

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Сумський державний університет

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

(повна назва інституту/факультету)

Кафедра технології машинобудування, верстатів та інструментів

(повна назва кафедри)

Завідувач кафедри

Віталій ІВАНОВ

2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 131 «Прикладна механіка»

освітньо-професійної програми «Технологія машинобудування»

на тему: Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала 23.01.15.01-08

шляхом автоматизації вибору різального інструменту та режимів різання на

механічних операціях

Здобувача групи ТМ.м-21

(шифр групи)

Снігірьов Давид Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Давид СНІГІРЬОВ

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник

ст. викладач, канд. техн. наук Віталій КОЛЕСНИК

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Консультант
з питань охорони
праці

ст. викладач кафедри прикладної екології та природозахисних технологій, канд. техн. наук Віра ФАЛЬКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Нормоконтролер

доцент кафедри, канд. техн. наук, доцент, Олександр ІВЧЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2023

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет

Інститут, факультет	Технічних систем та енергоефективних технологій
Кафедра	Технології машинобудування, верстатів та інструментів
Освітній ступінь	магістр (назва)
Спеціальність	131 – прикладна механіка (шифр і назва)
Освітня програма	технології машинобудування (назва освітньої програми, за наявності)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

_____ Віталій ВАНОВ

_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ
ДО КВАЛІФІКАЙНОЇ РОБОТА СТУДЕНТА

Снігірьов Давид Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення технологічного процесу виготовлення вала 23.01.15.01-08 шляхом автоматизації вибору різального інструменту та режимів різання на механічних операціях

Керівник роботи Колесник Віталій Олександрович, канд. техн. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від «04» грудня 2023 року за № 1401-VI

2. Строк подання студентом роботи «15» грудня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи креслення деталі вал 23.01.15.01-08
типовий технологічний процес деталі вал 23.01.15.01-08

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Виконати аналіз службового призначення деталі вал 23.01.15.01-08 та технології її оброблення

2. Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі вал.

3. Виконати підбір актуального обладнання на операції механічної обробки та автоматизований підбір ріжучого інструменту та режимів різання для обраних операцій

4. Провести віртуальний експеримент спрямований на дослідження оптимальних режимів при заданій шорсткості поверхні деталі

5. Експериментально дослідити вплив режимів різання на шорсткість, стійкість різального інструменту, температуру різання, силу різання та час оброблення для чистової токарної обробки.

6. Консультанти розділів роботи

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи (проекту)	Примітка
1	Вступ	25.09.2023	Виконано
2	Виконати аналіз службового призначення деталі вал та технології її оброблення	10.09.2023	Виконано
3	Удосконалити технологічний процес виготовлення деталі вал	15.10.2023	Виконано
4	Формулювання загальних висновків	10.11.2023	Виконано
5	Підготовка доповіді	04.12.2023	Виконано
6	Підготовка презентації	05.12.2023	Виконано
7	Оформлення роботи	06.12.2020	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Давид СНИГІРЬОВ

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Віталій КОЛЕСНИК

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра становить 90 сторінок, в тому числі 25 рисунки, 27 таблиць, бібліографії із 15 джерел на двох сторінках, шести додатків на 30 сторінок

Актуальність теми. Деталь вал 23.01.15.01-08 є частиною об'ємного відцентрового двоступінчастого насоса, що використовується для перекачування рідини: води, нафти, палива. Основним робочим органом насоса є робоче колесо, що монтується на деталі вал, формуючи складальну одиницю ротора насоса. Оскільки вал 23.01.15.01-08 є тілом обертання з відношення діаметру до довжини більше 5, процес його механічної обробки ускладнюється необхідністю забезпечення жорсткості деталі у процесі точіння. У контексті підвищення конкурентоздатності виробів вітчизняного виробництва заслуговують уваги питання пов'язані з удосконаленням технологічного процесу механічної обробки. На сьогоднішній день залишається актуальним питання зниження технологічної собівартості виробництва деталі вал. Вирішення цієї проблеми можливе за рахунок автоматизації вибору різального інструменту, раціонального вибору режимів різання та заміни верстатів на більш продуктивні, що і визначило хід подальших досліджень.

Мета роботи. Виконати удосконалення технологічного процесу виготовлення вала 23.01.15.01-08 шляхом автоматизації вибору різального інструменту та режимів різання на механічних операціях.

Методи дослідження. Виконання кваліфікаційної роботи здійснювалося з використанням основ технології машинобудування. При визначенні раціональної геометрії різальних пластин було використано засоби автоматизації, що були реалізовані у програмному середовищі Sandvik Tool Guide. Для визначення раціональних режимів різання було проведено віртуальний експеримент у емуляторі процесу точіння. Планування експерименту здійснювалося за методикою повнофакторного експерименту типу 22. Математична обробка результатів експериментального дослідження здійснювалася з використанням дисперсійного аналізу у середовищі програми Minitab.

Наукова новизна одержаних результатів: на основі дисперсійного аналізу було визначено основні технологічні фактори та ступінь їх впливу на якість обробленої поверхні, період стійкості різального інструменту, температуру в зоні різання, тангінційльну складову сили різання для чистової токарної операції.

Практичне значення отриманих результатів полягає у тому, у експериментальній верифікації результатів автоматизованого розрахунку режимів різання, що дозволило визначити раціональні режими різання при точінні для деталі вал 23.01.15.01-08, та забезпечити більший період стійкості інструменту та підвищення продуктивності, дотримуючись вимог по шорсткості циліндричної поверхні валу на чистовій стадії токарної обробки.

ВАЛ, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, РІЗАЛЬНИЙ ІНСТРУМЕНТ, ПЕРІОД СТІЙКОСТІ, ДИСПЕРСІЙНИХ АНАЛІЗ, ШОРСТКІСТЬ ПОВЕРХНІ, ТОЧІННЯ

ABSTRACT

The master's thesis consists of 90 pages, including 25 figures, 27 tables, a bibliography of 15 sources on three pages, six appendices on 30 pages.

The purpose of the work. To improve the manufacturing process of the 23.01.15.01-08 shaft by automating the selection of the cutting tool and cutting parameters in the turning operation.

Research methods. The qualification work was carried out with the use of basic mechanical engineering technologies. Automation tools were used to determine the plate cutting geometry, which were implemented in the Sandvik Tool Guide software environment. To determine rational cutting modes, a virtual experiment was conducted in the turning process emulator. The planning of the experiment was carried out according to the methodology of a full-factorial experiment of type 2². Mathematical processing of the results of the experimental study was used using variance analysis in the Minitab environment.

Scientific novelty of the obtained results: on the basis of dispersion analysis, the main technological factors and the degree of their influence on the quality of the machined surface, the period of stability of the cutting tool, the temperature in the cutting zone, and the tangential component of power cutting for the finishing turning operation were determined.

The practical significance of the obtained results arises from the fact that during the experimental variation of the results of the automated calculation of cutting modes, which made it possible to set up rational cutting modes with accuracy for parts of the 23.01.15.01-08 shaft, and to ensure a longer period of tool stability and increase productivity, meeting the requirements for the roughness of the cylindrical surface shaft at the finishing stage of turning.

SHAFT, TECHNOLOGICAL PROCESS, CUTTING TOOL, TURNING OPERATION, TURNING, ROUGHNESS, MACHINING

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	8
1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис їх конструктивних особливостей та умов експлуатації.....	8
1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення.....	10
1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва	12
1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі	13
1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	15
1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі	17
2 Удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі 18	
2.1 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки	18
2.2 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального для операцій 030 токарна 030.....	22
2.3 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки	25
2.4 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання	28
2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів	30
2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів	33
2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій	37
2.8 Висновок	41

3. Дослідження, спрямоване на удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі	43
3.1 Висновки по залежності режимів різання	57
ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ	61
ДОДАТОК А	63
Креслення деталі.....	63
ДОДАТОК Б	64
Креслення заготовки	64
ДОДАТОК В	65
Маршрутний лист	65
ДОДАТОК Г	66
Звіт віртуального експерименту з програми Sandvik tool guide	66
ДОДАТОК Д	67
Приклад проведення експерименту у програмі Start	67
ДОДАТОК Є	68
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	68

ВСТУП

Галузь машинобудування в наш час є важливим аспектом у роботі України, так як більшість споживаних людьми речей виготовляється на заводах та цехах різних спеціалізацій.

Основними проблемами машинобудування в Україні під час війни Стали:

- Зруйнована інфраструктура;
- Втрата великої кількості виробничих потужностей на окупованих територіях;
- Втрата ринків збуту;
- Втрата логістичних шляхів;
- Від'їзд великої кількості людей з країни.

Тому на сьогодні в Україні постає питання, про ефективне використання природних та людських ресурсів, удосконалення існуючих методів виробництва, доставки та споживання продуктів. Тому винайдення сучасних та оптимальних рішень у виробництві вкрай необхідно для розвитку машинобудівної галузі.

Сутність дослідження полягає у покращенні сучасних технологічних процесів виготовлення деталей , шляхом їх удосконалення на виробництві за рахунок автоматизації вибору технологічного оснащення, та процесу обробки деталей на механічній операціях.

Ця тема є важливою для промисловості, що займаються виготовленням металургійної та інших продукції.

Впровадження сучасних методів обробки за рахунок автоматизації виробництва , має вагомий вплив на роботу всього підприємства. Шляхом зменшення витрати часового ресурсу на проектування та виготовлення продукції, зменшення витрати механічного ресурсу обробних машин, що спряє більшому виготовленню деталей без необхідності до частої зміни устаткування .

Важливим аспектом при проєктування та впровадження нових методів виготовлення деталей є економічна ефективність, та рентабельність у перспективі найближчого майбутнього.

Об'єктом дослідження магістерської роботи є Деталь типу «вал 23.01.15.01-08». Завдання полягає у вдосконаленні існуючого технологічного процесу шляхом його покращення, за рахунок впровадження автоматизації вибору сучасних засобів обробки, та верстатів використовуючи новітні технологічні можливості розрахунку спеціалізованими програмами.

Метою дослідження є порівняння результатів різних факторів впливу на оброблювану заготовку, одержаних за допомогою Програми Sandvik Tool Guide. Вивчається вплив стану заготовки під час оброблення до змін режимів різання та коливання властивостей під час обробки.

1 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

1.1 Аналіз службового призначення машини, вузла, деталі. Опис їх конструктивних особливостей та умов експлуатації.

Механізм до якого входить деталь «вал», що проєктується є насос відцентровий. Відцентрові насоси відносяться до групи насосного обладнання лопатевого типу, а працюють вони за рахунок обертання лопатей і створюваної ними від центральної сили, звідси і береться їх назва.

Насоси відцентрові типів ЦН160 / 112 і ЦН90 / 100 і агрегати електронасоси на їх основі (надалі - агрегати) призначені для перекачування палива для реактивних двигунів по ГОСТ 10227-2013, ГОСТ 12308-2013 в чистому вигляді або з проти водокристалізаційними рідинами до 0,3% по масі (ТГФ - ГОСТ 17477-86, ТГФМ - ТУ6-10-1457-79, І - ГОСТ 8313-88 і І-М ТУ 6-10-1458-79, автомобільних бензинів ГОСТ 2084-77, авіаційних бензинів ГОСТ 1012-2013 і дизельних палив ГОСТ 305-2013), а також води і інших рідин, схожих з водою по в'язкості і хімічній активності.

Робочий механізм відцентрованих насосів є колесо з лопатями, закріплене на спеціальному валу всередині корпусу. У корпусі є два отвори для закачування і відкачування рідини. Електродвигун, часто поєднаний з корпусом за допомогою муфти, що працює в якості приводу. За рахунок обертання колеса, рідина переміщується від його центру до країв, при цьому ближче до центру створюється підвищений тиск, а на периферії – низька. При цьому рідина, з боку підводного отвору всмоктується в центр колеса, а з іншого боку вона виштовхується в трубопровід.

Насоси відносяться до відновлюваних виробів виду 1 ГОСТ 27.003-90. Насоси та агрегати розроблені з урахуванням вимог безпеки, що визначаються ГОСТ 31839-2012.

Насоси відповідають вимогам ТР ТЗ 010/2011 і ТР ТЗ 012/2011 та призначені для установки у вибухонебезпечних і пожежонебезпечних приміщеннях.

Вибухозахищене обладнання - група II по, рівень вибухозахисту Gb-«Високий», вид вибухозахисту «с» -захист конструкційної безпекою по ГОСТ 31441.1-2011 і ГОСТ 31441.5-2011.

Насоси та агрегати призначені для районів з сейсмічною активністю до 7 балів включно за шкалою MSK-64.

Умовні позначення насосів (агрегатів), позначення основного конструкторського документа і повна розшифровка умовного позначення наведені в таблиці 2.

Приклад умовного позначення насоса:

ЦН160 / 112а-Е-т-1-Ех У2 ТУ26-06-1640-91.

ЦН - відцентровий;

160 - подача, м³ / год (в номінальному режимі при номінальній частоті обертання, для основного виконання по діаметру робочого колеса);

112 - натиск, м (в номінальному режимі при номінальній частоті обертання, для основного виконання по діаметру робочого колеса);

"А", "б", "в" - індекс обточування робочого колеса ("а" і "б" - зменшені, "в" - спеціальна обточування колеса для паливозаправників), без індексу - колесо основного діаметра;

Е - корпусні деталі з вуглецевої сталі, без позначення - сірий чавун (СЧ25);

т - одинарне торцеве ущільнення з допоміжним, тд – подвійне торцеве ущільнення, без позначення - одинарне торцеве 7АР45В-К;

1, 2, 3 - конструктивне виконання насоса, де 1 - патрубки нижче осі насоса, шліцьовий кінець валу; 2 - патрубки вище осі насоса, шліцьовий кінець валу; 3 - патрубки вище осі насоса, шпонкові кінець валу; без індексу - патрубки нижче осі насоса, шпонкові кінець валу;

Ех - для насосів (агрегатів), призначених для експлуатації в вибухо- і пожежонебезпечних виробництвах;

У2, Т2 або У3.1 - кліматичне виконання і категорія розміщення.

1.2 Аналіз технічних умов та вимог до конструкції деталі. Визначення технологічних завдань щодо її виготовлення

Деталь являє собою тіло обертання з відношенням $\frac{l}{d} = \frac{1478}{77} = 19,194$;

виготовлена зі Сталі 40х ГОСТ 4543-71

Маса деталі – 34 кг.

Матеріал – Сталь 40Х ГОСТ 4543-01.

Найбільш точною поверхнею(ми) деталі є : зовнішні циліндр d60h6, d65h6

Показники технологічності діляться на якісні та кількісні.

До якісних показників відносяться наступні фактори:

- Матеріал деталі;
- Простановка розмірів;
- Жорсткі вимоги до форми та розташування;
- Наявність других базових поверхонь;
- Альтернативні методи одержання заготовки;
- Нетехнологічні конструктивні елементи.

До кількісних показників технологічності відносяться:

- Коефіцієнт точності K_T ;
- Коефіцієнт шорсткості $K_{ш}$;
- Коефіцієнт використання заготовки I_3 .
- Собівартість;
- Коефіцієнт уніфікації.

Технологічною вважається та конструкція, обробка якої можлива з максимальною продуктивністю праці і мінімальною собівартістю.

Проставлення розмірів виконано відповідно до ДСТУ, що забезпечує легке читання креслення, вільне виконання і контроль розмірів в процесі механічної обробки. Для виготовлення даної деталі був обраний матеріал Сталь 40Х ГОСТ 4543-71. Хімічний склад сталі наведений в таблиці 2.1, механічні властивості - в таблиці 2.2, 2.3.

Конструкційну леговану сталь марки 40Х використовують при виробництві деталей підвищеної міцності (осі, вали, вал-шестерні, плунжери, штоки, колінчаті і кулачкові вали, кільця, шпинделі, оправлення, рейки, губчаті вінці, болти, пів-осі, втулки та інші).

Таблиця 1.1 - Хімічний склад сталі 40Х, у відсотках

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,36 - 0,44	0,17 - 0,37	0,5 - 0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8 - 1,1	до 0,3	~97

Таблиця 1.2 - Механічні властивості сталі, при T=20 °C

Режим термічної обробки	Загартування	Температура, °C	860
		Середа охолодження	Масло
	Відпустку	Температура, °C	500
		Середа охолодження	Вода або масло
Механічні властивості, не менше	Межа текучості σ_T , Н/мм ²		785
	Тимчасовий опір σ_B , Н/мм ²		980
	Відносне подовження δ_5 , %		10
	Відносне звуження, Ψ , %		45
	Ударна в'язкість КСУ, Дж/см ²		59
Розмір перетину заготовок для термічної обробки (діаметр кола або сторона квадрата), мм			25

Механічні властивості:

Межа текучості σ_T , Н/мм² (кгс/мм²), не менше — 785(80);

Тимчасовий опір σ_B , Н/мм² (кгс/мм²), не менше — 980(100);

Відносне подовження δ_5 , %, не менше — 10;

Відносне звуження, Ψ , %, не менше - 45;

Ударна в'язкість КСУ, Дж/см² (кгс*м/см²), не менше — 59(6);

Таблиця 1.3 - Технологічні властивості

Зварюваність:	Важко зварювальна
Флокеночутливість :	Чутлива
Схильність до відпускнуї крихкості:	Схильна

1.3 Характеристика типу та організаційної форми виробництва

Тип виробництва і відповідна йому форма організації робіт визначає характер технологічного процесу і його побудова.

Виходячи з річної програми випуску $N = 13200$ шт. і маси деталі 34 кг визначається тип виробництва, в якому виготовляється деталь - середньосерійному - по [3 с.24, таблиця 3.1].

Середньо-серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються або ремонтуються, періодично повторюваними партіями і порівняно великим обсягом випуску і є основним типом сучасного машинобудівного виробництва. Підприємствами цього типу випускається в даний час 75-80% всієї продукції машинобудування України. За технологічним та виробничим характеристикам середнє серійне виробництво займає проміжне місце між одиничним і масовим виробництвом.

У середньо-серійному типі виробництва використовуються універсальні і спеціалізовані, частково спеціальні верстати, які розташовуються в послідовності технологічного процесу для однієї або декількох деталей, що вимагають однакового порядку обробки, в тій же послідовності утворюється і рух деталей. Виробництво йде партіями, причому деталі кожної партії можуть дещо відрізнятися одна від одної розмірами або конструкцією, допускають обробку на одному і тому ж обладнанні. Виробничий процес ведеться таким чином, що після виконання обробки заготовок на одній операції проводиться обробка цієї ж партії на наступній операції.

При середньо-серійному типі виробництва широко використовуються верстати з числовим програмним управлінням, обробні центри, а так само знаходять застосування гнучкі автоматичні системи верстатів з ЧПУ. Переналагодження верстатів, пристосувань

і інструментів, а також перебудова виробничого процесу при переході на обробку інших різновидів подібних деталей забезпечуються попередньої технологічної підготовкою.

Середня кваліфікація робітників при середньо-серійному типі виробництва вище, ніж в масовому виробництві, але нижче, ніж в одиничному. Поряд з робітниками високої кваліфікації, які працюють на складних універсальних верстатах, і налагоджують використовуються робітники-оператори невисокої кваліфікації, що працюють на настроєних верстатах.

1.4 Аналіз технологічності конструкції деталі

На проєктованій деталі типу «вал» присутній ряд певних нетехнологічних елементів. Насамперед нетехнологічними конструктивними елементами є: канавки, що зменшують міцність валу на згинання, закриті шпонкові пази, перепад діаметрів що зменшує міцність валу. Присутні також два конуси, та ускладненні центрові отвори, для виготовлення котрих потребується спеціальний інструмент, що ускладнює виготовлення, і плавно перетікає в підвищення ціни. Не дивлячись на ці неконструктивні елементи, які мають жорсткі допуски та дуже точні розміри з високим квалітетом, деталь типу вал також має різну ступінь гартування, що робить її ще більш нетехнологічною.

Виконуємо аналіз технологічності по кількісним показникам

Коефіцієнт точності

$$K_T = 1 - \left(\frac{1}{A_{cp}} \right), \quad (1.1)$$

де A_{cp} - середнє арифметичне значення коефіцієнта точності всієї деталі;

$$A_{cp} = \frac{6 * 8 + 9 * 8 + 8 * 2 + 40 * 14}{58} = 12,$$

$$K_T = 1 - \left(\frac{1}{12,033} \right) = 0,916.$$

Коефіцієнт шорсткості:

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} \quad (1.2)$$

де B_{cp} – арифметичне значення шорсткості всіх поверхонь по Ra

$$B_{cp} = \frac{1,6*3+0,4*2+0,8*5+6,3*16+12,5*4+3,2*28}{58} = 4,31.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{B_{cp}} = 0,258.$$

Таблиця 1.4 – Характеристика наявних поверхонь

Характер поверхні розмір	Кількість	Точність	Якість	Інші вимоги
Зовнішні:				
d50	1	m6	Ra1.6	↗ 0.02 M
d55	2	d8	Ra0.4	↗ 0.03 M
d60	2	h6	Ra0.8	↗ 0.03 M
d65	1	h6	Ra0.8	
d77	1	IT14	Ra12.5	
d50	1	h6	Ra3.2	
d30	1	h6	Ra3.2	
d50	1	IT14	Ra3.2	
Лінійні:				
I1478	1	IT14	Ra12.5	
I45	1	IT14	Ra3.2	
I170	1	IT14	Ra3.2	
I30	2	IT14	Ra3.2	
I80	1	IT14	Ra3.2	
I358	1	IT14	Ra1.6	↗ 0.02 M
I465	1	IT14	Ra3.2	↗ 0.02 M
I485	1	IT14	Ra1.6	↗ 0.02 M
I227	1	IT14	Ra3.2	
I1.3	1	IT14	Ra3.2	
Інші:				
Отвори	2 отв. d6.3	IT14	Ra0.8	
Фаски 1x45°	1	IT14	Ra3.2	
Паз b6	2	IT14	Ra12.5	
Паз b14	1	N9	Ra6.3	
Паз b10	5	N9	Ra6.3	
Паз b5	2	N9	Ra6.3	
Паз b8	1	IT14	Ra3.2	
Канавка d46, I12	1	IT14	Ra3.2	
Канавка d57, I5	1	IT14	Ra3.2	
Галтель:				
R1.6	2	IT14	Ra3.2	
R0.5	2	IT14	Ra3.2	

Продовження таблиці 1.4

R1	4	IT14	Ra3.2	
R0.25	6	IT14	Ra3.2	
R0.16	2	IT14	Ra6.3	
Конус 60°	1	IT14	Ra3.2	
Кут 45°	4	IT14	Ra3.2	
Різьба M60x2	2	8g	Ra3.2	

A_{заг}=696

B_{заг}=250

1.5 Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Для виготовлення заготовки типу «вал», був розроблений технологічний процес. Так як, деталь вал має велику довжину по відношенню до діаметру, та велику точність кінцевих поверхонь, було вирішено обрати сучасні верстати з ЧПК, які мають високу точність обробки та невелику похибку. Завдяки програмному керуванню під час обробки деталі, виключається людський фактор і досягається висока точність обробки поверхні. Технологічний процес записаний до таблиці (1.5).

Таблиця 1.5 - Опис обраного технологічного процесу

№ операцій	Назва операції	Базування та закріплення деталі	Технологічне оснащення
1	2	3	4
005	Заготівельна	Відрізається вал $\varnothing 85$ мм на стрічко пильному верстаті на довжину 1490 мм.	Верстат стрічко пильний Стрічкова пила
010	Контроль ВТК	Відбувається контроль довжини заготовки за допомогою рулетки	Рулетка
015	Фрезерно-центрувальна	Деталь закріплюється в призмах та прихватах, ведеться обробка торців фрезою діаметром 120мм, та зацентровка отворів В6.3 ГОСТ 14034-74	Верстат 2Г948.02 Призми, прихват Торцева фреза Свердло центрове Патрон свердлильний
020	Слюсарна	Зрізаються задирки на торцях	Напиллок
025	Токарна з ЧПК	Деталь закріплюється в центрах та за допомогою люнета. На 1 установі деталь точиться з одного боку. На 2 установі деталь закріплюється за оброблену поверхню та точиться інша сторона.	Верстат ST-40L Центра Люнет Штангенциркуль ГОСТ 166-89 Різець прохідний упорний

Продовження таблиці 1.5

030	Токарна з ЧПК	На 1 установі деталь точиться на чисто, точиться канавки та нарізається різьба, а також точиться конус60°. На 2 установі деталь закріплюється за оброблену поверхню та проводяться ті ж операції зі іншої сторони.	Верстат ST-40L Різець прохідний Різець канавковий Різець різьбовий Штангенциркуль Різьбова калібр-скоба 3 -кулачковий патрон
035	Контроль ВТК	Виконується контроль поверхонь	Мікрометр
040	Фрезерна з ЧПК	Деталь закріплюється на призмах. Свердло робить отвір для входу кінцевої фрези яка після зробленого отвору точить закритий паз.	Верстат VF-7/40 Призма Фреза кінцева Свердло Штангенциркуль Калібр пазовий
045	Слюсарна	Зрізання задирок на пазах	Напиллок
035	Контроль ВТК	Виконується контроль пазів	Калібр пазовий
055	Термічна	Загартується при температурі 840-860С°, витримка при цій температурі та охолодження в маслі, виконується високий відпуск при температурі 600С°.	Термопід, кран
060	Центро-шліфувальна	Виконується шліфування центрових отворів В6.3 для досягнення заданої шорсткості і геометрії отворів.	Верстат ZS 201 1 500 Шліфувальна оправка
065	Кругло шліфувальна	Деталь закріплюється в центрах за допомогою люнета та оброблюються $\varnothing 50h6$, $\varnothing 60h6$, $\varnothing 65h6$, $\varnothing 50h6$, $\varnothing 30h6$.	Верстат 3M162MBФ2 Шліфувальний круг Центра Мікрометр
070	Контроль ВТК	Проводиться контроль раніше оброблених поверхонь	Мікрометр
075	Миюча	Очищення деталі від ЗОР та іншої зайвої речовини	Миюча ванна
080	Полірування	Деталь закріплюється в центрах. Оброблюється два $\varnothing 55v8$	Верстат ST-40L Полірувальна паста, повсть
085	Загальний контроль ВТК	Виконується контроль різьби, розмірів отриманих поверхонь. Параметрів шорсткості .	Мікрометр Калібр пазовий Зразки шорсткості

Проаналізувавши наявний тех. процес, пропонуємо замінити операцію 065 Кругло-шліфувальна, на операцію тонке точіння. Це дозволить, скоротити номенклатури технологічного оснащення та вибрати верстат для обробки з

операції точіння. Прибирання додаткового верстату суттєво скоротить економічні затрати на виготовлення деталі.

1.6 Висновок та завдання для удосконалення технологічного процесу виготовлення деталі

Початок проєкування дипломного проєкту відбувся з ознайомленням з деталлю, було визначено призначення деталі, особливості її конструкції, сферу її використання. Для подальшої роботи необхідно було визначити технічні умови по конструкції деталі, вибрати матеріал, що задовольняє умови роботи механізму. Для розробки технологічного процесу необхідно знати трудоемкість роботи. Тому використовуючи технічну літературу для деталі, був визначений тип виробництва.

Проаналізувавши наявний технологічний процес, операції обробки деталі та технологічне оснащення. Основним методом вдосконалення технологічного процесу обробки деталі, пропонується покращення вибору технологічного устаткування та інструментів, за рахунок їх автоматизації у програмі Sandvik tool Guide.

Було складено план, по вдосконаленню наявного технологічного процесу методом впровадження та заміни деяких стадій обробки на інші; застосування новітніх методів оптимізації обробки деталі шляхом використання розрахункової програми. Технічний розрахунок дозволить провести віртуальні дослідження, і отримати найоптимальніші методи обробки деталі та вибрати відповідні для цього інструменти, а також визначити оптимальні режими різання та підібрати відповідні верстати.

2 Удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

2.1 Призначення та обґрунтування схем базування та закріплення заготовки

Виконавши аналіз конфігурації заготовки деталі, було виявлено, що на роль технологічної бази під час реалізації токарної операції перш за все претендують поверхні центрових отворів. Базування заготовки в центрових отворах на токарній операції дозволить забезпечити виконання принципу постійності та сумісності баз, що в свою чергу сприятиме забезпеченню точності обробки поверхонь заготовки.

В якості технологічної операції, для якої буде проводитися аналіз, приймаю операцію 025 «Токарна ЧПК». Данна операція має 2 установи. На першому установі даної операції обробляються поверхні, показані на рисунку 2.1.

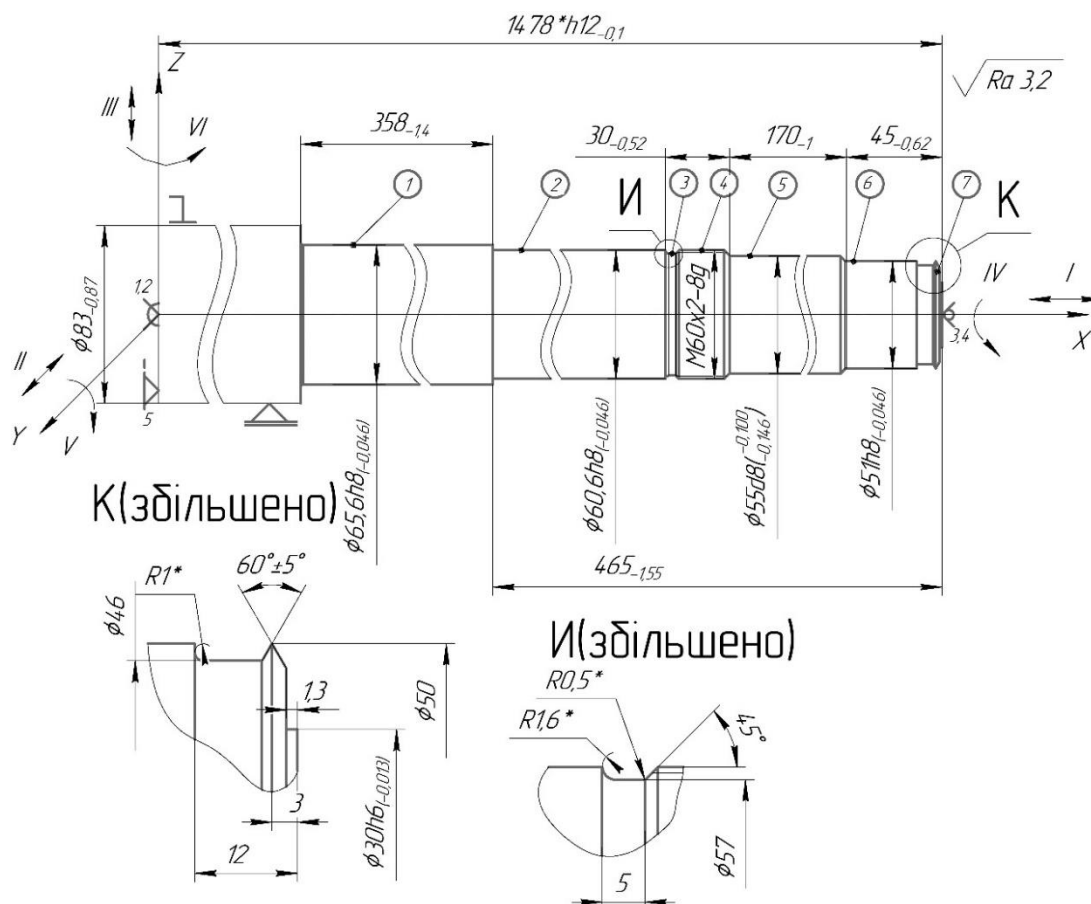


Рисунок 2.1 – Схема базування заготовки на першому установі для операції 025 токарна.

На роль технологічної бази також можуть претендувати зовнішні торці заготовки. Їх використання в ролі технологічної бази сприятиме забезпеченню точності осьових розмірів оброблюваних поверхонь заготовки.

Виходячи з цього, пропонується схема базування заготовки зображена на рисунку 2.1. Відповідно до пропонуваної схеми закріплення передбачається базування заготовки по центровим отворах з упором в лівий торець. Причому базування по лівому центровому отвору передбачає використання плаваючого центра, по правому центровому отвору – обертового центру. Технічна реалізація базування заготовки на плаваючому центрі з упором в торець можлива за умови використання комбінованого патрону.

Для другого установу приймаємо аналогічну схему базування заготовки і визначаємо поверхні що підлягають механічній обробці на рисунку 2.2.

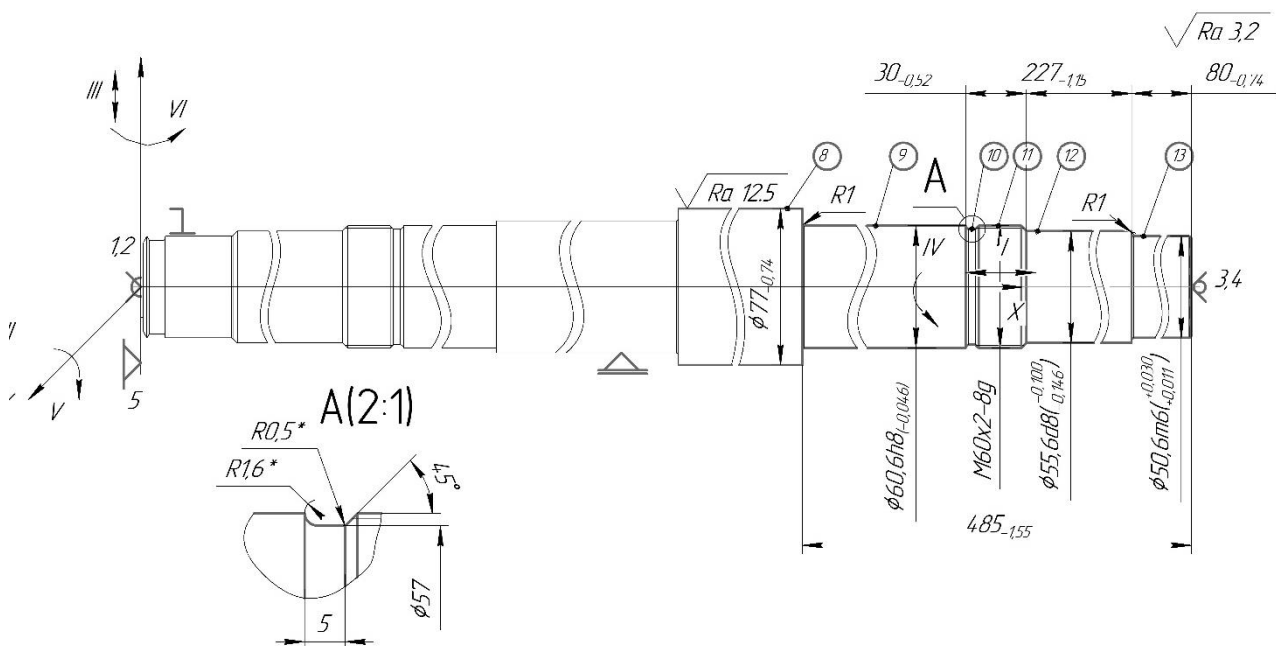


Рисунок 2.2 – Схема базування заготовки на другому установі

Відповідно до пропонуваної схеми базування (див. рисунок 2.1) Деталь базується та закріплюється в трикулачковому патроні з плаваючим центром та за допомогою люнета, що не позбавляє деталь жодної ступені свободи але забезпечує виконання жорстких допусків та запобігає вигину

деталі. Деталь позбавлена п'яти ступенів вільності, мають місце дві технологічні бази:

- Подвійна направляюча – позбавляє чотирьох ступенів свободи: переміщення поздовж осей Z та Y та обертання навколо осей Z та Y;
- Опорна, торець виступу, позбавляє однієї ступені вільності переміщення поздовж осі X.

Таблиця 2.1 – Таблиця відповідності

Бази	Зв'язки	Ступені свободи
ПНБ	1,2,4,5	II,III,V,VI
ОБ	3	I

Таблиця 2.2 – Матриця зв'язків

	X	Y	Z	Найменування бази
L	0	1	1	Подвійна направляюча база
α	0	1	1	
L	1	0	0	Опорна база
α	0	0	0	

Виконаємо аналіз пропонованої схеми базування заготовки з точки зору забезпечення точності оброблюваної поверхонь

Базування заготовки в центрах позбавляє похибку базування для операційних розмірів, заданих в радіальному напрямку.

Для операційних розмірів, заданих в осьовому напрямку має місце похибка базування : технологічна та вимірювальна бази для осьових розмірів не співпадають. Технологічна база реалізується по лівому торцю заготовки. Вимірювальна база, наприклад для розмірів $45_{-0,62}$ та $465_{-1,55}$ задані по правому торцю заготовки.

В такому разі технологічна база визначається допуском на розмір який з'єднує лівий та правий торці заготовки.

$E_{645} = E_{6465} = T_{1478} = 3,1$ мм. що перевищує допуск на операційний розмір

$E_{645} = 3,1$ мм $>$ $T_{465} = 1,55$ мм.

E_6 – похибка базування

Для забезпечення точності розміру 465H14 необхідно підвищити точність розміру 1478 до 12 квалітету точності ($T_{1478h12}=1,25$ мм), щоб похибка базування зменшилася:

$$E_{645} = 1,25 < T_{465} = 1,55 \text{ мм.}$$

Розглянемо пропоновану схему базування заготовки для іншої технологічної операції, а саме 040 фрезерна з ЧПК, на рисунку 2.3

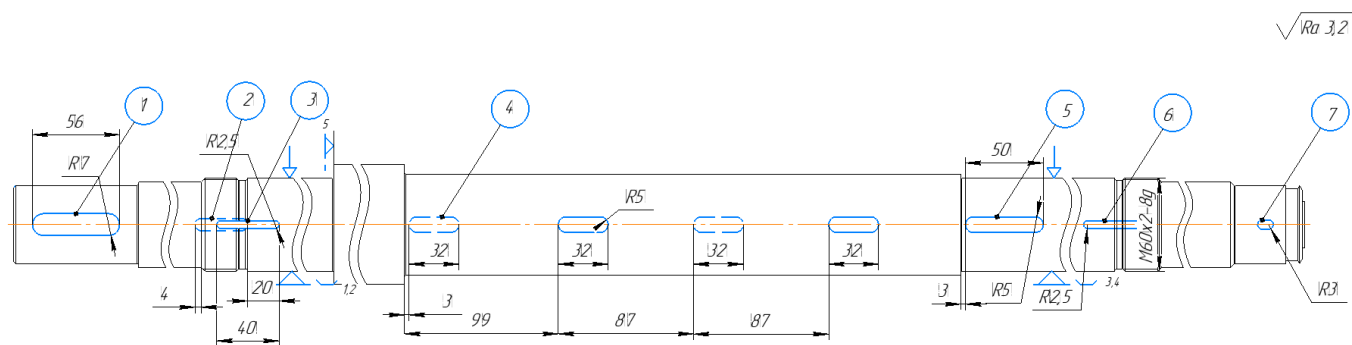


Рисунок 2.3 – Схема базування заготовки на фрезерній операції 040

Виходячи із технологічного процесу, на операції 040 фрезерна з ЧПК, необхідно виточити фрезерні пази. Отже пронумеруємо поверхні, що підлягають обробці.

Закріплення заготовки на фрезерній операції, відбувається шляхом закріплення валу у спеціальному пристосуванні використовуючи призми з прихватом, та упором деталей в торець. В наслідок чого Утворюється дві технологічні бази, а саме:

- подвійну направляючу базу (ПНБ), що позбавляє деталь чотирьох ступенів свободи: переміщення поздовж осей X та Y та обертання навколо осей X та Y;
- та опорна база(ОБ), що позбавляє деталь одного ступеня свободи: переміщення поздовж осі Z.

Обрана схема базування заготовки дозволить забезпечити достатню стійкість та жорсткість деталі, що дозволить дотриматися всіх заданих технічних умов на виготовлення деталі.

2.2 Складання варіантів технологічних маршрутів та вибір оптимального для операцій 030 токарна 030

Провівши невеликий аналіз технологічних процесу, було вирішено виконати Удосконалення наступних операцій «030 токарна з ЧПК», головне завдання якого полягає у виконанні автоматизації механічної обробки. Для цього Пропонується виконати Аналіз технологічних маршрутів за допомогою програми Sandvik Tool Guide для ескізів токарної операції (дивитися пункт 2.1), і визначити найефективніший маршрут обробки поверхонь.

Для початку визначимо геометричні параметри оброблюваних поверхонь для операції 030. Нумерація оброблюваних поверхонь аналогічна номерам поверхонь по ескізам з пункту 2.1. (дивитися рисунки 2.1-2.2)

Після проведеного аналізу отримані результати запишемо у таблицю 2.3

Таблиця 2.3 – Уточнення геометричних параметрів оброблювальної поверхні на чистовій стадії обробки операції 030

Номер поверхні [ескіз]	Умови обробки				Стан поверхні заготовки			Умови різання			Надійність закріплення		
	Початковий діаметр обробки, мм	Діаметр поверхні після мех. обробки, мм	Довжина обробки, мм	Шорсткість поверхні, Ra	Попередньо оброблена поверхня	Легка кірка	Товста кірка	Безперервне різання	Різання з змінною глибиною різання	Переривчасте різання	Відмінна надійність	Гарна надійність	Низька надійність
1	Ø67	Ø65,2	658	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
2	Ø62	Ø60,2	220	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
3	Ø60,2	Ø57	Ø5	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
4	Ø60	Ø60	30	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
5	Ø57	Ø55	170	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
6	Ø52	Ø50,2	45	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
7	Ø52	Ø46	12	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
2 установ													

Продовження таблиці 2.3

8	Ø79	Ø77	170	6,3	+	-	-	+	-	-	+	-	-
9	Ø62	Ø60,2	178	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
10	Ø60,2	Ø57	5	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
11	Ø60	Ø60	30	1,6	+	-	-	+	-	-	+	-	-
12	Ø57	Ø55	227	1,6				+	-				
13	Ø52	Ø50,2	80	1,6				+	-				

Після виконання розрахунків у програмі Sandvik tool guide, розглянемо на рисунках 2.4-2.6 запропоновані маршрути обробки на прикладі чистового точіння поверхонь 1,4,8.

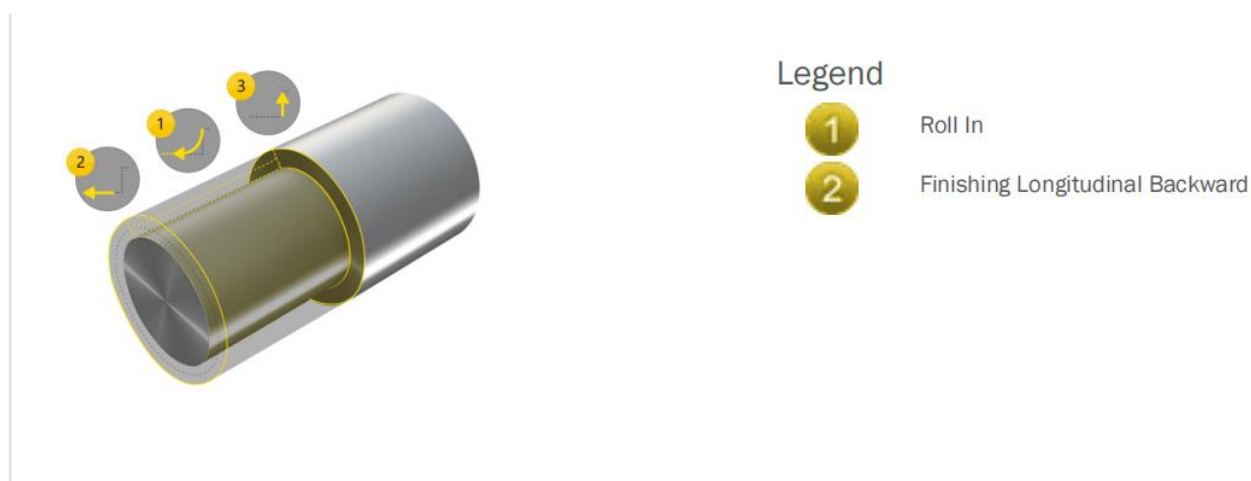


Рисунок 2.4 – Схема маршруту обробки для поверхні 1 у програмі Sandvik Tool Guide

Як ми можемо бачити запропонований маршрут обробки поверхні 1 складається з двох проходів. На першому відбувається точіння радіусу і повздовжній прохід поверхні, другий прохід являє собою фінішну обробку на заданий розмір з дотриманням встановлених параметрів. Детальну інформацію можна знайти у додатках

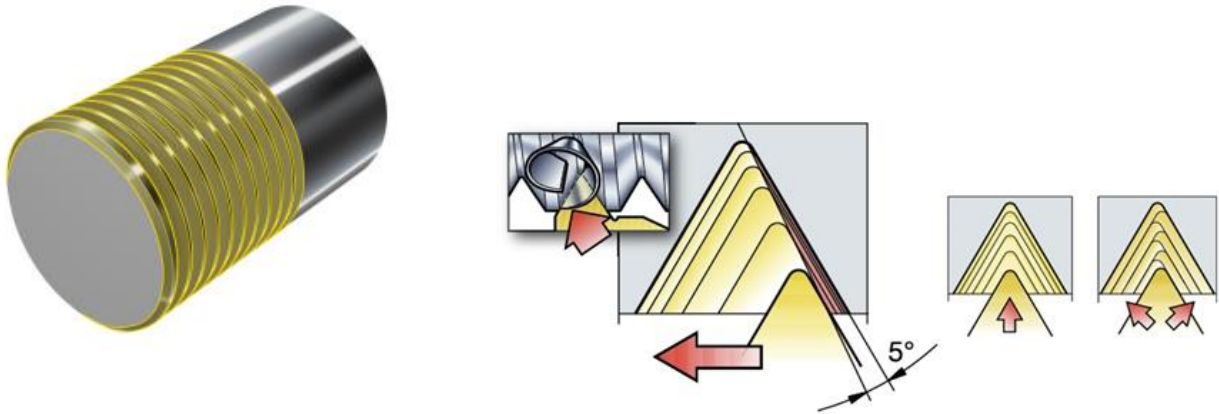


Рисунок 2.5 – Схема маршруту обробки для поверхні 4 у програмі Sandvik Tool Guide

Поверхня 4 є зовнішньою різьбою, отже маршрут її обробки складається з циклу точіння різьби



Рисунок 2.6 – Схема маршруту обробки для поверхні 6 у програмі Sandvik Tool Guide

Як показав аналіз програми Поверхня 8 підлягає точінню за один прохід. Детальна інформацію по отриманих дослідках можна подивитися у додатку В.

2.3 Обґрунтування способу отримання, розрахунок та формулювання технічних вимог на виготовлення первинної заготовки

Заготовки виготовляють різними способами. Основні з яких способи виробництва заготовок здійснюються- литтям, обробкою тиском, зварюванням. Спосіб отримання тієї чи іншої заготовки залежить від службового призначення деталі і вимог, пред'явлених до неї, від її конфігурації і розмірів, виду конструкційного матеріалу, типу виробництва та інших чинників.

Вибір оптимального способу виробництва заготовок здійснюють методом зіставлення техніко-економічних показників розглянутих технологічних варіантів. Суть завдання полягає в тому, щоб визначити, який з порівнюваних варіантів економічно більш доцільний.

Заводський метод отримання заготовки

Розглянемо прокат як один з варіантів отримання заготовки. Це метод застосовують в тих випадках, коли конфігурація деталі близько відповідає будь-якого виду сортового матеріалу (круглого, квадратного, прямокутного, шестигранного,). Широко застосовують також гарячекатані безшовні труби різної товщини і діаметра, а також профільний прокат (кутова сталь, швелери, балки).

У базовому технологічному процесі заготовку отримували з круглого прокату, шляхом відрізання прутка з розмірами $\varnothing 82 / 1550$. на стрічко пильному верстаті . Перевага цього способу отримання заготовки - дешевизна і простота у виготовленні. Однак, точність отримання заготовок низька, виходять великі припуски , і в наслідок, отримуємо низькі коефіцієнти використання заготовки і матеріалу.

Маса заготовки визначається за формулою:

$$m_3 = v * \rho \quad (2.1)$$

де ρ густина ст 40х, $\rho=7820$ кг/м³;

V об'єм заготовки, м³.

Об'єм заготовки визначається як об'єм геометричного тіла:

$$V = \pi r^2 * h \quad (2.2)$$

$$V = \pi * 40^2 * 1551 = 0,00779 \text{ м}^3$$

Тоді маса заготовки дорівнює

$$m_3 = 0,00779 * 7820 = 60,9 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання заготовки визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{m_d}{m_3}, \quad (2.3)$$

Де m_d – маса деталі $m_d = 34 \text{ кг}$,

$$K_3 = \frac{34}{60,9} = 0,56$$

Коефіцієнт використання матеріалу визначається за формулою

$$K_{и.м} = \frac{m_d}{m_3 + m_{опз}}, \quad (2.4)$$

Де $m_{опз}$ – маса відходів виробництва заготовки, для поковок штампованих

Пропонований метод отримання заготовки

Залежно від матеріалу деталі, типу виробництва, розмірів і конфігурації деталі, обираємо пропонований метод отримання заготовки: поковку штамповану на горизонтально-кувальних машинах (ГКМ).

Горизонтально-кувальні машина являє собою механічний кривошипний штампувальний прес, який має роз'ємну матрицю, одна частина якої є рухомий - затискної. Штампування виконується за кілька переходів в окремих струмках, осі яких розташовані одна над іншою. Кожен перехід здійснюється за один робочий хід повзуна. Здійснюються операції: висадка, прошивка, пробивка.

За один перехід можна висадити виступає з затискної частини матриці кінець прутка тільки в тому випадку, якщо його довжина не перевищує трьох діаметрів. При більшій довжині можливий вигин заготовлі, тому попередньо необхідно провести набір металу. Набір металу здійснюється в порожнині пуансона, якій надають конічну форму. В якості вихідної заготовки використовують прутки круглого або квадратного перетину, трубний прокат.

Штампують поковки: стрижні з потовщеннями і глухими отворами, кільця, трубчасті деталі з наскрізними і глухими отворами. Так як штамп складається з трьох частин. то напуски на поковки і штампувальні ухили малі або відсутні.

До недоліків горизонтально-кувальних машин слід віднести їх малу універсальність і високу вартість., стійкість штампів нижче, ніж у молотів і пресів, обмежена номенклатура одержуваних виробів

Після визначення з методом отримання первинної заготовки, слід визначити характеристики отриманої заготовки для розрахування припусків на встановлені розміри поковки.

Щоб визначити припуски табличним способом проводяться такі розрахунки по таблиці [7]:

- Клас точності поковки – Т4 (с.28, таблиця 19, додаток 1).
- Група сталі – М2 (с.8, таблиця 1).
- Ступінь складності – С2 (с.29, додаток 2).
- Вихідний індекс - 13 (с.10, таблиця 2).

Коефіцієнт для визначення орієнтовної маси поковки $K_p = 1.3$ (с.31, таблиця 20, додаток 3).

Орієнтовна (розрахункова) маса поковки визначається за формулою:

$$m_3^p = m_d * K_p, \quad (2.5)$$

$$m_3 = 34 * 1,3 = 44,2 \text{ кг}$$

Знаючи вихідний індекс, розміри поверхонь і параметр шорсткості R_a , фінішної поверхні, які необхідно тримати після механічної обробки, визначають основні припуски на механічну обробку (с.12, таблиця 3), допуски і допустимі відхилення лінійних розмірів (с.17, таблиця 8) та допустимі припуски (с.20, таблиці 9,10,11,12,13).

Основні припуски на розміри для однієї сторони, мм:

1,6 – діаметр 77мм і шорсткість поверхні $R_a = 6,3$ мкм;

2,1 – діаметр 65мм і шорсткість поверхні $R_a = 1,6$ мкм;

2,1 – діаметр 60мм і шорсткість поверхні $R_a = 1,6$ мкм;

2,5 – довжина 1478мм і шорсткість поверхні $R_a = 6,3$ мкм.

Виконаємо розрахунок за додатковими припусками для перерахованих поверхонь:

Враховуємо зігнутість, відхилення від площинності і прямолінійності – по 1,5 мм (с.14, таблиця 5).

Розміри поковки, мм:

Діаметр $d_1 = 77 + ((1,6 + 1,6) * 2) = 83,2$ мм приймаємо 83 мм;

Діаметр $d_2 = 65 + ((2,1 + 1,6) * 2) = 72,2$ мм приймаємо 72 мм;

Діаметр $d_3 = 60 + ((2,1 + 1,6) * 2) = 67,2$ мм приймаємо 67 мм;

Довжина $L = 1478 + 2,5 * 2 = 1483,0$ мм приймаємо 1484 мм.

Отже, після визначення загальних припуски на заготовку ми бачимо, що вибраний метод отримання заготовки доцільно використовувати навіть за початкових великих розмірах деталі.

2.4 Розрахунок припусків на оброблення поверхні обертання

В даному пункті виконується розрахунок припусків для механічної обробки циліндричних поверхонь на операції 030 Токарна з ЧПК. Проводимо розрахунок аналітичним способом за рахунок програми Sandvik tool Guide. Розрахунок виконується для чистової стадії точіння із дотриманням заданої точності поверхонь.

Кількість оброблюваних поверхонь та її параметри для токарної операції 030, записуємо до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні припуски на для токарної операції 030

Номер поверхні [ескіз]	Умови обробки				Вид поверхні			Глибина різання (t), мм	К-сть ходів різцем
	Початковий діаметр обробки, мм	Діаметр поверхні після мех. обробки, мм	Довжина обробки, мм	Шорсткість поверхні, Ra	Циліндрична поверхня	Різьба	Канавки		
1	Ø67	Ø65,2	358	1,6	+			0,9	2
2	Ø62	Ø60,2	220	1,6	+			0,9	2
3	Ø60,2	Ø57	5	1,6			+	1,6	1
4	Ø60	Ø60	30	1,6		+		0,469;0,387;0,354	3
5	Ø57	Ø55	170	1,6	+			1	1
6	Ø52	Ø50,2	45	1,6	+			0,9	1
7	Ø50,2	Ø46	12	1,6	+			2,1	1
2 установ									
8	Ø79	Ø77	170	6,3	+			1	1
9	Ø62	Ø60,2	178	1,6	+			0,9	2
10	Ø60,2	Ø57	5	1,6			+	1,6	1
11	Ø60	Ø60	30	1,6		+		0,469;0,387;0,354	3
12	Ø57	Ø55	227	1,6	+			1	1
13	Ø52	Ø50,2	80	1,6	+			0,9	1

Основні числові розрахунки на визначення припуску різання для операції 030, виконувалися за допомогою програми Sandvik tool guide, було визначено та записано до таблиці загальні припуски на чистову обробку. Як видно з таблиці припуск та хід різців залежить від заданої шорсткості оброблюваної поверхні та від її виду.

2.5 Обґрунтування та вибір моделей металорізальних верстатів

Вибір металорізальних верстатів залежить від багатьох чинників. Насамперед, щоб обрати верстат потрібно розуміти яку функцію він має виконувати, і для якого виду обробку він призначений. Сучасні верстати поділяють за технічними характеристиками : методом управління, потужністю, кількістю одночасно активних вісей точність обробки та інше. Для стандартних, та не великогабаритних деталей , вибір металорізального верстата залежить від вподобань інженера та економічних чинників. Для великогабаритних деталей, вибір верстатів, насамперед залежить від можливості обраного верстата виконати обробку деталі з дотриманням заданих технічних умов. Велику роль, також має потужність верстата. Чим вона вища тим простіше інструменту виконувати обробку з дотриманням усіх вимог.

Отже, для того, щоб забезпечити оптимальну обробку деталі виконаємо розрахунок потужностей необхідний для обробки кожної поверхні на операції 030 Токарна з ЧПК. Результати дослідження записані у таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Силкові фактори обробки поверхонь на операції 030

Номер поверхні [ескіз]	Умови обробки				Потужність		
	Початковий діаметр обробки, мм	Діаметр поверхні після мех. обробки, мм	Довжина обробки, мм	Шорсткість поверхні, Ra	Максимальна швидкість обертання, об/хв	Максимальна потужність обробки, кВт	Максимальний крутний момент, Н*м
1	Ø67	Ø65,2	358	1,6	1720	2,72	15,1
2	Ø62	Ø60,2	220	1,6	1560	2,87	17,6
3	Ø60,2	Ø57	5	1,6	1500	4,21	26,8
4	Ø60	Ø60	30	1,6	1500	2,75	16,6

Продовження таблиці 2.5

5	Ø57	Ø55	170	1,6	1700	3,14	17,6
6	Ø52	Ø50,2	45	1,6	1870	2,87	14,7
7	Ø50,2	Ø46	12	1,6	2090	4,55	20,8
2 установ							
8	Ø79	Ø77	170	6,3	1040	3,61	33,3
9	Ø62	Ø60,2	178	1,6	1560	2,87	17,6
10	Ø60,2	Ø57	5	1,6	1500	4,21	26,8
11	Ø60	Ø60	30	1,6	1500	2,75	16,6
12	Ø57	Ø55	227	1,6	1700	3,14	17,6
13	Ø52	Ø50,2	80	1,6	1870	2,87	14,7

Виходячи з розрахунку програми, для обробки всіх наявних поверхонь на токарній операції, максимальна потужність обробки складає 4,55 кВт, Отже програмою було запропоновано використати верстат з потужністю 25 кВт, але треба враховувати, що заготовка деталі має довжину 1484 мм., і потужність обробки не є ключовим фактором при виборі верстату. Насамперед, треба врахувати здатність верстату закріпити заготовку, та підтримати гарну стабільність обробки.

Lathe 03 - Medium (6-12" chuck), stability of fixturing: Good stability

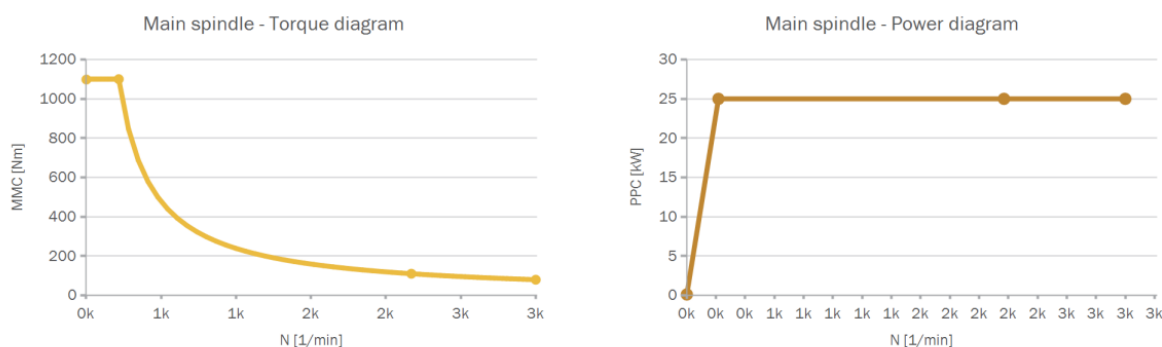


Рисунок 2.7 – Діаграма силових факторів пропонованого верстату.

Для забезпечення гарних умов обробки пропонується використати сучасний токарний верстат з ЧПК аналогічної потужності.

До вибору пропонується токарний центр американської компанії Наас, моделі ST40-L(див.рис.2.8), що являє собою велико корпусний токарний верстат із довгою станиною та великою робочою зоною.



Рисунок 2.8 – Токарний верстат моделі ST40-L

Основні технічні характеристики наведені у таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – технічні характеристика верстата ST40-L

Характеристика	Значення
Властивості:	
Розмір патрона	381 мм
Максимальний діаметр різання	648 мм
Максимальна довжина різання	2032 мм
Переміщення:	
Вісь X	432 мм
Вісь Y	2032 мм
ШПИНДЕЛЬ:	
Веретеноподібний ніс	A2-8

Масимальна потужність	29,8 кВт
Максимальна швидкість	2400 об/хв
Максимальний крутний момент	1898.0 Нм при 150 об/хв
Отвір шпинделя \varnothing	117,3 мм
Турель :	
Кількість інструментів	12-станційний БОТ
Задній зазор бурильної штанги	111 мм
Розміри верстату:	
Внутрішній піддон	646 см x 242 см x 267 см
Зовнішній піддон	633 см x 229 см x 254 см
Вага	13563 кг

2.6 Обґрунтування та вибір верстатних пристроїв, різального та вимірювального інструментів

Правильно підібраний верстатний пристрій забезпечує якісне закріплення деталі, що дозволяє забезпечити точне налагодження деталі, рівномірну обробку, та високу точність виготовлених деталей, ефективно розподілення часового ресурсу. Вибір верстатних пристроїв виконується залежно від розмірів деталі, характеру операції, моделі верстата, типу виробництва.

Закріплення деталі типу «вал», в основному відбувається із використанням центрів, або використовуючи токарний патрон. Виходячи із технологічного процесу пропонується базувати деталь в центрах з упором в лівий торець (див. пункт 2.1). Тому, вибір оснастки проводиться враховуючи цей параметр.

Для операції 025 Токарна з ЧПК, 030 Токарна з ЧПК, 065 Тонке точіння, обираємо устаткування:

- Патрон 7100-0041 ГОСТ 2575-80 . Трикулачковий самоцентруючий патрон призначений для установки на універсально токарних, револьверних верстатів. Діаметр складає 315 мм, ширина 37 мм, шаг кулачка – 12 мм., найбільший діаметр для закріплення в прямих кулачках – 140 мм, у зворотніх – 310 мм. Діаметр отвіру у корпусі – 100 мм;

- Люнет роликовий ГОСТ 21190-75.
- Центр А-1-2-НП ГОСТ 8742-75. Центр з постійним центровим валиком з конусом 60°, з додатково проточеним конусом під 30°. Нормальної серії підвищеної точності.
- Хомут 7107-0041 ГОСТ 2578-70. Призначений для фіксації циліндричних деталей діаметром від 50 до 65 мм.

Вимірювальний інструмент вибирається з врахуванням операційних розмірів, їх точності та трудомісткості вимірювання заготовки, а також типу виробництва. Вимірювальні пристрої мають бути легкі у використанні, мати високу надійність, та точність вимірювання.

Згідно технологічного завдання типу виробництва, а саме середньо-серійного, необхідно вибрати вимірювальні пристрої для контролю оброблених поверхонь для операції «030 токарна з ЧПК». Обираємо вимірювальні інструменти для поверхонь:

- d65,d60,d55,d50 - калібр скоба 8113-0157 ГОСТ 18360-93
- М60-8g -Кільце 8211-1126 8g ГОСТ 17763-72;
- Для фасок, канавок, радіусів - Шаблон спеціальній фасковий ,шаблон спеціальній канавковий, шаблон спеціальній радіусний .
- Для контролю шорсткості - Зразки шорсткості ГОСТ 9378-93;
- Для додаткових вимірювань - Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,1 ГОСТ 166-89

Для вибору різального інструменту проведемо аналітичний розрахунок за допомогою програми Sandvik tool guide. Розрахунок проводиться для кожної поверхні на операції 030 (див. таблицю 2.5).

Вибір різальних інструментів проводиться автоматично у програмі Sandvik tool guide. Після проведення віртуального експерименту, керуючись результатами розрахунку геометричних параметрів державки різця та різальної пластини визначимо наступні геометричні параметри різального клину: головний кут в плані (φ°), кут при вершині (ϵ°), допоміжний кут в плані (φ'°),

задній кут (α°), радіус при вершині (r , мм), вага пластини (кг), та запишемо їх у таблицю 2.7, для кожної з різальних пластин визначених для кожної стадії механічної обробки токарної операції 030, згідно наявного маршрутного технологічного процесу.

Таблиця 2.7 – Геометричні параметри змінних непереточуваних пластин

Номер поверхні	Маркування пластини	Головний кут в плані (φ°)	Кут при вершині (ε°)	Допоміжний кут в плані (φ°)	Задній кут (α°)	Радіус при вершині (r , мм)	Товщина пластини S , (мм)	Вага пластини кг
1	CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	6	0,012
2	CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	6	0,012
3	VNMG 16 04 12-PM 4325	93	35	52	0	1,19	4,76	0,009
4	266RG-16MM02A200M 1125	90	60	30	0	-	3,97	0,004
5	CP-A1108-L5 4325	95	80	5	0	0,794	3,18	0,003
6	CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	6	0,012
7	CNMG 12 04 08-PM 4325	95	80	5	0	0,794	4,76	0,009
8	SNMG 12 04 12-PR 4325	45	90	45	0	1,19	4,76	0,009
9	CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	6	0,012
10	VNMG 16 04 12-PM 4325	93	35	52	0	1,19	4,76	0,009
11	266RG-16MM02A200M 1125	90	60	30	0	-	3,97	0,004
12	CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	3,18	0,003
13	CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	6	0,012

Кожна різальна пластина кріпиться у відповідний тримач. Визначимо геометричні параметри тримача, а саме: кут нахилу інструменту (λ°), тип руху, ширина хвостовика (мм), висота хвостовика (мм), функціональна довжина (мм), функціональна ширина (мм), Функціональна висота(мм), Вага хвостовика (кг). Запишемо отримані дані у таблицю 2.8.

Таблиця 2.8 – Геометричні параметри хвостовика пластини

Номер поверхні	Маркування хвостовика	кут нахилу інструменту (λ°)	Подача різця	ширина хвостовика В (мм)	висота хвостовика Н(мм)	функціональна довжина LF (мм)	функціональна ширина WF (мм)	Функціональна висота HF (мм)	Вага хвостовика (кг)
1	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43
2	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43
3	C4-DVJNR-27062-16	-3	права	d40	-	62	27	0	0,36
4	266RFA-2020-16	-10	права	20	20	125	20,5	20	0,4
5	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43
6	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43
7	DCLNR 2020K 12	-5	права	20	20	125	25	20	0,4
8	DSDNN 2020K 12	45	права	20	20	125	10,3	20	0,429
9	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43
10	C4-DVJNR-27062-16	-3	права	d40	-	62	27	0	0,36
11	266RFA-2020-16	-10	права	20	20	125	20,5	20	0,4
12	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43
13	CP-30AR-2020-11	60	права	20	20	125	25	20	0,43

Як видно з отриманих з результату даних, для більшості оброблюваних поверхонь використовується один тип пластин: CP-A1108-L5 4325, та відповідний до нього хвостовик: CP-30AR-2020-11.

Схематичне зображення хвостовика та пластини, що використовується для обробки поверхонь (1,2,5,6,9,12,13) на чистовій токарній операції 030.

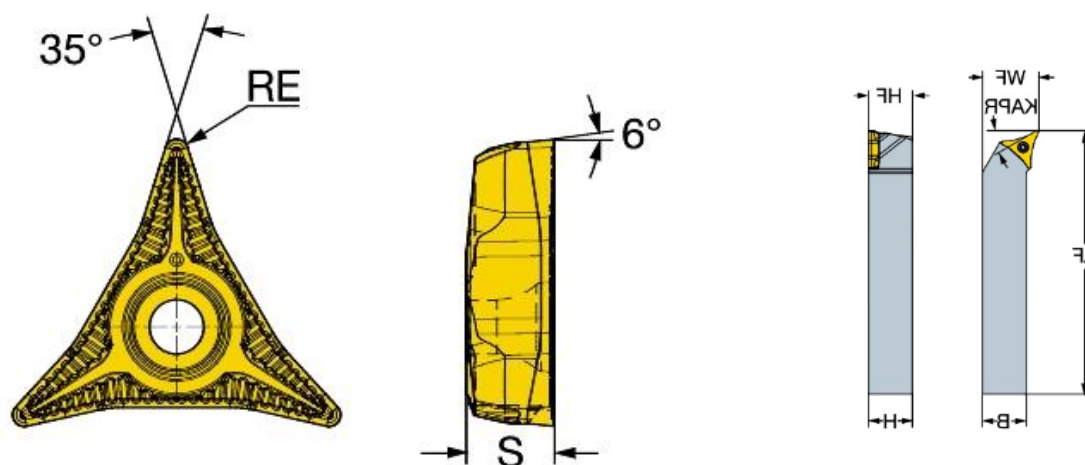


Рисунок 2.9 – Схема зображення різця та пластини.

Для детального ознайомлення з результатами розрахунків дивитися ДОДАТОК В

2.7 Визначення режимів різання та технічне нормування операцій

Для визначення режиму різання та технічного нормування було обрано операцію 030 токарна з ЧПК. Для того щоб визначити режими різання для операції, скористаємось технологічним аналізом у програмі Sandvik tool guide. Посилаючись на дані отримані у пункті 2, створимо актуальну таблицю 2.9 розрахункових режимів різання для кожного з переходів.

З огляду на інформацію, отриману у якості звіту з програми Sandvik Tool Guide записуємо значення технологічних факторів процесу точіння. З огляду на дані наведені у вкладці (інформація про режими різання), проаналізуємо значення швидкості різання та глибини різання. Отримані данні записуємо у таблиці 2.9.

Таблиця 2.9 – Розрахункові параметри режимів різання для операції 030

Номер поверхні	Оброблюваний діаметр	Швидкість різання (V), м/хв	Подача (S), мм/об	Глибина різання (t), мм	К-сть проходів	Потужність обробки
1	Ø65,2	353	0,206	0,9	2	2,72
2	Ø60,2	295	0,292	0,9	2	2,87
3	Ø57	283	0,253	1,6	1	4,21
4	Ø60	120	2	0,469;0,387;0,354	3	2,75
5	Ø55	302	0,206	1	1	3,14
6	Ø50,2	295	0,292	0,9	1	2,87
7	Ø46	302	0,206	2,1	1	8,15
2 уст						
8	Ø77	251	0,493	1	1	3,57
9	Ø60,2	295	0,292	0,9	2	2,87
10	Ø57	283	0,253	1,6	1	4,21
11	Ø60	120	2	0,469;0,387;0,354	3	2,75
12	Ø55	302	0,206	1	1	3,14
13	Ø50,2	295	0,292	0,9	1	2,87

Створення параметричної таблиці для розрахунку частоти обертання шпинделя для віртуального експерименту у пункті 3.

Створимо параметричну таблицю для визначення частоти обертання шпинделя у програмі Excel згідно формули 2,6 та ДОДАТКУ Е.

$$RPM_{max} = \frac{1000 \cdot VC}{DME \cdot \pi}, \quad \text{м (2.6)}$$

Де, RPM_{max} – n, частота обертання шпинделя, (об/хв)

$DME - d$, кінцевий діаметр поверхні після механічної обробки, для кожного переходу, (мм);

π - число пі.

Визначаємо нижній рівень швидкості різання для кожного переходу згідно формули 2,7, та округливши до цілого значення:

$$VC_1 = VC_0 - 10\%, \text{м/хв} \quad (2.7)$$

де VC_0 – табличне значення швидкості

- 1) $VC_1 = 353 - 10\% = 318$ м/хв;
- 2) $VC_1 = 295 - 10\% = 266$ м/хв;
- 3) $VC_1 = 283 - 10\% = 255$ м/хв;
- 4) $VC_1 = 120 - 10\% = 108$ м/хв;
- 5) $VC_1 = 302 - 10\% = 272$ м/хв;
- 6) $VC_1 = 295 - 10\% = 266$ м/хв;
- 7) $VC_1 = 302 - 10\% = 272$ м/хв;
- 8) $VC_1 = 251 - 10\% = 226$ м/хв;
- 9) $VC_1 = 295 - 10\% = 266$ м/хв;
- 10) $VC_1 = 283 - 10\% = 255$ м/хв;
- 11) $VC_1 = 120 - 10\% = 108$ м/хв;
- 12) $VC_1 = 302 - 10\% = 272$ м/хв;
- 13) $VC_1 = 295 - 10\% = 266$ м/хв;

Визначимо верхній рівень швидкості різання згідно формули 2,8

$$VC_2 = VC_0 + 10\%, \quad (2.8)$$

- 1) $VC_2 = 353 + 10\% = 388$ м/хв;
- 2) $VC_2 = 295 + 10\% = 325$ м/хв;
- 3) $VC_2 = 283 + 10\% = 311$ м/хв;
- 4) $VC_2 = 120 + 10\% = 132$ м/хв;
- 5) $VC_2 = 302 + 10\% = 333$ м/хв;
- 6) $VC_2 = 295 + 10\% = 325$ м/хв;
- 7) $VC_2 = 302 + 10\% = 333$ м/хв;

- 8) $VC_2 = 251 + 10\% = 276$ м/хв;
 9) $VC_2 = 295 + 10\% = 325$ м/хв;
 10) $VC_2 = 283 + 10\% = 311$ м/хв;
 11) $VC_2 = 120 + 10\% = 132$ м/хв;
 12) $VC_2 = 302 + 10\% = 333$ м/хв;
 13) $VC_2 = 295 + 10\% = 325$ м/хв;

Виходячи з отриманих результатів можна побачити, що деякі досліджувані поверхні мають однакові параметри, а тому й однакову швидкість різання. Тому для виконання віртуального експерименту пропонується обрати поверхні, що не повторюються: 1,2,3,4,5,6,7,8

Результати розрахунку вставимо у таблицю 2.10

Таблиця 2.10 – Розрахунок рівнів швидкості різання та частот обертання шпинделя для операції 030

Номер переходу згідно ескізу	Кінцевий діаметр обробки (DME)	Швидкість різання (нульовий рівень)	Швидкість різання (нижній рівень)	Швидкість різання (верхній рівень)	Частота обертання шпинделя (нульовий рівень)	Частота обертання шпинделя (нижній рівень)	Частота обертання шпинделя (верхній рівень)
	d,(мм)	VC0,(м/хв)	VC1,(м/хв)	VC2,(м/хв)	n0,(об/хв)	n1,(об/хв)	n2,(об/хв)
1	65,2	353	318	388	1723	1552	1894
2	60,2	295	266	325	1560	1406	1718
3	57	283	255	311	1580	1424	1737
4	60	120	108	132	637	573	700
5	55	302	272	333	1748	1574	1927
6	50,2	295	266	325	1871	1687	2061
7	46	302	272	333	2090	1882	2304
8	77	251	226	276	1038	934	1141

Нормування операції ґрунтується на визначені Основного технологічного необхідного часу, допоміжного часу, оперативного часу, норми штучного часу, для обробки поверхонь для кожного технологічного переходу на механічній операції.

На основі отриманого раніше звіту з програми Sandvik tool guide, визначимо основний та допоміжний час для операції 030, отримані данні запишемо у таблицю 2.11.

Таблиця 2.11 – час точіння поверхонь на токарній операції

Номер поверхні	Оброблюваний діаметр, мм	Довжина точіння, мм	Основний час, хв:с	Допоміжний час, хв:с	Машинний час, хв:с	Кількість функцій, шт
1	Ø65,2	358	01:00,600	00:02,208	01:03,000	20
2	Ø60,2	220	00:34,560	00:01,380	00:35,940	35,2
3	Ø57	5	00:01,506	00:00,092	00:01,596	809
4	Ø60	30	00:05,214	00:05,000	00:05,712	173
5	Ø55,2	170	00:08,340	00:00,337	00:08,640	146
6	Ø50,2	45	00:08,820	00:00,518	00:09,300	138
7	Ø46	12	00:13,920	00:00,636	00:14,580	87,3
8	Ø77	170	00:19,980	00:01,056	00:21,060	60,9
9	Ø60,2	178	00:23,520	00:01,104	00:24,600	51,7
10	Ø57	5	00:01,506	00:00,092	00:01,596	809
11	Ø60	30	00:05,214	00:05,000	00:05,712	173
12	Ø55,2	227	00:32,700	00:01,428	00:34,140	37,2
13	Ø50,2	80	00:10,620	00:00,544	00:11,160	114

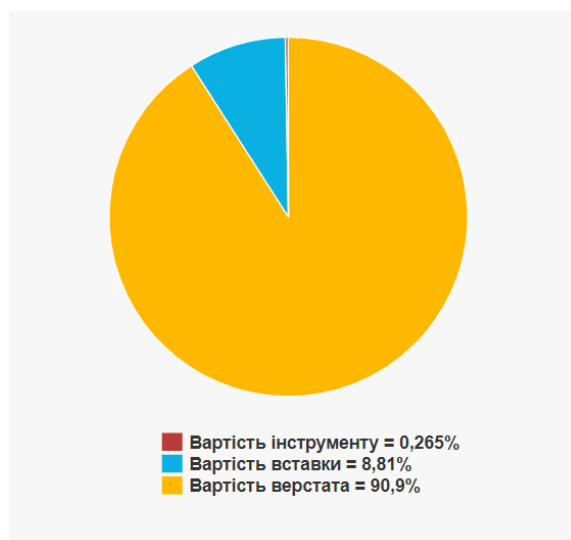


Рисунок 2.10 – Діаграма вартості обробки для поверхні 2

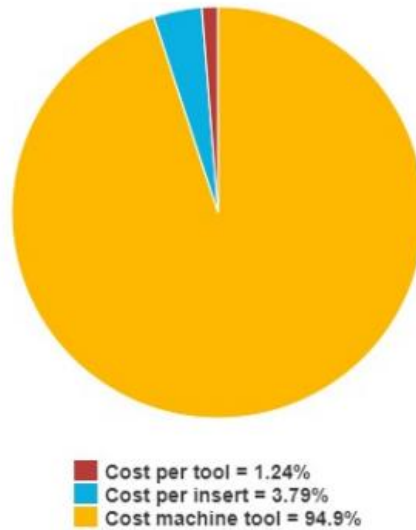


Рисунок 2.11 – Діаграма вартості обробки поверхні 6

Діаграма залежності ціни від вартості інструменту на обробку поверхні, показує, що загальну частину витрати бере на себе вартість верстата 95%, коли на пластину та хвостовик припадає сумарно 5%.

2.8 Висновок

У першому під пункті другого пункту, ми провели аналіз заготовки та визначили, оптимальну схему базування заготовки. Для виконання процесу точіння, деталь закріплюється у центрах, з опором в лівий торець, та для запобігання радіального биття використовується люнет.

Було визначено раціональність закріплення заготовки на механічних операціях для наявного технологічного процесу. Вибраний метод отримання заготовки з ефективним використанням заготівельного матеріалу. За результатами аналізу, вибрали раціональний метод отримання заготовки: шляхом отримання поковки штампованої на горизонтально-кувальних машинах. Для виконання поставлених задач, обробки деталі на токарній операції 030 було запропоновано використовувати як оброблювальну машину, верстат токарний фірми HAAS моделі ST40L.

Для надійної роботи, після розрахунків силових факторів обробки деталі, були обрано різальне та вимірювальне устаткування для токарної операції 030,

визначено використання різців для обраних поверхонь. За допомогою програми Sandvik tool guide, було визначено рекомендовані режими різання та їх діапазон обробки використовуючи для цього визначені різці. На основі отриманих даних виконаємо планування віртуального експерименту у пункті 3.

3. Дослідження, спрямоване на удосконалення існуючого технологічного процесу виготовлення деталі

Метою проведення віртуального експерименту є проведення дослідження по зміні і впливу швидкості різання та подачі на фактори стану деталі. Була проаналізована токарна операція 030, в результаті чого за допомогою програми Sandvik tool Guide, були визначені раціональні режими різання. Необхідно провести дослідження по впливу залежності параметрів різання, таких як швидкість, температур, стійкість інструменту, на оброблювану поверхню. Для проведення віртуального експерименту, спочатку необхідно виконати повнофакторний експеримент з визначенням діапазонів режимів різання під час обробки певної поверхні, для цього необхідно створити параметричну таблицю декодування швидкості різання та подачі, під час виконання механічної операції. Виконання експерименту відбувається за допомогою додаткових програм Start, та Minitab.

Виконаємо планування експерименту за методикою повнофакторного експерименту. Методика повнофакторного експерименту передбачає варіювання усіх можливих варіантів рівнів факторів. Під фактором розуміємо технологічні параметри, що змінюються у ході експерименту. Такими факторами є швидкість різання, та подача. Відповідно рівнями факторів є значення які приймає фактор у тому чи іншому досліді.

Виділяють декілька рівнів факторів. Зокрема, нульовим рівнем фактору визначено розрахункові значення швидкості різання та подачі, розраховані у інтерфейсі програми Sandvik Tool Guide. Нижнім рівнем фактору є значення технологічного параметру на 10% менше ніж значення нульового рівня фактору. Верхнім рівнем фактору є значення технологічного параметру на 10% більше ніж значення нульового рівня фактору. Заповнимо таблицю матрицю планування експерименту, варіюючи рівні факторів швидкості різання та подачі (Табл. 2.11).

Таблиця 3.1 - Вихідні дані для планування експерименту

Назва фактору	Нульовий рівень фактору	Нижній рівень фактору	Верхній рівень фактору
Швидкість різання, (м/хв)	0	-1	+1
Подача, (мм/об)	0	-1	+1
Глибина різання, (мм)**	const	const	const

Таблиця 3.2 – Кодування факторів повнофакторного експерименту

№ досліду	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм)
1	+1	+1	Const
2	+1	-1	const
3	-1	+1	const
4	-1	-1	const
5	0	0	const

Для виконання експерименту пропонується обрати 4 поверхні: 1,3,6,8

Згідно таблиці 2.13 для експерименту необхідно додатково визначити діапазон зміни подачі на обробку. Для цього використовуючи значення з таблиці 2.9 розрахуємо нижній діапазон подачі для операції 030, за формулою (2.9). глибину різання обираємо за тією ж таблицею.

$$SC_1 = SC_0 - 10\%, \text{мм/об} \quad (2.9)$$

Де SC_0 - нульова подача

Тоді для поверхонь :

$$1) SC_1 = 0,206 - 10\% = 0,1854, \text{мм/об};$$

$$3) SC_1 = 0,253 - 10\% = 0,2277, \text{мм/об};$$

$$6) SC_1 = 0,292 - 10\% = 0,2628, \text{мм/об};$$

$$8) SC_1 = 0,493 - 10\% = 0,4437, \text{мм/об};$$

Визначимо верхній діапазон подачі згідно формули 2.10.

$$SC_1 = SC_0 + 10\%, \text{мм/об} \quad (2.10)$$

$$1) SC_1 = 0,206 + 10\% = 0,2266, \text{мм/об};$$

$$3) SC_1 = 0,253 + 10\% = 0,2783, \text{мм/об};$$

$$6) SC_1 = 0,292 + 10\% = 0,3212, \text{мм/об};$$

$$8) SC_1 = 0,493 + 10\% = 0,5423, \text{мм/об};$$

Використовуючи схему таблиці 2.13 виконаємо декодування факторів різання. Отримані данні запишемо до таблиць 2.14-2.17

Таблиця 3.3 – Декодування рівнів факторів для чистової обробки поверхні 1

№ досліду	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм) **
1	388	0,2266	0,9
2	388	0,1854	0,9
3	318	0,2266	0,9
4	318	0,1854	0,9
5	353	0,206	0,9

Таблиця 3.4 – Декодування рівнів факторів для чистової обробки поверхні 3

№ досліду	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм) **
1	311	0,2783	1,6
2	311	0,2277	1,6
3	255	0,2783	1,6
4	255	0,2277	1,6
5	283	0,253	1,6

Таблиця 3.5 – Декодування рівнів факторів для чистової обробки поверхні 6

№ досліду	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм) **
1	325	0,3212	0,9
2	325	0,2628	0,9
3	266	0,3212	0,9
4	266	0,2628	0,9
5	295	0,292	0,9

Таблиця 3.6 – Декодування рівнів факторів для чистової обробки поверхні 8

№ досліду	Швидкість різання, (м/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм) **
1	276	0,5423	1
2	276	0,4437	1
3	226	0,5423	1
4	226	0,4437	1
5	251	0,493	1

Отримані дані показують, що обробка деталі в межах однієї операції, на одному переході може відбуватися за рахунок різних діапазонів режимів різання. Що в першу чергу залежить від стійкості верстата. Для виконання наступних експериментів узагальнимо та перенесемо отримані дані, до таблиці 2.18

Таблиця 3.7 – Узагальнені дані для віртуального експерименту

Маркування пластини/ номер дослідю	З таблиці 2.12					Табл.2.10		З таблиці 2.14- 2.17	
	Головний кут в плані (ϕ°)	Кут при вершині (ϵ°)	Допоміжний кут в плані (ϕ°)	Задній кут (α°)	Радіус при вершині (r , мм)	Швидкість різання, м/хв	Частота обертання, (об/хв)	Подача, (мм/об)	Глибина різання, (мм)
Поверхня 1 d67 CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794	388	1927	0,2266	0,9
2						388	1927	0,1854	0,9
3						318	1574	0,2266	0,9
4						318	1574	0,1854	0,9
5						353	1748	0,206	0,9
Поверхня 3 d60,2 VNMG 16 04 12-PM 4325						93	35	52	0
2	311	1737	0,2277	1,6					
3	255	1424	0,2783	1,6					
4	255	1424	0,2277	1,6					
5	283	1580	0,253	1,6					
Поверхня 6 d52 CP-A1108-L5 4325	30	35	115	6	0,794				
2						325	2061	0,2628	1
3						266	1687	0,3212	1
4						266	1687	0,2628	1
5						295	1871	0,292	1
Поверхня d79 SNMG 12 04 12-PR 4325						45	90	45	0
2	276	1141	0,4437	1					
3	226	934	0,5423	1					
4	226	934	0,4437	1					
5	251	1038	0,493	1					

Після узагальнення всіх отриманих даних, проведемо віртуальний експеримент використовуючи програми «Start», та «Minitab».

Виконання віртуального експерименту починається з визначення характеристик процесу різання при точінні (див.рис.2.12).

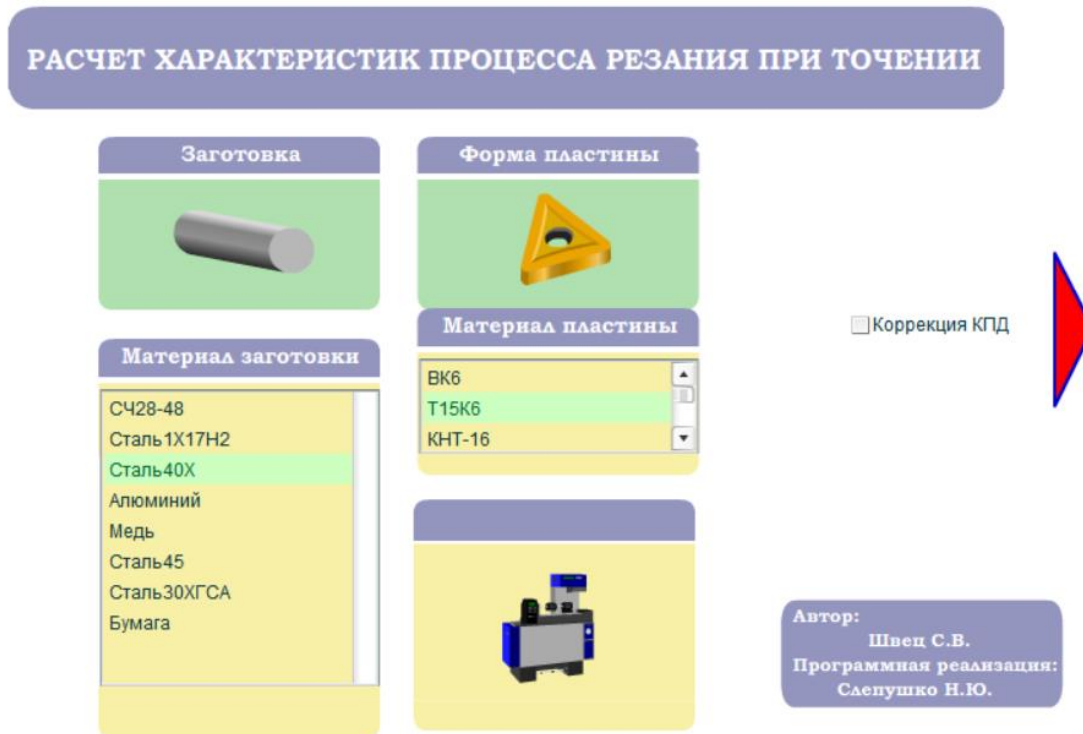


Рисунок 3.1 – Розрахунок характеристик процесу різання

Для виконання дослідів необхідно вписати у програму параметри заготовки, геометрії різця, та режими різання, як видно на рисунку 2.13

Після визначення параметрів різання заготовки, згідно таблиці 2.18 виконуємо по п'ять дослідів для кожної оброблювальною поверхні Результати дослідів по обробці кожної поверхні записуємо до програми Minitab, та вносимо у таблицю 2.19-2.22.

Таблиця 3.8 – Результати розрахунків дослідів для поверхні «1» у програмі

Start

№дослідів	Швидкість різання, (м/хв)	Частота обертання шпинделя, об/	Подача,(мм/об)	Температура різання,(°С)	Шорсткість поверхні, Ra (мкм)	Стійкість інструменту, (хв)
1	388	1927	0,2266	1111	2,53	836
2	388	1927	0,1854	1073	1,70	998
3	318	1574	0,2266	1022	2,56	986
4	318	1574	0,1854	986	1,74	1174
5	353	1748	0,2060	1014	2,11	970

Таблиця 3.9 – Результати розрахунків дослідів для поверхні «3» у програмі

Start

№дослідів	Швидкість різання, (м/хв)	Частота обертання шпинделя, об/	Подача,(мм/об)	Температура різання,(°С)	Шорсткість поверхні, Ra (мкм)	Стійкість інструменту, (хв)
1	311	1737	0,2783	1094	2,53	5076
2	311	1737	0,2277	1055	1,7	6084
3	255	1424	0,2783	1036	2,74	6046
4	255	1424	0,2277	1000	1,84	7235
1	283	1580	0,2530	1041	2,06	6117

Таблиця 3.10 – Результати розрахунків дослідів для поверхні «б» у програмі Start

№дослідів	Швидкість різання, (м/хв)	Частота обертання шпинделя, об/	Подача,(мм/об)	Температура різання,(°С)	Шорсткість поверхні, Ra (мкм)	Стійкість інструменту, (хв)
1	325	2061	0,3212	1072	4,97	507
2	325	2061	0,2628	1033	3,52	781
3	266	1687	0,3212	1015	5,32	798
4	266	1687	0,2628	984	3,77	932
1	295	1871	0,2920	1020	4,15	796

Таблиця 3.11 – Результати розрахунків досліду для поверхні «8» у програм

Start

№досіду	Швидкість різання, (м/хв)	Частота обертання шпинделя, об/	Подача,(мм/об)	Температура різання,(°C)	Шорсткість поверхні, Ra (мкм)	Стійкість інструменту, (хв)
1	276	1141	0,5423	1147	9,97	692
2	276	1141	0,4437	1105	6,59	837
3	226	934	0,5423	1172	11,73	852
4	226	934	0,4437	1129	7,74	1031
1	251	1038	0,4930	1146	8,72	838

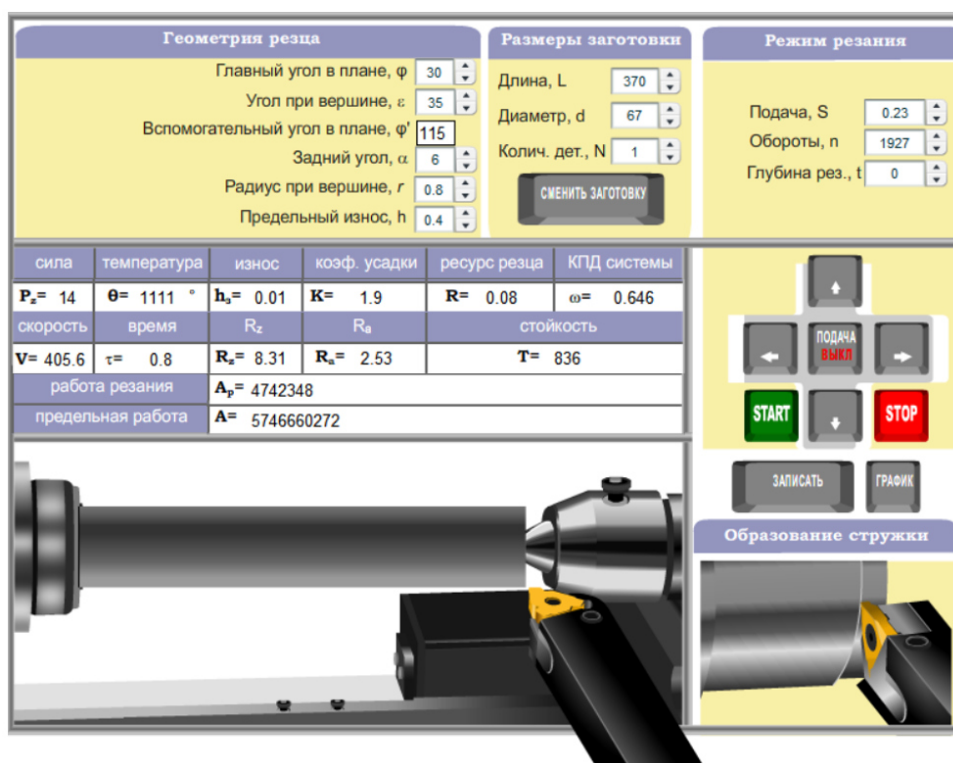


Рисунок 3.2 – Приклад результатів виконання віртуального експерименту

Після визначення розрахункових режимів різання, побудуємо графіки виконаємо графічний аналіз залежності факторів різання від діапазону зміни режимів різання, проаналізуємо їх вплив, на обробку під час точіння деталі.

Результати досліду для оброблюваної поверхні 1: представлені на рисунках 2.14-2.16, для поверхні 3 : 2.17 – 2.19, для поверхні 6: 2.20 – 2.22, для поверхні 8: 2.23 – 2.25.

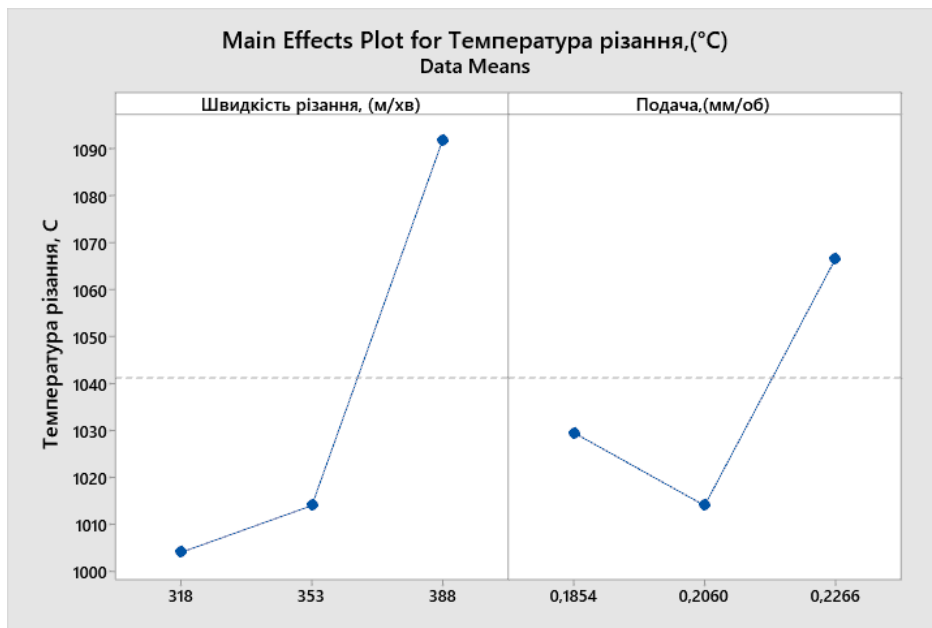


Рисунок 3.3 – Графік залежності температури різання від швидкості різання та подачі для поверхні 1

Проведений дослід дає деяке уявлення про залежність режимів різання від обраних параметрів, як видно на рисунку 2.14 температура різання піднімається з 1000 °, до 1015 ° при збільшенні швидкості різання з 318 м/с до 353 м/с, , що здається не суттєвим , але при зподальшому збільшенні на 35 м/с до 388 м/с, ми бачимо що швидкість різання збільшується на 80°, швидкість обробки 1 поверхні змінюється. Температура з 1030 ° зменшується до 1020 °, при збільшенні подачі від 0,1854 мм/об до 0,206 мм/ об, але при збільшенні до 0,2266 мм/об температура стрімко зростає.

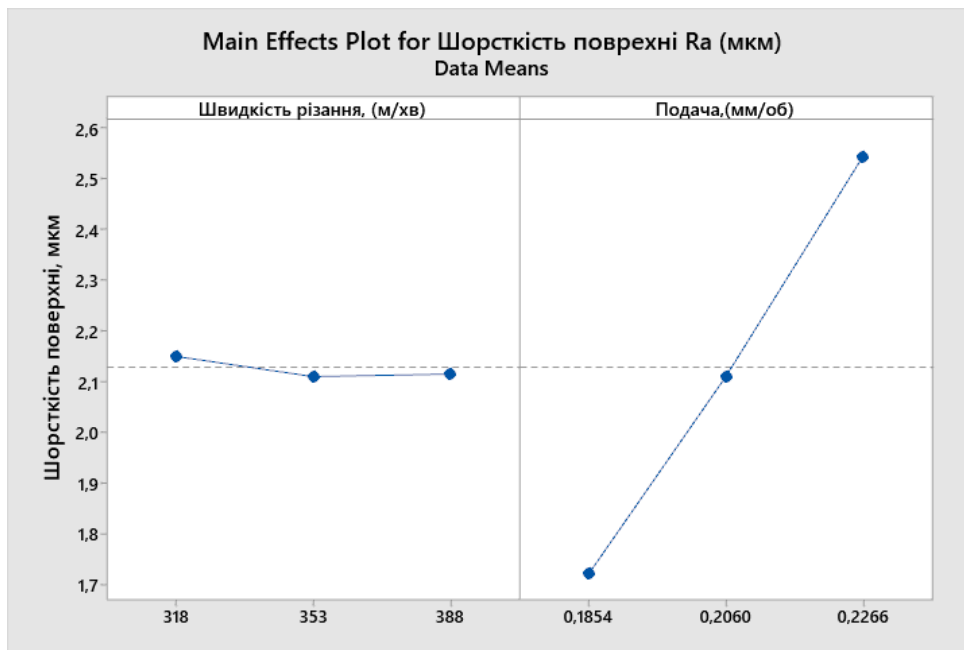


Рисунок 3.4 – Графік залежності шорсткості від швидкості різання та подачі для поверхні 1

Шорсткість поверхні при зміні швидкості різання з 318 м/с, до 388 м/с залишається у межах 2.2 мкм. А при збільшенні подачі з 0,1854 до 0,2266 шорсткість поверхні збільшується з 1,7 мкм до 2.6 мкм.

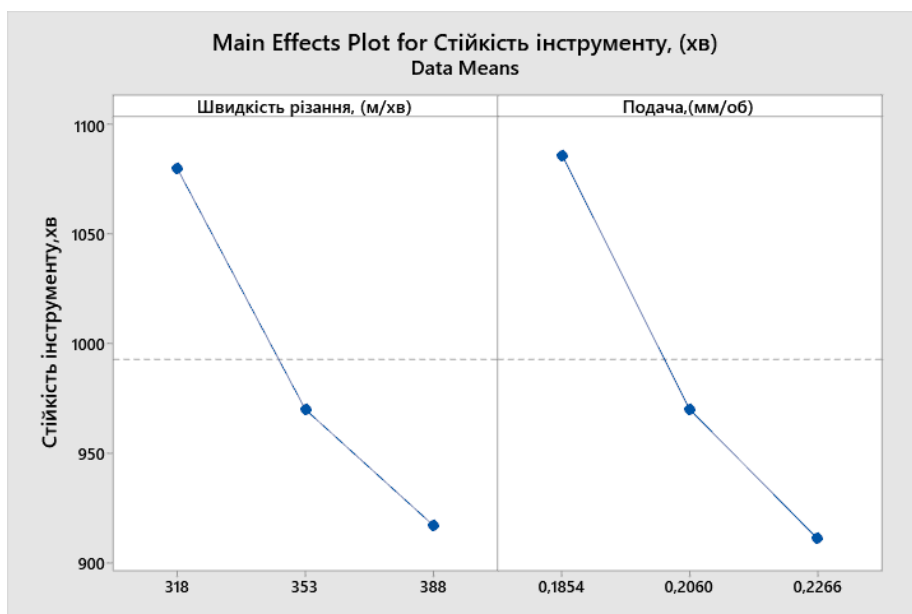


Рисунок 3.5 – Графік залежності стійкості інструменту від швидкості різання для поверхні 1

Стійкість інструменту зменшується пропорційно від 1100 хв до 920 хв, при збільшенні швидкості різання до 388 м/с, та подачі до 0,2266 мм/об.

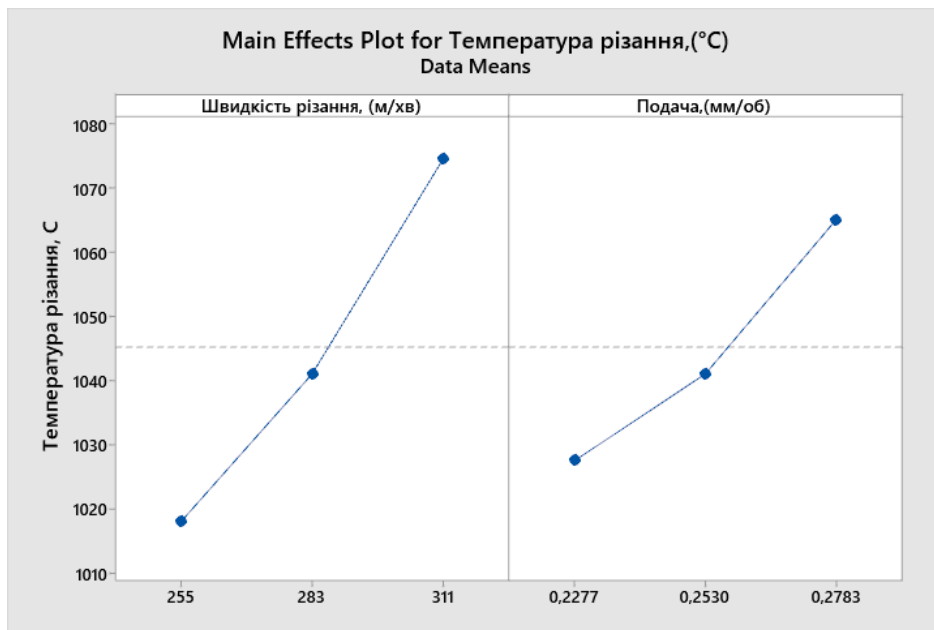


Рисунок 3.6 – Графік залежності температури різання від швидкості різання та подачі для поверхні 3

При збільшенні швидкості різання з 255 м/хв, до 311 м/хв температури різання на поверхні 3, збільшується з 1020°, до 1080°. Зі збільшеннями подачі температура різання також зростає з 1030°, до 1065°.

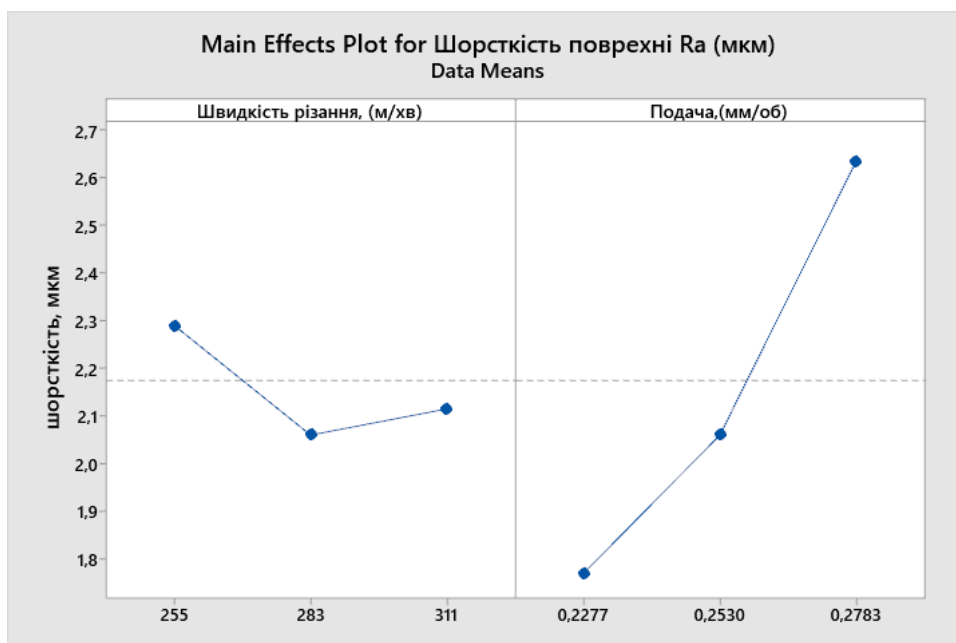


Рисунок 3.7 – Графік залежності шорсткості від швидкості різання та подачі для поверхні 3

Шорсткість поверхні при зміні швидкості різання з 255 м/с, до 311 м/с зміншується з 2,3 мкм до 2,1 мкм. А при збільшенні подачі з 0,2277 до 0,2783 шорсткість поверхні збільшується з 1,8 мкм до 2,65 мкм

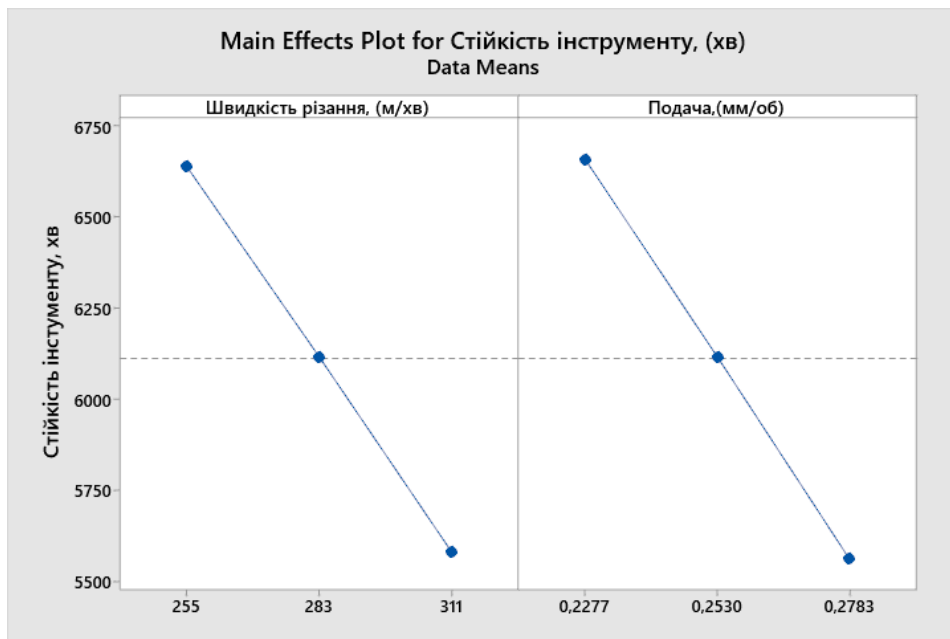


Рисунок 3.8 – Графік залежності стійкості інструменту від швидкості різання для поверхні 6

Стійкість інструменту зменшується пропорційна від 6600 хв до 5600 хв, при збільшенні швидкості різання з 255 до 311 м/с, та подачі з 0,2277 до 0,2783 мм/об.

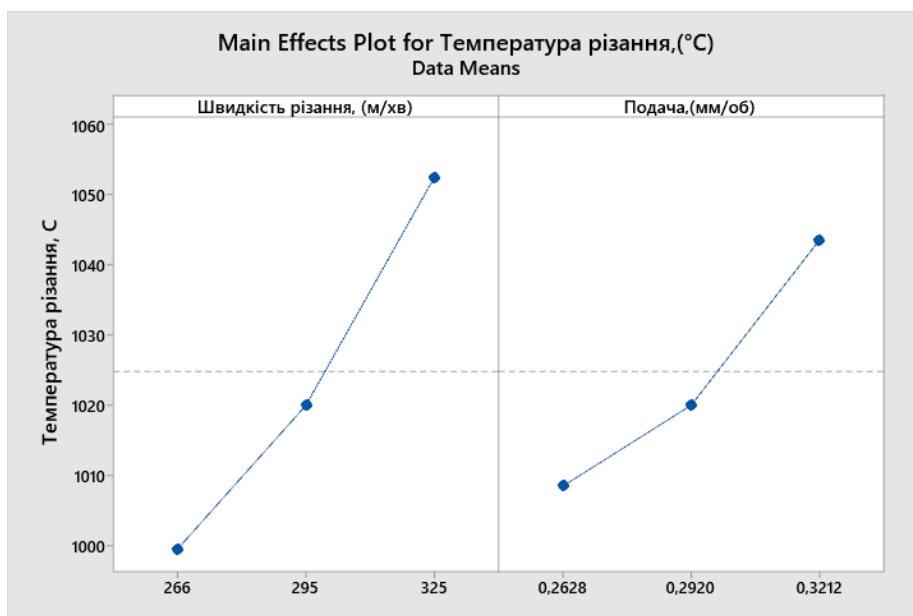


Рисунок 3.9 – Графік залежності температури різання від швидкості різання та подачі для поверхні 3

При збільшенні швидкості різання з 266 м/хв, до 325 м/хв температури різання на поверхні збільшується з 1000°, до 1055°. Зі збільшеннями подачі від 0,2628 до 0,3212 температура різання також зростає з 1010 гр, до 1045 гр.

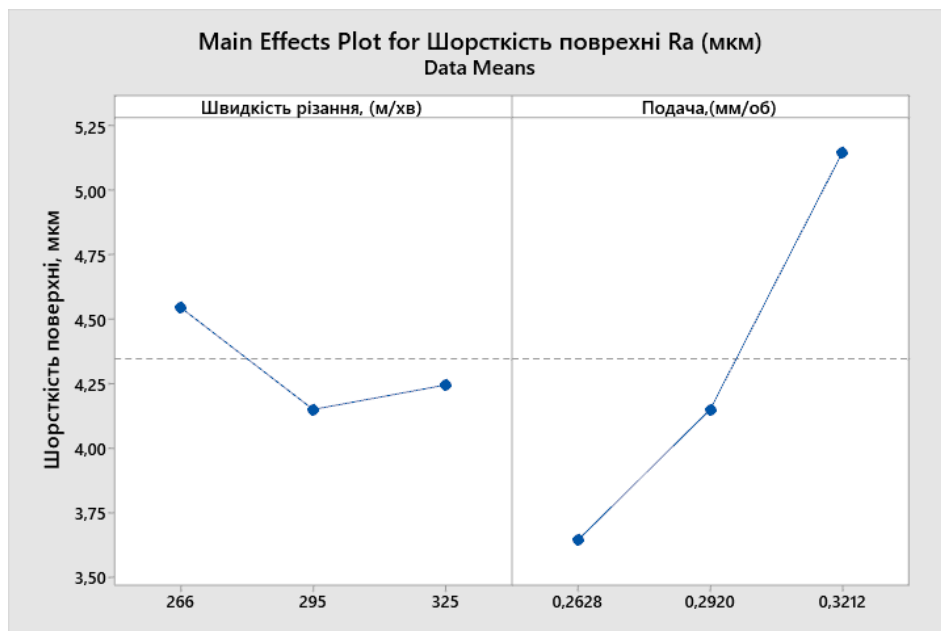


Рисунок 3.10 – Графік залежності шорсткості від швидкості різання та подачі для поверхні б

Шорсткість поверхні при зміні швидкості різання з 266 м/с, до 325 м/с зміншується з 4,6 мкм до 4,25 мкм. А при збільшенні подачі з 0,2628 до 0,3212 шорсткість поверхні збільшується з 3,6 мкм до 5,2 мкм

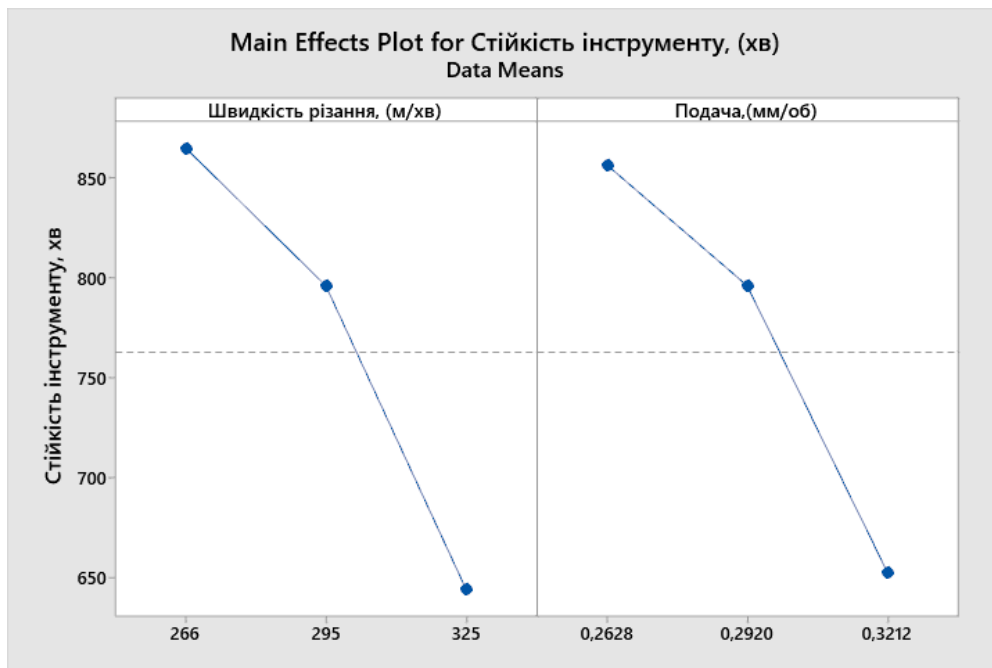


Рисунок 3.11 – Графік залежності стійкості інструменту від швидкості різання для поверхні 6

Стійкість інструменту зменшується пропорційна від 860 хв до 640 хв, при збільшенні швидкості різання з 266 до 325 м/с, та подачі з 0,2628 до 0,3212 мм/об.

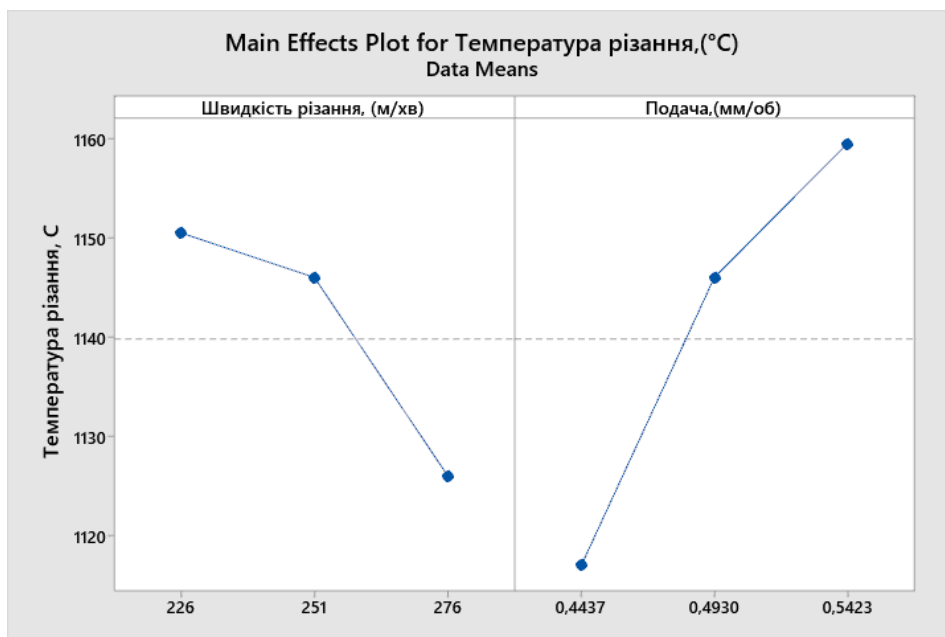


Рисунок 3.13 – Графік залежності температури різання від швидкості різання та подачі для поверхні 8

При збільшенні швидкості різання з 266 м/хв, до 325 м/хв температури різання на поверхні зменшується з 1150°, до 1125°. Зі збільшеннями подачі від 0,4437 до 0,5423 температура різання зростає з 1110°, до 1160°.

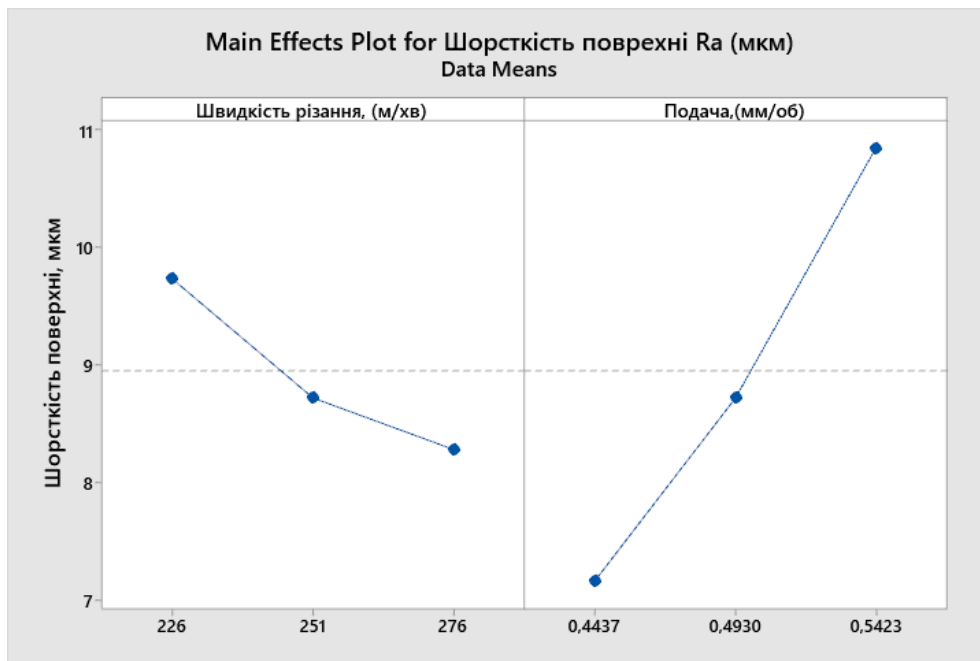


Рисунок 3.12 – Графік залежності шорсткості від швидкості різання та подачі для поверхні 8

Шорсткість поверхні при зміні швидкості різання з 226 м/с, до 276 м/с зміншується з 9,7 мкм до 8,4 мкм. А при збільшенні подачі з 0,4437 до 0,5423 шорсткість поверхні збільшується з 7,1 мкм до 10,9 мкм

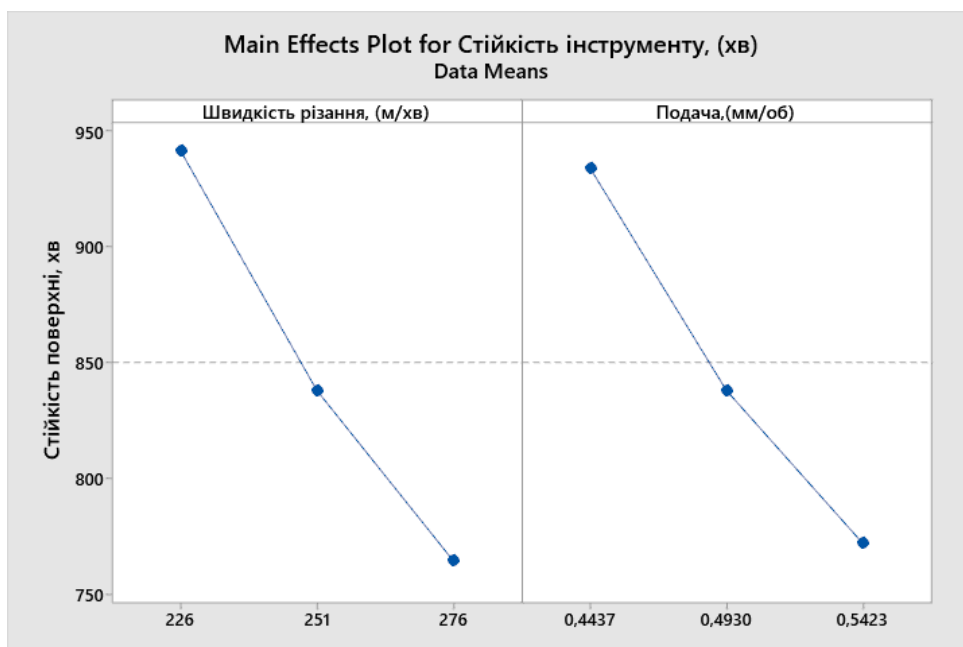


Рисунок 3.14 – Графік залежності стійкості інструменту від швидкості різання для поверхні 8

Стійкість інструменту зменшується пропорційно однаково від 940 хв до 760 хв, при збільшенні швидкості різання з 226 до 276 м/с, та подачі з 0,4437 до 0,5423 мм/об.

3.1 Висновки по залежності режимів різання

Температура різання, що виникає під час процесу різання, може впливати на сам процес точіння, завдяки зміні властивостей оброблюваного матеріалу деталі, та різального інструменту. Зі збільшенням швидкості різання, збільшується і потужність самого різання, але ця залежність є не пропорційною, тому зі збільшення швидкості різання – сила різання зменшується із за зменшення коефіцієнта усадки. Також зменшується частина тепла, яка переходить до інструменту, отже частина тепла залишається в стружці, зростання температури різання сповільнюється.

Для оцінки впливу температури на властивості матеріалу, що оброблюється слід враховувати такі фактори: швидкість деформації інструменту, та тривалість впливу температури під часу процесу обробки.

Зі збільшенням подачі, завдяки збільшенню товщини зрізаного шару, зростає кількість теплоти, що виділяється. При збільшенні одночасно площі зони контакту пластини зі стружкою. На відміну від впливу збільшення глибини різання, із за більшої зони контакту різця, відвід теплоти більш утруднений, тому вплив подачі на температуру сильніше, ніж глибина різання. З цього випливає, що вплив швидкості на температуру відстає від впливу подачі.

Виходячи з результатів проведених дослідів по обробці поверхонь: 1,3,6,8 які мають різні діаметри, з різними режимами різання, використовуючи різні різальні пластини ми бачимо на отриманих графіках, що значення температури має коливальні залежності та не є пропорційним до збільшення параметрів процесів різання. На прикладі графіку (див. рис. 2.23) Має схильність до підвищення чи пониження залежно від збільшення або зменшення швидкості різання.

Залежність шорсткості

Параметр шорсткості поверхні залежить від багатьох факторів, а саме: від режимів різання, геометрії інструмента, застосування МОР тощо.

Розглянемо вплив швидкості різання на висоту нерівностей наросту.

Якщо оброблюваний матеріал має невелику схильність до наростоутворення, то при збільшенні швидкості різання, висота наросту поступово зменшується. Це пов'язано зі зменшенням коефіцієнту тертя та ступені пластичної деформації. При збільшенні швидкості різання висота наросту росте до максимального значення, після чого подальше збільшення швидкості різання, сприяє зменшенню висоти наросту, і тому шорсткість R_z , зменшується. Обробку точінням слід проводити при оптимальних температурних умовах, швидкостях, що попереджають утворення наросту, або перевищують його граничні значення появи

Збільшення показника шорсткості від зростання подачі пояснюється при збільшенні отриманої висоти нерівностей поверхні, та залишкових перетинів зрізаного шару. Якщо постійно зменшувати подачу, то значення шорсткості зменшиться до деякого значення S , але після проходження мертвої точки відновить своє зростання. Це пов'язано з тим, що зі зменшенням значення товщини зрізаного шару, воно спів розмірне з радіусом різальної кромки r , і процес утворення стружки стає нестабільним. Через що, зростає степінь деформації матеріалу, сили тертя і висота мікро нерівностей поверхні.

За отриманими даними з графіків, можна побачити зміни параметру шорсткості від швидкості різання, та подачі. Залежність отриманої Шорсткості поверхні, виглядає як зменшення параметру шорсткості, у сторону зменшення, а отже отримання кращої якості поверхні від збільшення швидкості різання. На отримане значення, істотно впливає подача різця до заготовки.

Залежність стійкості

Стійкість інструмента називають здатність різального інструменту зберігати свої властивості під час роботи, а час протягом якого, це відбувається – періодом стійкості.

Показник стійкості інструменту залежить від виду механічних властивостей оброблюваного матеріалу, параметрів режиму різання, геометрії інструменту.

З результатів дослідів , видно, що стійкість інструменту в прямо пропорційна від швидкості різання, та подачі і визначається майже однаковими значеннями. Велике значення у стійкості інструменту має задній кут α . Кут забезпечує свободу переміщення задньої поверхні відносно поверхні різання, а також зменшує тертя між ними. Чим більше значення заднього кута, ти менша ширина площі контакту інструменту з поверхнею різання. Що сприяє до зменшення сили тертя на задній поверхні, отже виділяється менше теплоти, що проходить через задню поверхню. Вказані фактори, зменшують температуру різання, що зменшує зношення, і підвищує стійкість інструменту.

ВИСНОВКИ

Під час виконання дипломного проекту було визначено основні положення, щодо доцільності виготовлення деталі типу вал. Було визначено та проаналізовано основний технологічний процес виготовлення деталі, та запропоновано методи його покращення, шляхом автоматизація вибору новітнього устаткування для токарних операцій. Визначили технічну та економічну доцільність отримання заготовки для подальшого спрощення автоматизації процесу точіння.

Було поведено ряд віртуальних експериментів за допомогою програми Sandvik tool Guide, для визначення оптимальних маршрутів різання, та режимів що задовольняє поставлені технічні умови на виготовлення деталі. Для обраного процесу точіння деталі, переважно були обрані сучасні технологічні верстатні машини, такі як ST40L, та VF7/40.

Завданням другого віртуального експерименту стояло визначення залежності процесу точіння на поверхню заготовки. По результатах повнофакторного експерименту з допомогою програми Start та Minitab, отримали результати залежності параметрів температури, стійкості та шорсткості від параметрів різання: швидкості та подачі. Отримані результати проаналізували та зобразили на графіках .

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Бойко, Ю. І. Технологія машинобудування. Курсове проектування: навч. посіб. / Ю. І. Бойко, О. А. Литвиненко. – Київ: НУХТ, 2018. – 195 с.
2. Добрянський, С. С. Технологічні основи машинобудування. [Електронний ресурс]: підручник для студ. спеціальностей 131 «Прикладна механіка», 133 «Галузеве машинобудування» / С. С. Добрянський, Ю. М. Малафеев; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 379 с.
3. Мазур, М. П. Основи теорії різання матеріалів : підручник / М. П. Мазур, Ю. М. Внуков, В. Л. Доброскок, В. О. Залога та ін.; під заг. ред. М. П. Мазура. – 2-ге вид., перероб. і доп. – Львів : Новий Світ-2000, 2011. – 422 с.
4. Петров, О. В. Технологічна оснастка : навчальний посібник / О. В. Петров, С. І. Сухоруков. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 123 с.
5. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1 [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
6. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 2 [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 131 «Прикладна механіка» освітньо-професійної програми «Технології машинобудування» та освітньо-наукової програми «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; Ю.В.Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 102с.
7. Паливода Ю. Є. Технологія оброблення корпусних деталей : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла, Ів. Б. Гевко. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 156 с.
8. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення важелів та вилок : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ , 2013. – 56 с.

9. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення валів : навчальний посібник / Ю. Є. Паливода, І. Г. Ткаченко, Ю. Б. Капаціла. – Тернопіль : ТНТУ , 2016. – 198 с.
10. Паливода Ю. Є. Заготовки у машинобудівному виробництві : навчально-методичний посібник / Паливода Ю.Є., Дячун А.Є. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2023. – 148 с.
11. Паливода Ю.Є. Технологія оброблення зубчастих коліс : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» галузі знань 13 «Механічна інженерія» / укладачі : Ю. Є. Паливода, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : ТНТУ, 2016. – 136 с.
12. Паливода, Ю. Є. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник / Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Р. Я. Лещук. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. – 240 с.
13. Приходько, В. П. Розмірне моделювання та аналіз технологічних процесів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» / В. П. Приходько ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 249 с.
14. Паливода Ю. Є. Розмірні ланцюги : навчально-методичний посібник / укладачі : Ю. Є. Паливода, А. Є. Дячун, Ю. Б. Капаціла, І. Г. Ткаченко. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2018. – 132 с.
15. Технології формоутворення сучасних складнопрофільних деталей [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізацій «Технології виготовлення літальних апаратів», «Технології машинобудування» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: Ю. В. Петраков, С. В. Сохань, В. К. Фролов, В. М. Кореньков. – Електронні текстові дані. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 380 с.