інформації представлена в Додатках Є та Ж відповідно

3.5 Висновки до розділу 3

Ми проаналізували базовий (заводський) технологічний процес і внесли в нього корективи - нововведення по обладнанню, технологічному оснащенню і базуванню. Завдяки цьому, виробництво стане більш економічним через використання новітніх технологій та технологічних рішень.

До кожної операції ми розробили операційні ескізи завдяки CAD-системі «Компас 3Д-v17» та провели аналіз технічної літератури для того, щоб підібрати необхідні інструменти та обладнання для виконання цих операцій з максимальною ефективністю та забезпечуючи вимоги.

Для операцій 025 Токарна з ЧПК та 035 Фрезерна з ЧПК ми зробили нормування, вибір режимів різання, РТК та запрограмували траєкторію руху інструментів завдяки програмі CIMCO Edit й заповнили карту кодування інформації.

4 ПРОЕКТУВАННЯ СПЕЦІАЛЬНОГО ОСНАЩЕННЯ

4.1. Проектування верстатного пристосування

Згідно завдання необхідно спроектувати верстатний пристрій з механізованим приводом для базування та закріплення заготовки на операції 035 Свердлувальна з ЧПК.

Дане пристосування застосовується для установки групи деталей, близьких за конструктивно-технологічними ознаками.

Застосування спеціального пристрою з механізованим приводом дозволить стабілізувати точність обробки поверхонь заготовки, знизити

трудомісткість обробки, підвищити безпеку праці, поліпшити умови праці, використовувати робочих нижчої кваліфікації, знизити собівартість виготовлення деталі.

Під час обробки поверхонь формується 6 глухих циліндричних отвори розміром $d4.2h12$ з глибиною $14.2h14$ та міжосьовою відстанню $\varnothing 51 \pm 0,1$, їх шорсткість має відповідати рівню 6,4 мкм за критерієм Ra.

Для обробки поверхонь використовуємо:

PI1: Свердло Seco SD203-3.0-14-6R5. Матеріал ріжучої частини – SS2244.

Обробка заготовки здійснюється на вертикально-фрезерному обробний центрі Haas MiniMill.

На момент реалізації операції заготовка представлена сукупністю попередньо оброблених точінням поверхонь, які мають просту форму та є достань розвинутими. Серед усіх поверхонь заготовки на роль технологічних баз перш за все претендують торець $\varnothing 65,8h14$ та центральний отвір $\varnothing 43H14$.

Базування заготовки за цими поверхнями дозволить забезпечити її стійке положення під час обробки поверхонь отворів $\varnothing 4,2H14$

Під час базування пропонується встановити заготовку на короткій оправці по глухому циліндричному отвору $\varnothing 43^{+0,1}$ з упором в нижній торець $\varnothing 65,8^{-0,74}$, див.рисунок 4.1

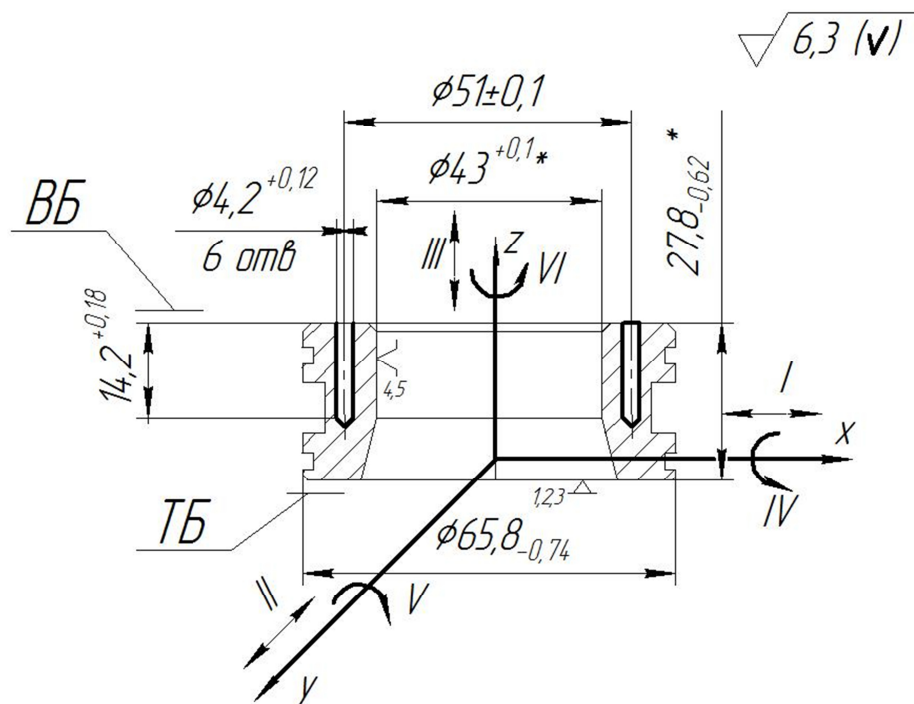


Рисунок 4.1 - Схема базування заготовки на операції 035 Свердлувальна з ЧПК

Для отримання необхідної точності оброблюваної деталі потрібно, щоб виконувалася умова:

$$\varepsilon_6 \leq T, \text{де}$$

ε_6 - дійсна похибка базування, мм;

T – допуск на операційний розмір

Діаметр оброблювального отвору 4,2Н14 забезпечується геометрією ріжучого інструменту (діаметром спірального свердла), ступенем зношення інструменту та не залежить від запропонованої схеми базування заготовки.

Для розміру $14,2^{+0,18}$, який визначає глибину оброблюваного отвору має місце похибка базування $\varepsilon_{6\ 14,2} \neq 0$ (технологічна та вимірювальні бази не співпадають):

$$\varepsilon_{6\ 14,2} = T_{27,8} = 0,62 \text{ мм}$$

$$\text{Так якщо } \varepsilon_{6\ 14,2} = 0,62 \text{ мм, то } T_{14,2} = 0,18 \text{ мм}$$

Якщо підвищити точність розміру 27,8 до 11-го квалітету, то:

$$\varepsilon_{6\ 14,2} = T_{27,8} = 0,13 \text{ мм}$$

$$\varepsilon_{6\ 14,2} = 0,13 < T_{14,2} = 0,18 \text{ мм}$$

Таким чином запропонована схема базування забезпечить виконання розміру 14.2 за точністю

Для розміру $\varnothing 51 \pm 0,1$, який визначає відстань між оброблюваними отворами має місце похибка базування $\varepsilon_6 \varnothing 51 \neq 0$, однак у данному випадку можна знехтувати, тому що точність розміру $\varnothing 51 \pm 0,1$ буде забезпечуватися перш за все точністю позиціонування робочих органів верстата, яка зазвичай є значно меншою за допуск на розмір $T_{\varnothing 51} = 0,2 \text{ мм}$.

При базуванні заготовки по циліндричному отвору $\varnothing 43H11$ на жорсткому пальці $\varnothing 43d11$.

В радіальному напрямку виникає похибка базування яку можна розрахувати за формулою, що подана нижче

$$\varepsilon_6 = \delta_1 + \delta_2 + 2S_{\min} \quad (4.1)$$

де δ_1 – допуск на розмір базового отвору ($\delta_1 \varnothing 43H11 = 0,16$);

δ_2 – допуск на розмір пальця ($\delta_2 \varnothing 43d11 = 0,16$);

S_{\min} – мінімальний зазор для посадки $\varnothing 43 H11/d11$ ($S_{\min \varnothing 43 H11/d11} = 0,08$)

$$\varepsilon_6 = 0,16 + 0,16 + 2 * 0,08 = 0,48 \text{ мм}$$

При базуванні заготовки по центральному отворі $\square 43H12$ на розтискній самоцентруючій оправці похибка базування для розмірів заданих в радіальному напрямку дорівнюватиме нулю і позиціонування шести оброблювальних отворів відносно центральної осі деталі буде забезпечено автоматично

$$\varepsilon_6 = 0,48 \text{ мм} > \frac{T_{\varnothing 51}}{2} = 0,1 \text{ мм}, \text{ що не є допустимим.}$$

Для забезпечення точності позиціонування групи отворів $\varnothing 4,2$ в радіальному напрямку відносно центральної осі деталі пропонуємо використовувати розтисну оправку. В такому разі $\varepsilon_{6\text{ц}} = 0 \text{ мм}$

З аналізу ситуації, щодо закріплення заготовки, приходимо до висновку, що базуємо заготовку на розтискній самоцентруючій оправці і сила закріплення P_3 визначається за формулою:

$$P_3 = \frac{M_{кр} * K_{зам}}{f_1 * r_1} \quad (4.2)$$

$$M_{кр} \leq M_{тр}$$

$$M_{кр} * K_{зам} = M_{тр1} + M_{тр2} \quad (4.3)$$

$$M_{тр} = F_{тр1} * r_1 \quad (4.4)$$

$$F_{тр1} = P_3 * f_1 \quad (4.5)$$

$$M_{тр1} = P_3 * f_1 * r_1 \quad (4.6)$$

$$M_{кр} * K_{зам} = P_3 * f_1 * r_1 \quad (4.7)$$

$$P_3 = \frac{M_{кр} * K_{зам}}{f_1 * r_1} \quad (4.8)$$

$$M_{кр} = 10C_M * D^q * S^y * K_{p,де} \quad (4.9)$$

$$C_M = 0,0345, D = 4,2 \text{ мм}, q = 2, y = 0,8 S = 0,13 \text{ мм/об}$$

$$M_{кр} = 10 * 0,0345 * 4,2^2 * 0,13^{0,8} = 1,2 \text{ Н*М}$$

$$P_o = 10 * 68 * 4,2 * 0,24 = 684 \text{ Н}$$

$$M_{тр1} = F_{тр} * r_1 = P_3 * f_1 * r_1 = -6238,01 \text{ Н*М}$$

$$M_{тр2} = P_o * f_2 * r_2 = 684 * 0,16 * 57 = 6238,08 \text{ Н*М}$$

$$M_{кр} * k_{зам} = P_3 * f_1 * r_1 + P_o * f_2 * r_2 \quad (4.10)$$

$$f_1 = f_2 = 0,16 \text{ Н*М}$$

$$P_3 * f_1 * r_1 = M_{кр} * k_{зам} - P_o * f_2 * r_2 \quad (4.11)$$

$$P_3 = \frac{M_{кр} * k_{зам} - P_o * f_2 * r_2}{f_1 * r_1} = \frac{1,2 * 0,001 * 2,5 - 684 * 0,16 * 57}{0,16 * 21,5} = -1813,4 \text{ Н}$$

$$F_{тр1} = P_3 * f_1 = -290,14 \text{ Н}$$

З даного аналізу вітікає те, що сила закріплення заготовки забезпечується за рахунок виникнення сил тертя які забезпечуються осовьвою силою свердління. Можемо приступити до аналізу для вибору і розрахунку силового приводу.

$$D = 125 \text{ мм.}$$

$$d = 0,7 \cdot D \quad (4.12)$$

$$d = 0,7 \cdot 125 = 87,5 \text{ мм.}$$

У зв'язку з обраним фактичним діаметром пневмокамери, розраховуємо фактичну силу на штоці:

Пневмокамера 2х сторонньої дії

$$P_3 = Q_p = \frac{M_{кр} \cdot k_{зам} - P_o \cdot f_2 \cdot r_2}{f_1 \cdot r_1} \quad (4.13)$$

$$P_3 = Q_p = \frac{1,2 \cdot 0,001 \cdot 2,5 - 684 \cdot 0,16 \cdot 57}{0,16 \cdot 21,5} = 1813,4 \text{ Н}$$

$$Q_H = \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{16} \cdot p \quad (4.14)$$

$$Q_H = \frac{\pi(125^2 - 87,5^2)}{16} \cdot 0,4 = 1307,6 \text{ Н}$$

Для пневмоциліндрів двухсторонньої дії при подачі масла: в безштокову полость

$$Q_p = \left(\frac{\pi}{16} \right) \cdot (D + d)^2 \cdot p \quad (4.15)$$

D - діаметр пневмокамери;

$d = 0,7D$ - діаметр диска;

$p = 0,4$ МПа - тиск повітря у пневмережі;

$\eta = 0,85$ – ККД;

$d_1 = 25$ мм.

$$Q_p = \left(\frac{\pi}{16} \right) \cdot (125 + 87,5)^2 \cdot 0,4 = 3546,56 \text{ Н}$$

– після переміщення штоку на довжину $0,3D$ для тарільчастих і $0,07D$ для плоских резинотканевих діафрагм:

$$Q = \left(\frac{0,75\pi}{16}\right) (D + d)^2 p, \text{ Н} \quad (4.16)_y$$

$$Q = \left(\frac{0,75 * 3,14}{16}\right) (125 + (0,7 * 125))^2 * 0,4$$

$$Q = 2659,92 \text{ Н.}$$

Сила Q на штоці при подачі сжатого повітря в штокову полость:

- в вихідному положенні штоку

$$Q_{\text{ВП}} = \left(\frac{\pi}{16}\right) [(D + d)^2 - d_1^2] p, \text{ Н} \quad (4.17)$$

$$Q_{\text{ВП}} = \left(\frac{3,14}{16}\right) [(125 + (0,7 * 125))^2 - 25^2] * 0,4 = 562,05 \text{ Н.}$$

- після переміщення штоку на довжину $0,3D$ для тарільчастих і $0,07D$ для плоских резинотканевих діафрагм

$$Q = \left(\frac{0,75\pi}{16}\right) [(D + d)^2 - d_1^2] p, \text{ Н} \quad (4.18)$$

$$Q = \left(\frac{0,75 * 3,14}{16}\right) [(63 + (0,7 * 63))^2 + 25^2] * 0,4 = 495,17 \text{ Н.}$$

Зробимо розрахунок верстатного пристрою на точність

У нашому випадку до розрахункових параметрів варто віднести точність взаємного розміщення основних та допоміжних конструкторських баз пристрою, а саме відхилення від паралельності робочої поверхні призми позиції 2, що формує подвійну направляючу базу при базуванні заготовки, відносно опорної поверхні плити позиції 7 (якою пристрій встановлюється на стіл верстата). Цей параметр є однорідним з похибкою, що обумовлена допустимим відхиленням від перпендикулярності оброблюваних отворів:

$$T_{\perp} = 0,3 \cdot T_{\varnothing 52} \quad (4.19)$$

$$T_{\perp} = 0,3 \cdot 0,2 = 0,06 \text{ мм.}$$

Визначимо допустиму похибку виготовлення верстатного пристрою за формулою:

$$E_{np} = T_{\perp} - K_m \sqrt{(K_{m1} \cdot \varepsilon_{\delta})^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_y^2 + \varepsilon_n^2 + \varepsilon_{3H}^2 + (K_{m2} \cdot \omega)^2 + \varepsilon_{noz}^2} \quad (4.20)$$

де $T_{\perp} = 60$ мкм;

K_T - коефіцієнт враховуючий можливе відхилення розсіювання значень складових величин рівняння від нормального закону розподілення. $K_T = 1,2$;

K_{T1} - коефіцієнт враховуючий зменшення граничних значень похибки базування при роботі на налаштованих верстатах. $K_{T1} = 0,85$;

ε_{δ} - похибка базування, не впливає на формування похибки паралельності. $\varepsilon_{\delta} = 0$ мкм;

ε_3 - похибка закріплення, не впливає на формування похибки паралельності, тому що сили закріплення розподіляються симетрично. $\varepsilon_3 = 0$ мкм;

ε_y - похибка встановлення, не впливає на формування похибки паралельності. $\varepsilon_y = 0$ мкм;

ε_n - похибка встановлення та перекис інструменту на верстаті. $\varepsilon_n = 10$ мкм;

ε_{3H} - похибка яка утворюється під час зношення робочих частин пристосування, так як зношення рівномірне, то воно не впливає на похибку паралельності. $\varepsilon_{3H} = 0$ мкм;

K_{T2} - коефіцієнт враховуючий ймовірність появи похибки обробки. $K_{T2} = 0,6$;

ω - середня економічна точність обробки. $\omega = 10$ мкм

ε_{noz} - похибка позиціювання верстатного пристрою на плиті. Так як ця похибка не впливає на похибку паралельності, $\varepsilon_{noz} = 0$ мкм;

$$\varepsilon_{\text{пр.роз}} = 0,6 - 1,2 \sqrt{(0,85 \cdot 0)^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + 0^2 + (0,6 \cdot 0,02)^2 + 0,02} = 0,43 = 4,3 \text{ мкм}$$

З урахуванням стандартного ряду беремо допуск перпендикулярності центральної осі оправки відносно опорної поверхні корпусу пристрою [7, с. 109]

$$\varepsilon_{\text{пр } \square \varnothing 125} = 5 \text{ мкм.}$$

Вказуємо на складальному кресленні пристрою як технічну вимогу (або у вигляді умовної позначки вимоги на полі креслення, або у вигляді тексту над основним написом креслення), що допуск перпендикулярності центральної осі оправки відносно опорної поверхні корпусу пристрою - не більше 10 мкм.

Завдяки цій інформації ми можемо приступити до розробки та подальшого проектування будови та принципу дії верстатного пристрою.

В САД-системі «Компас 3Д-v17» ми спроектували верстатний пристрій, креслення наведено в додатку Г

Базовими елементами верстатного пристрою є корпус поз. 4, в верхній центральній частині якого розміщено розтискну оправку поз. 9, що в свою чергу з'єднує шпильку поз. 11 та збірну одиницю мембрану поз. 1.

Корпус оправки поз.5 зафіксовано до корпусу поз.4 вісьмома гвинтами поз. 16 і надають надійне закріплення. При русі шпильки поз. 11 вниз, три кулачки поз. 7 та кільця пружинні поз.3 надають надійне закріплення заготовки. Самі кулачки зміщуються за допомогою клинної муфти поз. 10, а гвинт поз. 13 надає контроль зміщення шпильки поз. 11. Для ручного регулювання шпильки поз. 11 використовуємо гайку поз. 2 закручуючи чи викручуючи її. Корпус поз. 4 закріплений до верстату рим-болтами поз.17, а шпильки поз.18, які закріплені до корпусу поз.4 гвинтами поз.14 надають стійке положення обладнання на верстаті.

В нижній центральній частині корпусу поз. 4 розташована мембрана поз.1, що закріплена до цього корпусу гвинтами поз. 15, також ці гвинти утримують кришку поз.6, яка захищає мембрану поз.1 від пошкоджень із зовні та утримує

повітря всередині безштокової порожнини під час піднімання шпильки поз.11 вгору. Манжета поз. 8 закріплена гвинтами поз. 12 не дає повітрю виходити через зазори утворені між корпусом поз. 4 та шпилькою поз. 11.

Для обробки заготовки її встановлюють по центральному отвору $\varnothing 43$ на розтискну оправку з упором на торець. Для фіксації заготовки та її центрування відносно центральної осі оправки необхідно подати повітря до штокової порожнини пневмокамери. При цьому шток пневмокамери буде переміщуватись вниз, зміщуючи шпильку та клинову муфту: кулачки оправки будуть розходитись в радіальному напрямку усуваючи зазор та створюючи необхідні сили закріплення.

4.2. Проектування ріжучого інструменту

Згідно завдання необхідно спроектувати різець для точіння торцевих канавок з мінімальною шириною 3 мм, а максимальної 10 мм.

Існують різноманітні токарні різці, які можна використовувати для обробки внутрішніх і зовнішніх торцевих поверхонь на заготовці.

Канавковий різець є багатофункціональним інструментом, який служить для створення канавок на внутрішніх та зовнішніх циліндричних поверхнях. Вони забезпечують необхідний рівень жорсткості в процесі роботи, що дуже важливо при радіальній проточці. З їх допомогою можна здійснювати також і осьову проточку. Завдяки цьому виробникам не потрібно мати багато моделей для виконання різних операцій. Не потрібно вдаватися до частої зміни інструментів.

Різець для проточування канавок дозволяє прискорити процес створення виробів із складною геометрією завдяки своїй універсальності. Якщо порівнювати його застосування з нефасонним типом, канавковий різець забезпечує набагато кращу якість обробки. Коли відбувається виточування широких канавок, то з ними не виникає проблем, тому що геометрія інструменту дозволяє здійснювати стійку проточку з рівномірним розподілом зусиль по всій пластині. Таким чином, знос поверхні відбувається рівномірно і

не виникає шлюбу під час тривалої роботи та багаторазових проходів. Це полегшує процес контролю стружкоутримувача.

Канавковий різець складається з корпусу і робочої частини. Робоча частина являє собою пластину з твердого сплаву, яка припаюється до корпусу різця.

Різці токарні для канавок бувають двох видів, для зовнішньої та внутрішньої поверхні. Відповідно, для кожного типу роботи потрібна зміна інструменту. Тому, при роботі з декількома деталями для початку обробляють одну поверхню на них, а потім йде робота з іншої. Різец канавковий для внутрішніх канавок, як і канавковий різець внутрішній мають конструкцію, в якій можуть змінюватися пластини.

При зовнішній обробці застосування твердосплавних інструментів на пластинах виявляється практично марним, тому що вони не дають необхідних результатів, а їхня вартість виявляється занадто високою. Якщо справа стосується внутрішньої обробки, то тут на першому плані стає питання жорсткості та мінімального діаметра оброблюваної деталі, тому що в іншому випадку канавковий різець може просто не влізти в отвір. Таким чином, різець для внутрішніх канавок повинен бути жорсткішим і тоншим, щоб він був універсальним у використанні.

Щоб канавковий різець прослужив довгий термін і був ефективним у використанні, до його вибору варто поставитися досить відповідально. Насамперед варто звернути увагу на мікрогеометрію пластини. Жорсткі допуски під час обробки деталей можуть становити близько 0,025 мм. Існує кілька різновидів форми ріжучої пластини, у результаті залежить форма майбутньої канавки, оскільки вона може бути плоскою. Деякі пластини універсального типу мають криволінійну форму ріжучої кромки, тому дно виходить опуклим.

Геометрію кромки потрібно підбирати дуже точно, тому що якщо буде нерівномірно розподілятися навантаження, то знос піде у всіх частинах виробу по-різному і в результаті його вже не можна буде використовувати. Така сама

ситуація відбувається, коли лезо починає фарбуватися, після чого його потрібно негайно замінити.

Ескіз токарного канавочного різця продемонстровано на рис.4.2.

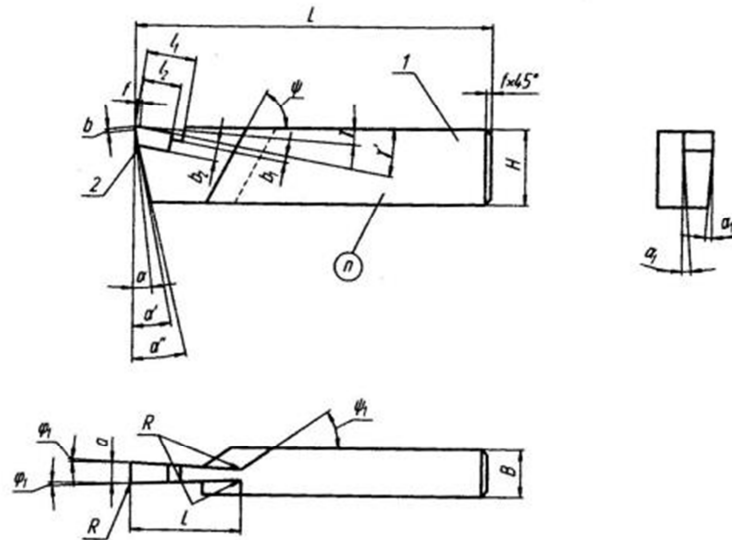


Рисунок 4.2 – Ескіз токарного канавочного різця

Для ріжучої частини вибираємо титано-вольфрамовий твердий сплав Т15К6. До його складу входять карбіди титану і карбиду вольфраму в з'єднанні з кобальтом. Хімічний склад твердого сплаву Т15К6: ТiС – 15%, WС – 79%, Со- 6%.

Механічні характеристики твердого сплаву Т15К6:

- твердість HRA 90;
- межа міцності на вигин $\sigma_{\text{виг}} = 1200$ МПа.

Для корпусу вибираємо конструкційну вуглецеву сталь 40Х. Розшифровка марки стали 40Х: в стали міститься 0,40% вуглецю і менше 1,5% хрому. Хімічний склад сталі наведений в таблиці нижче:

Таблица 4.1 - Хімічний склад сталі 40Х

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,36 -	0,17 -	0,5 -	до 0,3	до	до	0,8 -	до 0,3	близько

0,44	0,37	0,8		0,035	0,035	1,1		97
------	------	-----	--	-------	-------	-----	--	----

Механічні характеристики стали 40Х:

- твердість HB 217;
- межа міцності $\sigma_B = 650$ МПа;
- межа міцності на вигин $\sigma_{виг} = 200$ МПа.

За ГОСТ 18884-73 вибираємо виконання 2. Згідно з таблицею 2 з додатку визначаємо габаритні розміри корпусу в залежності від найбільшого діаметру відрізки.

При найбільшому діаметрі відрізки $D = 70$ мм габаритні розміри корпусу різця:

$$H = 40 \text{ мм,}$$

$$B = 25 \text{ мм,}$$

$$L = 200 \text{ мм.}$$

Згідно ГОСТ 18884-73 по таблиці 2 в додатку визначимо позначення пластини для обраних габаритних розмірів. Обираємо пластину 13011 ГОСТ 17163-90. Виконання 2 пластини. В залежності від ширини нарізаємої канавки приймемо габаритні розміри:

$$l = 3,5 \text{ мм,}$$

$$b = 8 \text{ мм,}$$

$$s = 3 \text{ мм.}$$

Геометрія ріжучої пластини різця є важливим фактором, який слід враховувати при проектуванні токарної канавки або торцевої фрези. Геометрія впливає на глибину, ширину та форму розрізу, який можна зробити. Існує багато факторів, які необхідно враховувати при виборі ріжучої частини для конкретного застосування, таких як тип матеріалу, розмір, крок і напрямок різку.

Коли підбирається різець під канавку, то дуже важливим параметром у ньому є передній кут, який сильно впливає на вібростійкість інструменту. Чим менша величина кута, тим менша стійкість. Оптимальним варіантом є величина в межах від 15 до 25 градусів. Задній кут має бути в межах від 8 до 12 градусів.

Ріжуча кромка повинна бути рівномірною, тому що в іншому випадку виходитимуть нерівні канавки. З огляду на те, то різець канавочний найчастіше виготовляється з твердосплавних матеріалів, він досить складний у заточуванні і тут стружка не розділяється на дві частини, а йде тільки в один бік. Виріб, на відміну від інших типів, має тільки один кут заточування.

Згідно ГОСТ 18884-73 по таблиці 2 в додатку вибираємо розміри гнізда під пластину. Для габаритних розмірів корпусу 40x25:

$$n = 15,4 \text{ мм},$$

$$h = 32,7 \text{ мм}.$$

За таблицями 8.12, 8.13 і 8.14 [3] приймаємо такі значення кутів:

$$\text{головний передній кут: } \gamma = 10^\circ,$$

$$\text{головний задній кут: } \alpha = 8^\circ;$$

$$\text{допоміжний задній кут: } \alpha_1 = 2^\circ;$$

$$\text{кут нахилу ріжучої кромки: } \lambda = 0^\circ;$$

$$\text{головний кут в плані: } \varphi = 90^\circ;$$

$$\text{допоміжний кут в плані: } \varphi_1 = 2^\circ;$$

$$\text{радіус заокруглення: } r = 0,2.$$

Режими обробки

Глибина різання $t = 3 \text{ мм}$.

Подача вибирається по таблиці 4.1 [5, с. 266] в залежності від глибини різання, діаметра деталі і матеріалу заготовки. Для получистового точіння приймаємо подачу $S = 0,5 \text{ мм/об}$.

Швидкість різання визначається за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v, \quad (4.21)$$

де

$$C_v = 350; m = 0,2; x = 0,15; y = 0,35;$$

t - глибина різання;

S - подача;

T - період стійкості інструменту;

K_v – поправочний коефіцієнт, що визначається по формулі

$$K_v = K_{m_v} K_{n_v} K_{u_v}, \quad (4.22)$$

де

K_{m_v} – коефіцієнт, що враховує вплив матеріала заготовки; для сталі визначається за формулою

$$K_{m_v} = K_r \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (4.23)$$

де

K_r – коефіцієнт, що характеризує групу сталі по ступені оброблюваності;

$$K_r = 1$$

n_v – ступінь оброблюваності; $n_v = 1$;

$$K_{m_v} = 1 \left(\frac{750}{880} \right)^1 = 0,85.$$

K_{n_v} – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки; для штамповки

$$K_{n_v} = 0,9;$$

K_{u_v} – коефіцієнт, що враховує матеріал інструменту; $K_{u_v} = 1$;

Тоді

$$K_v = 0,85 \cdot 0,9 \cdot 1 = 0,765.$$

Швидкість різання

$$v = \frac{350}{45^{0,2} \cdot 3^{0,15} \cdot 0,5^{0,35}} \cdot 0,765 = 135,16 \approx 135 \text{ м/мин.}$$

1) Умова міцності визначається за формулою:

2)

$$\sigma_B = \frac{P_{zmax}}{F_{min}} \leq [\sigma_B], \quad (4.$$

24)

де P_{zmax} - максимальна сила різання;

F_{min} - площа небезпечного перетину;

$[\sigma_B]$ – допустима границя міцності; для сталі 40Х13 $[\sigma_B] = 650$ МПа.

Максимальна сила різання визначається відношенням:

$$P_{zmax} = \frac{3fEI}{L^3}, \quad (4.25)$$

де f – допустима стріла прогибу різця при получистовом точении,
 $f = 0,05$ мм;

L - виліт різця;

E - модуль упругості матеріала корпусу різця, $E = 2,14 \cdot 10^5$ МПа;

I – момент інерції.

Для прямокутного перетину корпусу момент інерції:

$$I = \frac{bh^3}{12} \quad (4.26)$$

$$I = \frac{25 \cdot 40^3}{12} = 133333 \text{ мм}^4.$$

Виліт різця розраховується за формулою:

$$L = (1 \dots 1,5)h, \quad (4.27)$$

$$L = 1,2 \cdot 40 = 48 \text{ мм.}$$

Тоді максимальна сила різання:

$$P_{zmax} = \frac{3 \cdot 0,05 \cdot 2,14 \cdot 10^5 \cdot 133333}{48^3} = 38700 \text{ Н.}$$

Площа небезпечного перерізу визначається за формулою:

$$F_{min} = b \cdot h, \quad (4.28)$$

$$F_{min} = 25 \cdot 40 = 1000 \text{ Н.}$$

$$\sigma_B = \frac{38700}{1000} = 38,7 \text{ МПа.}$$

Таким чином, вимога міцності виконується.

$$M_{изг.max} \leq [M_{изг}],$$

де $M_{\text{изг.мах}}$ – найбільший згинальний момент під дією складової сили різання P_z , Н·мм;

$[M_{\text{изг}}]$ – допустимий згинальний момент, Н·мм.

$$M_{\text{изг.}} = P_z L \quad (4.29)$$

де L – виліт різця, мм.

Сила різання при розточуванні визначається за формулою:

$$P_z = 10C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p \quad (4.30)$$

де C_p – емпіричний коефіцієнт;

t – глибина різання, мм;

S – подача, мм/об;

v – швидкість різання, м/хв;

x, y, n – показники ступеню;

K_p – поправочний коефіцієнт.

$$P_z = 10 \cdot 408 \cdot 3^{0,72} \cdot 0,5^{0,8} \cdot 135^0 \cdot 1 = 5168,5 \text{ Н.}$$

$$M_{\text{изг.}} = 5168,5 \cdot 48 = 248088 \text{ Н·мм.}$$

$$[M_{\text{изг}}] = W_p \cdot [\sigma_{\text{изг.}}] \quad (4.31)$$

де W_p – момент опору вигину різця прямокутного перетину, мм³;

$[\sigma_{\text{изг}}]$ – допустима напруга вигину; для сталі 40X13 $[\sigma_{\text{изг}}] = 200 \text{ Н/мм}^2$.

$$W_p = \frac{bh^2}{6} \quad (4.32)$$

де h – висота державки різця, мм;

b – ширина державки різця, мм.

$$W_p = \frac{25 \cdot 40^2}{6} = 6666,7 \text{ мм}^3, [M_{\text{изг}}] = 6666,7 \cdot 200 = 1333340 \text{ Н} \cdot \text{мм}.$$

Таким чином, вимога міцності виконується.

В САD-системі «Компас 3Д-v17» ми спроектували ріжучий інструмент (додаток Д) та специфікацію до нього (Додаток Е)

4.3. Висновки до розділу 4

Для конструкції та проектування вертатного пристосування та ріжучого інструменту була проведена оптимізація геометричних параметрів для досягнення необхідної точності. В ході оптимізації за допомогою розрахунку параметрів спеціального оснащення, отримані найкращі геометричні та технічні параметри.

За допомогою САD-системі «Компас 3Д-v17» ми спроектували спеціальне оснащення згідно розрахованих параметрів (Додаток Г-Е).

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі проаналізувати і оптимізували технологічний процес розробки конічної втулки, що працює в компресійно-формувавальному верстаті безперервної дії ССМ24.

Компресійне формування - це процес формування під високим тиском: полімер розплавляється, зміщується і гомогенізується всередині пластифікуючого блоку. Пристрій витягує дози полімеру в точній вазі продукту і вставляє їх у форми. Тиск, прикладений до кожної форми, може досягати значень приблизно 400 кг/см².

Втулка використовується для зняття відливок. Втулка стоїть нерухомо на плиті, оскільки у вона має два ущільнювальних кільця в канавках шириною 3 мм. Канавки призначені для прокладок, що забезпечують герметичне рух всередині циліндра. Канавка шириною 10 мм є каналом охолодження та нагріву водою або маслом. Поверхня конуса сідає на опорну поверхню державки і працює на удар при розкритті та закритті форми.

Завдяки технологічному аналізу, ми визначили більш технологічний спосіб отримання заготовки при заданому типі виробництва. Проаналізував базовий техпроцес, ми оптимізували його завдяки використанню верстатів з ЧПК. Для операцій токарна з ЧПК та свердлувальна з ЧПК ми обрали режими різання та написали керуючу програму в SIMCO Edit.

Для базування та обробки заготовки, ми розрахували параметри та спроектували спеціальне оснащення завдяки САД-системі «Компас 3Д-v17».

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добрыднев И.С. Курсовое проектирование по предмету "Технология машиностроения": Учебн. пособие для техникумов по специальности "Обработка материалов резанием". - М.: Машиностроение, 1985. 184 с., ил.
2. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штампованные.
3. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 1 /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2 /Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1973. 694 с., ил.
5. Кирилук Ю.Е. Допуски и посадки: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Выща школа. Головное издание, 1989.-135с., с ил., 29 таблиц.
6. Обработка металлов резанием: Справочник технолога/ А.А.Панов, В.В.Аникин, Н.Г.Бойм и др.; Под общ. Ред.. А.А.Панова. – М.: Машиностроение. 1988. – 736 с.: ил.
7. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть II, М., Экономика. 1990. 478 с.
8. Бабров І. В., Бецко Ю. М. Використання багатокординатних верстатів з ЧПК в машинобудуванні //Інновації молоді в машинобудуванні 2020. – 2020.
9. Близнюк Т. О. и др. Оцінка ефективності використання верстатів з ЧПК в якості КВМ //Інновації молоді в машинобудуванні. – 2019. – №. 1. – С. 399-405.
10. Secchi R., Pozzi R. Sacmi //Fabbriche 4.0: percorsi di trasformazione digitale della manifattura italiana. – LIUC Università Carlo Cattaneo, 2018. – С. 199-216.

11. Afanasyev A. N. et al. Development of the automated system for design solutions' analysis at CAD KOMPAS-3D //Data Science and Knowledge Engineering for Sensing Decision Support: Proceedings of the 13th International FLINS Conference (FLINS 2018). – 2018. – С. 95-102.
12. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т. 2/Под ред. А.Г.Косиловой и Р.К.Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985. 656 с., ил.
13. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с ЧПУ. Часть II, М., Экономика. 1990. 478 с.
14. Борона А. М. Аналіз оптимального динамічного управління процесом розробки керуючих програм //Комплексне забезпечення якості технологічних процесів та систем (КЗЯТПС-2014): тези доповідей IV Міжнародної науково-практичної конференції, Чернігів, 19–21 травня. – 2014. – С. 247-248.
15. Мельничук П. П., Боровик А. І., Лінчевський П. А. Технологія машинобудування. – 2009.

САНД

ДОДАТОК Б

№ операції	Назва операції	Обладнання	Технологічне оснащення	Операційні ескизи		№ операції	Назва операції	Обладнання	Технологічне оснащення	Операційні ескизи	
				Землячки отримують шліфувальний на КШП клас точності - 13 згідно з ст. 112, ступінь складності - С1 відносний індекс - 13 конфігурація поверхні розташована шліфами - П13-412, П4-0102.	Операція призначена для перевірки розмірів зовнішніх отвірних на шліфці ОД5.					Полігон матриця	Складбилина з ЧПК
005	Землячки	КШП	Полігон матриця			035	Складбилина з ЧПК	Вертикально-фрезерний верстат Haas MiniMill	Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89		
010	Контроль ВТК	Сліп ВТК	Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89			040	Контроль ВТК	Сліп ВТК	Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89		
015	Точарня з ЧПК	Точарний верстат Haas TL1	Полігон А2-5 Резьба РСМР 25х-М2 Т10М4 Резьба SCLR SCLL-SCLRO6 Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89			045	Складбилина	Верстат слесарний	Полігон А2-5 Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89		
020	Контроль ВТК	Сліп ВТК	Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89 Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89			050	Контроль	Сліп ВТК	Полігон А2-5 Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89		
025	Точарня з ЧПК	Точарний верстат Haas TL1	Полігон А2-5 Резьба РСМР 25х-М2 Т10М4 Резьба SCLR SCLL-SCLRO6 СЛР2020М20 Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89			055	Контроль шліфувальна	Круглошліфувальний шліфувальний верстат 3418М	Полігон А2-5 Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89		
030	Контроль ВТК	Сліп ВТК	Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89			060	Контроль ВТК	Сліп ВТК	Шліфувальний диск ШЛ-125-0110С1 166-89		
<p>1 - Різьби для гайок</p>											
<p>АВТ для контролю складності поверхні</p>											

Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

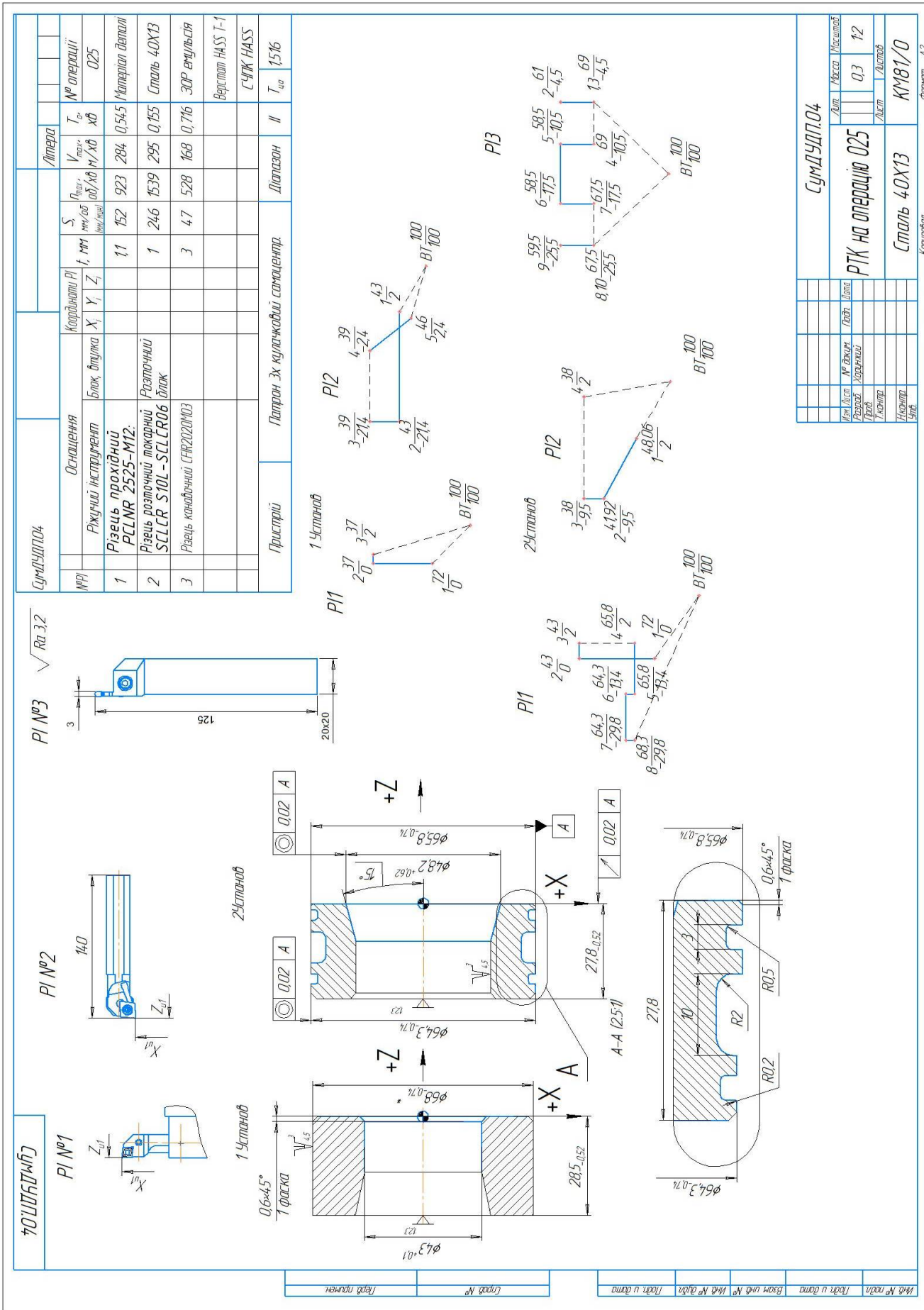
Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

Складбилина	Лист	2-1
Матриця	Лист	Гр.402-0

С У М Д У



ДОДАТОК Г

СумДУП.05

Рі №1

Technical drawing of a hole in a part with diameter $\phi 15 \pm 0.1$ and depth 14.2 ± 0.08. The hole is shown in a cross-section with a chamfered edge of 27.8°.

√ Раз.2

СумДУП.05

Рі №1

СумДУП.05		Литера		№ операції		
№РП	Оснащення	Координати РП	S	V _{max}	T _{op}	
	Блок втулка	X ₁ Y ₁ Z ₁	мм/об	м/хв	хв	
1	Сверло спиральне Siso S1003-4.2-17-695		30/35	2009	54,8	0,33
						Матеріал деталі
						Сталь 40Х13
						ЗОР емульсія
						Верстат HAAS Mini Mill
						СЧПК HAAS
						T _{до}
						0,43

СумДУП.05		Лит.		Лист	
РП на операцію	035	Лист	Лист	Лист	Лист
Сталь 40Х13	ГОСТ 4543-71				
КМ-81/0					

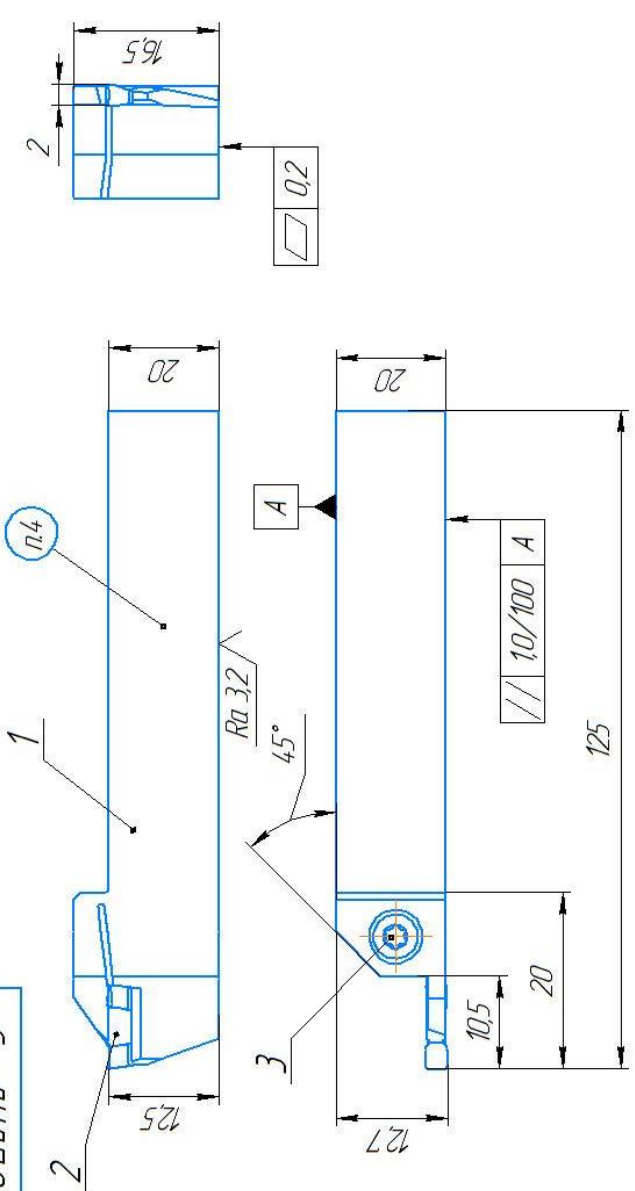
Формат А2

Копія

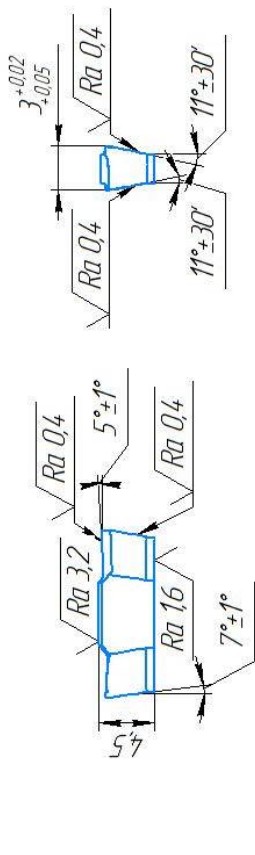
С У М Д У

СумДУДП.07 СК

Ra 6,3 (✓)



Ріжуча пластина НФРР-5004 (2:1)



- 1 Матеріал державки різця – Сталь 40Х по ГОСТ 1050-74;
- 2 Пластина ріжуча з твердого сплаву Т15К6, форма НФРР-5004;
- 3 Н14; h14; ±IT14/2;
- 4 Маркування позначення різця та марки твердого сплаву: НФРР 25-200-5Т20 Т15К6

№м. лист.	№ докум.	Попр.	Дато.	Лист.	Масштаб.
Резерв.	Характер.			1	2:1
Гроби.				Лист	Листов 1
Т.контр.					
Н.контр.					
Уніт.					
СумДУДП.07 СК				КМ-81/0	
Різець НФРР 25-200-5Т20 ВК6 (складальне креслення)					
Копія					
Формат А3					

Лист у дана	Взам. уніт. №	Инд. № д/дн	Инд. № д/дн	Инд. № подл.	Инд. № подл.
Лист у дана	Инд. № подл.	Инд. № подл.	Инд. № подл.	Инд. № подл.	Инд. № подл.

ДОДАТОК Е

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
А3	<i>СумДУДП.07 СК</i>			<i>Складальне креслення</i>				
				<i>Сборочные единицы</i>				
	1	<i>Державка</i>			1			
	2	<i>Ріжуча пластина</i>			1			
<i>Детали</i>								
<i>Стандартные изделия</i>								
	3	<i>Болт з шестигранною голівкою ГОСТ 7798-70</i>			1			
	4							
<i>СумДУМК.07СК СП</i>								
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист		Листов	
	Разраб.							
Проб.						1		
Н.контр.						1		
Утв.						1		
<i>Канавочний різець</i>				<i>КМ-81/0</i>				
<i>Копирвал</i>				<i>Формат А4</i>				

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

ДОДАТОК Є

Карта кодуювання інформації

Карта кодуювання інформації		Деталь - Втулка Верстат – Haas TL-1 ЧПК – HASS	
№ кадру	Зміст кадру	№ кадру	Зміст кадру
%		N37	G97 S3000 M03 ;
N01	T1;	N38	G00 G54 X48.06. Z2.;
N02	G00 G18 G21 G40 G80 G99 G54;	N39	G1 X41.92. Z-9.5.;
N03	G50 S1000;	N40	X38.;
N04	G97 S958 M03 ;	N41	G0 Z2.;
N05	G00 G54 X100. Z100.;	N42	G0 G54 X100. Z100.;
N06	M08 ;	N43	T3;
N07	G96 S200 ;	N44	G00 G18 G21 G40 G80 G99 G54;
N08	G0 X72. Z0.;	N45	G50 S958;
N09	G1 X37. F0.2;	N46	G97 S2000 M03 ;
N10	Z2. M09;	N47	G00 G54 X69. Z-4.5.;
N11	G0 G54 X100. Z100.;	N48	G1 X65.;
N12	T2;	N49	X69.;
N13	G00 G18 G21 G40 G80 G99 G54;	N50	G0 Z-10.8.;
N14	G50 S958;	N51	G1 X58.5. R0.5.;
N15	G97 S2000 M03 ;	N52	Z-17.5. R0.5.;
N16	G00 G54 X43. Z2.;	N53	X67.5.;
N17	G1 Z-21.4. F0.2. R0.8.;	N54	G0 Z-25.5.;
N18	G0 X39.;	N55	G1 X59.5.;
N19	Z-2.4.;	N56	X67.5;
N20	G1 X46. Z2.4.;	N57	G54 X100. Z100.
N21	G54 X100. Z100.;	N58	G53 X0 M09;
N22	T1;	N59	G53 Z0 M05;
N23	G00 G18 G21 G40 G80 G99 G54;	%	M30;
N24	G50 S1000;		
N25	G97 S1400 M03 ;		
N26	G00 G54 X72. Z0.;		
N27	G1 X43.;		
N28	Z2.;		
N29	G0 X65.8.;		
N30	G1 Z-13.4.;		
N31	X64.3.;		
N32	Z-29.8.;		
N33	X68.3.;		
N34	G0 G54 X100. Z100.;		
N35	T2;		
N36	G00 G18 G21 G40 G80 G99 G54;		

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ

ДОДАТОК Ж

Карта кодування інформації 035

Карта кодування інформації		Деталь - Втулка Верстат – HAAS Mini Mill УЧПК - HAAS	
№ кадру	Зміст кадру	№ кадру	Зміст кадру
%		N08	X12.75. Y-22.08.
N01	T1;	N09	X25.5. Y0.
N02	G00 G90 G40 G49 G54;	N10	X12.75. Y22.08.
N03	X0. Y.0	N11	X-12.75. Y22.08.
N04	S1000 M3	N12	X-25.5. Y0.
N05	G43 H01 Z3.	N13	G54 X0. Y0.
N06	M08	N14	G53 X0 M09;
N07	G99 G82 P0.1 F98. X-12.75. Y-22.08. Z-14.2. R2.	N15	G53 Z0 M05;
		N16	M30;