

Факультет: інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

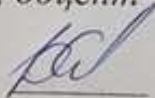
РОЗРАХУНКОВО-ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА


до дипломної роботи магістра на тему:
**Модернізація конструкції ділильної головки
УДГ-160 для застосування на верстатах з ЧПК**

Спеціальність: 131 – Прикладна механіка

Магістрант: Хаврус І.А. 

Керівник магістерської роботи: к. т. н., доцент

Савицький Ю.В. 

Рецензент: к.т.н., доцент Лук'янюк М.В. 

Робота допущена до захисту
Завідувач кафедри технології машинобудування
Ткачук В.П. _____

Хмельницький – 2022 року

Хмельницький національний університет

Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра Технології машинобудування
Спеціальність: 131 - Прикладна механіка

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ МАГІСТРА

магістру Хаврусь І. А.

Тема затверджена наказом ректора
'РЗ' від "1.07" 2022 р.

Тема роботи: **Модернізація конструкції ділильної головки
УДГ-160 для застосування на верстатах з ЧПК**

План роботи і терміни подання окремих розділів

Розділ I _____ 1.10.2022

Розділ II _____ 15.10.2022

Розділ III _____ 15.11.2022

Розділ IV _____ 1.11.2022

Перелік графічних матеріалів: 1. Мета і задачі досліджень - 1 лист; 2. Деталь - 1 лист; 3. Заготовка - 1 лист; 4. Головка модернізована - 1 лист; 5. Графотехнологія - 1 лист; 6. Пристрій для верстата з ЧПК - 1 лист.; 7. Контрольний пристрій - 1 лист; 8. Різальний інструмент - 1 лист; 9. Дослідний лист - 1 лист.

Термін подання закінченої роботи на кафедру ___ 12.12.2021

Завідувач кафедри _____ Ткачук В.П.

Керівник _____ Савицький Ю.В.

Магістр _____ Хаврусь І.А.

Реферат

магістерської дипломної роботи на тему:
**Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160 для
застосування на верстатах з ЧПК**

Здобувач: Хаврус І.А. Керівник: к.т.н., доц. Савицький Ю. В.

Магістерська робота Хаврус І. А. присвячена удосконаленню конструкції ділильної головки УДГ-160, з метою розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК із застосуванням при обробленні заготовок та підвищення точності обробки за умов зниження собівартості ділильної головки.

Запропоновані зміни до конструкції ділильної головки УДГ-160, є одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК, які дозволяють забезпечити обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа.

У технологічному розділі запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі черв'як із застосуванням верстатів з ЧПК.

Для здійснення технологічного процесу виготовлення деталі черв'як вибрано відповідне обладнання та різальний інструмент та виконані розрахунки припусків, режимів різання, та норм часу на виконання операцій оброблення.

Проведено розрахунки верстаного пристрою для фрезерування шпонкового пазу, з визначенням сили затиску, розрахунком елемента пристрою на міцність, на точність та приведено опис його роботи. Проведено розрахунки контрольного пристрою. Спроектовано збірний різець.

В дослідному розділі проведено дослідження і аналіз сучасних систем контролю точності оброблення на верстатах з ЧПК

В розділі охорона праці наведено вимоги безпеки виробничого устаткування. Приведено аналіз та визначено кількісні значення основних шкідливостей на ділянці та наведено розрахунок повітрообміну для холодного та теплого періодів року.

Автор:



Хаврус І.А.

/Підпис/

ВДГУК

на магістерську роботу Хаврусь І.А. «Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160 для застосування на верстатах з ЧПК»

Магістерська робота Хаврусь І. А. присвячена удосконаленню конструкції ділильної головки УДГ-160, з метою розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК із застосуванням при обробленні заготовок та підвищення точності обробки за умов зниження собівартості ділильної головки.

Запропоновані зміни до конструкції ділильної головки УДГ-160, є одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК, які дозволяють забезпечити обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа.

У технологічному розділі запропоновано новий технологічний процес виготовлення деталі черв'як із застосуванням верстатів з ЧПК.

Для здійснення технологічного процесу виготовлення деталі черв'як вибрано відповідне обладнання та різальний інструмент та виконані розрахунки припусків, режимів різання, та норм часу на виконання операцій оброблення.

Проведено розрахунки верстаного пристрою для фрезерування шпонкового пазу, з визначенням сили затиску, розрахунком елемента пристрою на міцність, на точність та приведено опис його роботи. Проведено розрахунки контрольного пристрою. Спроековано збірний різець.

В дослідному розділі проведено дослідження і аналіз сучасних систем контролю точності оброблення на верстатах з ЧПК

В розділі охорона праці наведено вимоги безпеки виробничого устаткування. Приведено аналіз та визначено кількісні значення основних шкідливостей на ділянці та наведено розрахунок повітрообміну для холодного та теплого періодів року.

Графічна частина виконана на доброму рівні з використанням комп'ютерного просторового проектування і дає повне уявлення про предмет розробки. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

По роботі є зауваження:

1. Бажано було би проводити розрахунок собівартості заготовки по новим цінам на метал.

Виходячи з результатів, які містяться в магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, який відповідає вимогам до магістерських праць, робота рекомендується до захисту, а здобувач Хаврусь І. А. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Доцент каф. галузевого машинобудування
та агроінженерії, к.т.н., доцент



Лук'янюк М.В.

Зразок заяви здобувача вищої освіти на перевірку кваліфікаційної роботи
на плагіат

Завідувачу кафедри

Технічної механікиВіталія П'якеску

здобувача вищої освіти (студента)

ПШБ, факультет, «курс», «група»

Коврига Ірина

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений (а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіатоповішений (а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (Unicheck та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

27.12.22

дата

Коврига Ірина

підпис

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ ПО КАФЕДРИ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів / ідентичності/схожості:

Назва: Удосконалення технологічного процесу виготовлення корпусу приводу гідронасоса ПМТ.04.014 із застосуванням верстатів з ЧПК фірми ХААС

Автор: Хаврусь І.А

Спеціальність: 131. Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка

Науковий керівник: Савицький Ю.В.

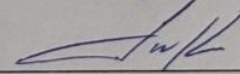
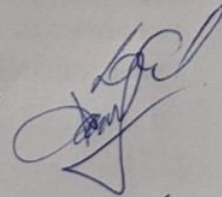
Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота <i>приймається до захисту.</i>	Текстові збіги виявлено у застосуванні типових методик: розрахунку режимів різання, нормування операцій, розрахунку верстатного та контрольного пристроїв. Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням. Передається на розгляд Експертної ради кафедри

Підтвердження:

керівник МКР
гарант освітньої програми
завідувач кафедри

Савицький Ю.В..
Гордєєв А..І
Ткачук В.П.



Дата

Підписи

ЗМІСТ

Зміст.....	4
Вступ	7

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ. ОБ'ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЛИЛЬНОЇ ГОЛОВКИ УДГ-160..... 9

1.1. Аналіз сучасного технологічного оснащення для верстатів з ЧПК.....	10
1.2. Аналіз об'єкта виробництва.....	20
1.3. Методи ділення у ділильних головок.....	21
1.4. Шляхи модернізації ділильної головки УДГ-160.....	25
Висновки до розділу 1 та завдання досліджень.....	25

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....

2.1 Модернізація ділильної головки УДГ-160.....	26
2.2. Будова та призначення крокового двигуна.....	26
2.3. Розрахунок пружної муфти за умовою обмеження тиску на робочих поверхнях.....	31
2.4 Керування кроковим двигуном з використанням контролера EasyDriver та Arduino.....	32
2.5 Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160.....	36
2.6 Проектування верстатного пристрою для фрезерування шпонкових пазів.....	37
2.6.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	37
2.6.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою.....	38
2.6.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	42
2.6.4 Розрахунок пристрою на точність.....	43

2.6.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи.....	45
2.7 Розрахунок та проектування вимірювального інструменту для контролю пов. Ø35f7(.....)	45
2.8. Розрахунок та проектування різального інструменту: різця прохідного із механічним кріпленням пластини.....	48
Висновки до розділу 2.....	51
РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	52
3.1.Опис конструкції деталі, її призначення та принцип роботи.....	52
3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі та методи їх забезпечення.....	53
3.3. Аналіз технологічності деталі.....	54
3.4. Попереднє визначення типу виробництва.....	55
3.5. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки.....	56
3.6. Вибір варіанту технологічного процесу по мінімуму приведених витрат.....	57.
3.7. Вибір верстатів, інструменту (різального, вимірювального) та технологічних баз.....	61
3.8. Проектування технологічного процесу виготовлення деталі.....	62
3.9. Розрахунок припусків.....	64
3.10. Вибір припусків на обробку інших поверхонь по таблицям нормативів.....	70
3.11. Розрахунок режимів різання (аналітично) на операцію свердлування отвору Ø4.....	70
3.12 Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів.....	76
3.13. Нормування технологічного процесу.....	78

Висновки до розділу 3.....	80
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДИЦЬКИЙ	81
4.1. Аналіз сучасних систем контролю точності оброблення на верстатах з ЧПК.....	81
4.1.1 Контактний спосіб вимірювання інструменту.....	81
4.1.2. Безконтактний спосіб вимірювання інструменту.....	86
Висновки до розділу 4.....	89
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	90
5.1. Безпечність виробничого устаткування.....	90
5.2. Використання штучної вентиляції.....	92
5.2.1. Нормативні значення параметрів мікроклімату.....	93
5.2.2. Визначення кількісних значень основних шкідливостей...	93
5.2.3. Розрахунок повітрообміну для холодного періоду року...	95
5.2.4. Розрахунок повітрообміну для теплого періоду року.....	96
5.2.5. Порядок організації роботи вентиляційних систем.....	98
Висновки до розділу 5.....	98
Загальні висновки по роботі.....	99
Список використаних джерел	100
Додатки	

ВСТУП

Машинобудівна область – основа науково-технічного прогресу в різних галузях промисловості. Безперервне вдосконалення та розвиток машинобудування пов'язано з прогресом верстатобудування, оскільки металорізальні верстати разом з іншими деякими видами технологічних машин, забезпечують виготовлення будь-яких нових видів обладнання.

Автоматизації верстатів завжди надавалося велике значення. На теперішній час необхідна автоматизація, що охоплює дрібносерійне і одиничне виробництво. В результаті науково-технічного прогресу були створені сучасні малогабаритні і надійні засоби комп'ютерної техніки промисловості. Одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК являється використання ділильних головок, що забезпечують обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установу. Також найбільш важливим питанням є економічне – придбання того чи іншого обладнання з системою ЧПК.

На теперішній час на ринку є великий вибір як самих верстатів, так і технологічного оснащення до них, але, на жаль, далеко не кожна пропозиція може мати реальне обґрунтування своєї вартості. В процесі застосування обробних центрів виникає завдання модернізації верстатів шляхом істотної зміни самих пристосувань і відповідно програмних засобів. Також постає питання про можливість модернізації звичайних верстатів та верстатів з ЧПК пристроями, які будуть забезпечувати достатній рівень точності, продуктивності, а також мати прийнятну вартість.

Актуальність теми дослідження

Технічна задача модернізації конструкції ділильної головки УДГ-160 полягає у тому, що замість ділильного диску на вал встановлено кроковий двигун NEMA23, який керує поворот патрона на певний кут за допомогою

подачі необхідної кількості імпульсів від керуючої програми верстата з ЧПУ, чим досягається розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПУ та підвищується точність обробки. Тому вдосконалення конструкції ділильної головки УДГ-160 є актуальною технічною задачею.

Мета роботи. Метою роботи є розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК із застосуванням при обробленні заготовок вдосконаленої конструкції ділильної головки УДГ-160, модернізованою за допомогою крокового двигуна NEMA23 та підвищення точності обробки за умов зниження собівартості ділильної головки.

Предмет дослідження – розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК.

Об’єкт дослідження – обґрунтування конструктивних параметрів ділильної головки УДГ-160 та її модернізація за допомогою крокового двигуна NEMA23.

Практичне значення одержаних результатів полягає в удосконаленні конструкції ділильної головки УДГ-160.

Запропоновані зміни до конструкції ділильної головки УДГ-160, є одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК, які дозволяють забезпечити обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа.

Задачі досліджень

Вдосконалити конструкцію ділильної головки УДГ-160 за допомогою застосування крокового двигуна NEMA23.

Розробити технологічний процес виготовлення модернізованої деталі черв’як.

Розробити конструкцію верстатного та контрольного пристрою для виготовлення деталі черв’як.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

ОБ’ЄКТ ВИРОБНИЦТВА ТА ШЛЯХИ МОДЕРНІЗАЦІЇ ДІЛИЛЬНОЇ

ГОЛОВКИ УДГ-160

1.1. Аналіз сучасного технологічного оснащення для верстатів з ЧПК

Проведемо аналіз сучасного модульного технологічного оснащення для верстатів фрезерної групи закордонних виробників та визначимо їх технологічні можливості.

Однією з груп таких модулів є поворотні столи та додаткове обладнання до них. Столи поворотні (ротаційні) одно- та двоосьові призначені для встановлення оброблюваної деталі та її повороту при обробці у позиційному або безперервному режимі. Частота обертання стола має безперервне регулювання, а положення стола може бути задане позиційно. Розробка і виготовлення таких модулів здійснюється багатьма фірмами. Відомими виробниками є такі фірми, як LEHMANN, UCAM, HAAS, ACUTRONIC тощо.

Верстатні вузли у вигляді координатних, координатно-силових та поворотних столів, які містять керовані обертові чи лінійні двигуни, дозволяють спростити конструкцію обладнання за умови збереження якості обробки. Так 3D-обробку можна виконувати на 5-осьовому верстаті або на 3-осьовому з поворотним двоохосьовим столом (3+2) (рис. 1.1) [1].

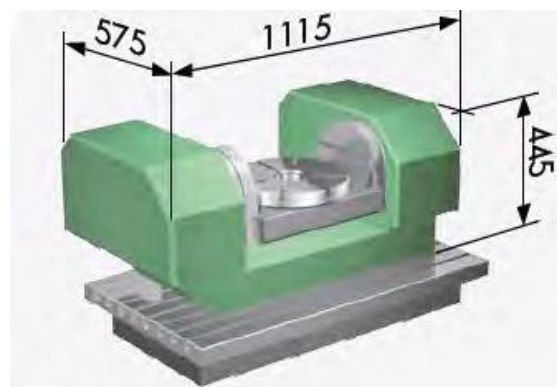
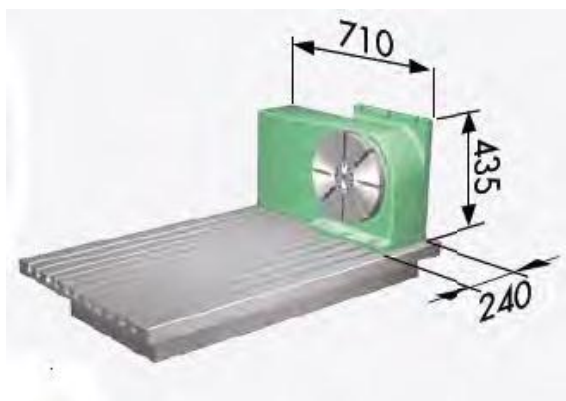


Рисунок 1.1. Використання ротаційних столів як 4-тої та 5-тої осей верстата

За даними аналізів більш за 90% обробок на 5-осьових оброблювальних центрах виконується з використанням лише позиціонованих колових осей, а не є синхронною 3D-обробкою. Порівняння варіантів (заданими фірми LEHMANN) показало: у варіанті (3+2) збільшується на 165% розмір робочого стола при тому, що площа верстата зменшується на 65%, а маса – на 55%. Витрати енергії (залежно від мас, які переміщують) на 30% менші, а витрати на придбання дають економію 25%. Економія часу становить 0,5 с на кожне позиціонування [1]. На столі верстата можуть встановлюватись великогабаритні деталі або кілька деталей одночасно. Можуть застосовуватись різні системи затиску деталей.

Розрахунок точності верстата ґрунтується на теорії формоутворюючих систем, у склад яких входять станина та виконавчі органи верстата разом з кінцевими ланками приводів. Модель формоутворюючої системи пов'язує координати формоутворюючих точок інструмента з координатами оброблюваної деталі в умовах дії збурень, зокрема, кінематичних, до яких належать геометричні похибки напрямних і шпіндельних опор, зумовлені якістю виготовлення й складання та зношенням, кінематичні похибки приводів, похибки налагоджування, похибки базування й кріплення заготовки. Всі вказані похибки викликають відхилення траєкторій відносних переміщень інструмента й деталі від номінальних.

Сучасні засоби моделювання систем формоутворення дозволяють визначити вказані відхилення для поточних положень вузлів верстата. Система розрахунків, які безпосередньо пов'язують відоме збурення у процесі обробки з похибками оброблюваної деталі, є моделлю вихідної

точності верстата. Як вхідні параметри моделі розглядають похибки положення вузлів верстата, що їх зумовлюють різні чинники, як вихідні – похибки розмірів, розташування та форми оброблених на верстаті поверхонь.

Мехатронні столи поворотні двоосьові (поворотно-ділильні), призначені для встановлення оброблюваної деталі та її повороту при обробці у позиційному або безперервному режимі з частотою обертання стола, яка має безперервне регулювання, та положенням стола, що може бути задане позиційно, дозволяють здійснити обробку складнопрофільних деталей (5-осну обробку) на 3-осних верстатах. Подібні столи випускають фірми LENMANN, UCAM, HAAS та ін.

Передбачено керування шпindelним затиском та контроль його стану (візуалізація – світлодіодами), моніторинг та візуалізація світлодіодами граничних значень похибок та помилок, які можуть виникнути через температуру, вологість повітря, проникнення повітря чи вологи.

Столи поворотні для фрезерних верстатів фірми UCAM одноосьові мають стіл діаметром 150-250 мм (800-1600 мм) з швидкістю обертання стола 22,2-16,6 об/хв. (6,6-4,0 об/хв.). При горизонтальному положенні стола вантажопідйомність становить 1000-3500 Н (1800-9000 Н), при вертикальному – 60-180 Н. Крутний момент на валу – 150-400 Нм (8000-20000 Нм). Дискретність повороту 0,001 град. Точність позиціонування – 15 хв, повторного – 4 хв. Високошвидкісні столи (діаметри столів 130 або 250 мм) мають швидкість 350 (200) об/хв.

Столи поворотні двоосьові (поворотно-ділильні) фірми HAAS мають 2 двигуни – окремо для кожної осі.

Приводи містять хвильові зубчасті передачі (редуктори) з передаточним відношенням 80:1. Шпindel має: швидкість 0,001-300 м/с,

максимальне відхилення 0,03 мм, кутовий люфт 30 кут. с., точність ± 45 кут. с., повторюваність 10 кут. с., роздільна здатність $0,001^{\circ}$, поворот для нахиленої осі A – $\pm 120^{\circ}$. Високошвидкісні столи із цанговими патронами мають швидкість 725 хв./с, яку забезпечує серводвигун.

На рис.1.2 показані деякі багатошпindelні столи. Фірни-виробники випускають такі столи з 2...4 шпindelями [3].



Рисунок 1.2. Багатошпindelьні поворотні столи: а, б – фірми HAAS; в – фірми LEHMANN

У 1983 році компанія HAAS розробила перший у світі повністю програмований ділильно-поворотний стіл з цанговим патроном 5С. Виготовлений із якісних матеріалом та спроектований для забезпечення високої точності, даний стіл став неймовірно успішним. Заповнюючи пропуск між громіздкими похило-поворотними столами з ручним керуванням і дуже дорогими 4-осьовими обробними центрами, компанія HAAS стала лідером в автоматизованій обробці деталей з використанням 4 осей. Використовуючи автоматизацію для підвищення продуктивності, компанія HAAS стала провідним виробником верстатів і поворотних столів в Америці. Через майже три десятиліття постійного вдосконалення та розвитку, ротаційні продукти HAAS продовжують займати лідируючі позиції в галузі, завдяки точній кваліфікованій роботі, міцності конструкції та прийнятній ціні. Сьогодні компанія HAAS виробляє понад 35 моделей ротаційних та ділильно-поворотних столів, гарантуючи чудову якість та точність, які забезпечили успіх торгової марки HAAS, зробленої в США. Повний асортимент ротаційних продуктів HAAS включає багато спеціалізованих пристроїв, призначених для забезпечення максимальної продуктивності. Від мультиголовкових HA5С до похилих T5С та моделей з двоосьовим поворотним столом, HAAS продовжує свій шлях до високої продуктивності в галузі автоматики. Виготовлені з надміцних матеріалів та розроблені для надійної роботи день у день, ротаційні продукти HAAS є стандартом, досягти якого прагнуть всі інші. Серцем кожного ротаційного столу таз є бронзоалюмінієва черв'ячна передача великого діаметру з черв'яком з легованої сталі (загартованої до твердості 60 Роквеллу), зануреним у ванну з синтетичним маслом. Секрет точності індексації HAAS полягає у різанні черв'ячної передачі в той час,

поки вона прикріплена до шпинделя, а не готової черв'ячної передачі на шпинделі. Кожен зібраний шпindel ь окремо встановлюється на зубофрезерний верстат з ЧПУ та регулюється для відповідності похибки максимум 2 мікрони перед обробкою черв'ячною фрезою. Цей процес гарантує неперевершену концентричність між шарикопідшипниками великого діаметру та черв'ячною передачею, забезпечуючи тривалий час безперебійною, неймовірно точною і не вимагає ніякого втручання роботи [3].



Рисунок 1.3. Кінематика ділильно-поворотного столу

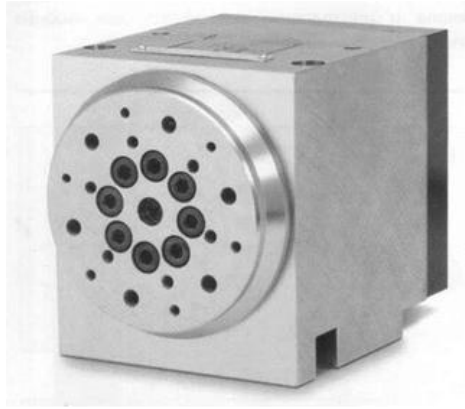


Рисунок 1.4. НК.Т110 - одноосьовий поворотний

НК.Т110 - одноосьовий поворотний стіл системою хвильової зубчастої передачі 80:1, який забезпечує швидкість індексації до 300° / сек. Компактний та легкий НК.Т110 (рис. 1.5) забезпечує точне позиціонування та одночасний рух по 4 осях для обробки невеликих деталей.

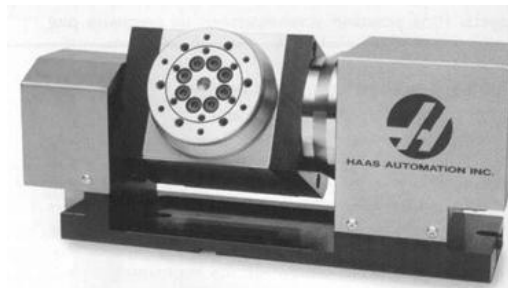


Рисунок 1.5. ТК110 - двовісний похило-поворотний стіл

ТК110 - двовісний похило-поворотний стіл, що забезпечує точне позиціонування при повній 5-осьовій обробці виготовлення маленьких деталей. Його невеликий розмір робить його ідеальним 5-осьовим рішенням навіть для найменших обробних центрів.

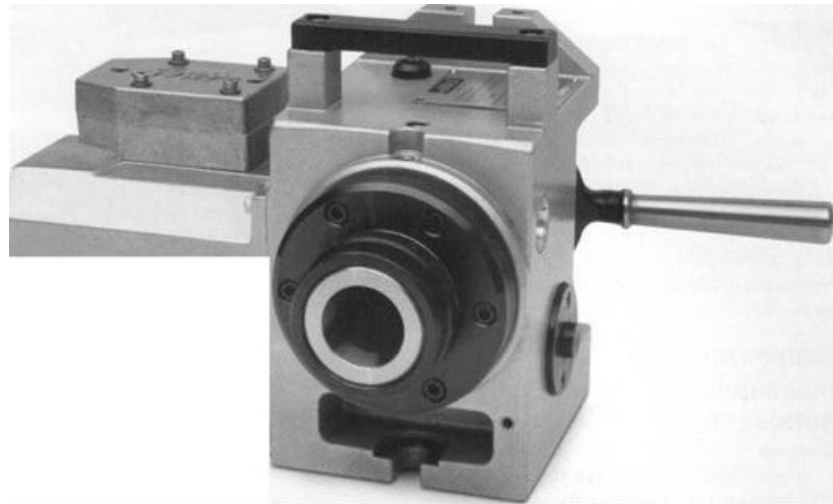


Рисунок 1.6. Високошвидкісний ділільно-поворотний з цанговим патроном 5С.

Ділільно-поворотний стіл з цанговим патроном НА5С 5В знижує час циклу та встановлення деталі.

Високошвидкісні безщіткові двигуни забезпечують швидкість подачі 725°/секунду Просте болтове кріплення. Скорочення часу циклу Високошвидкісне свердління та нарізування різьблення. Вико-швидкісне градування. Крутячий момент 27 Нм.

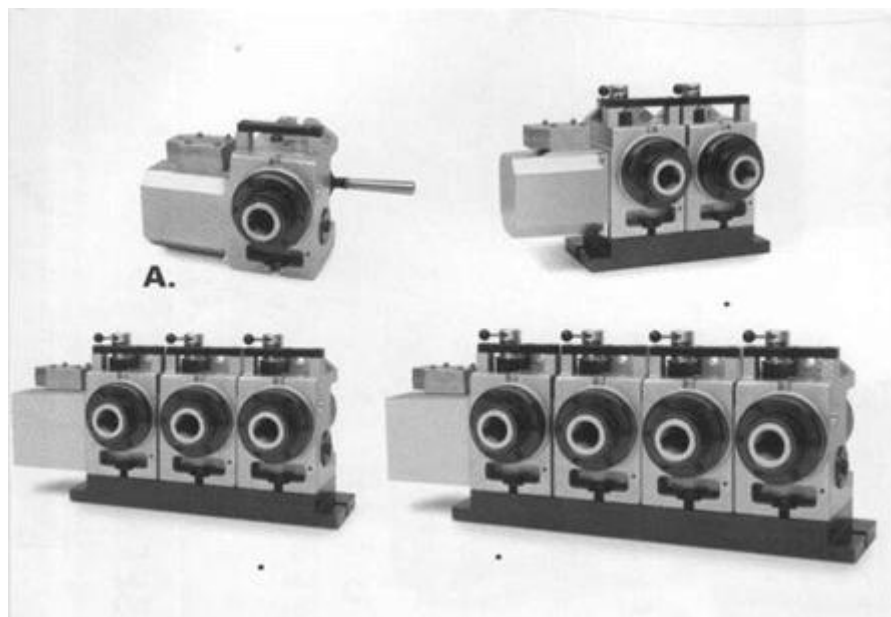


Рисунок 1.7. Високопродуктивні багатшпindelні ділильно-поворотні столи.

Використовуючи стандартні цангові патрони 5С або накручуючи трикулачковий патрон на торець шпindelя. Цангові патрони можна закривати на ваш вибір за допомогою мануальної ручки або додаткового цангового пневмозатиску. HA5C пропонує простоту програмування, інтерфейсу та налаштування; а завдяки майже трьом десятиліттям удосконалення, HA5C HAAS є еталоном якості, точності та надійності. Високопродуктивні багатшпindelні ділильно-поворотні столи. Встановлюючи головки максимально близько один до одного HAAS створює найефективніші багатшпindelні рішення на сучасному ринку.

Завантаження кількох деталей знижує необхідність зміни інструмента і скорочує час циклу, забезпечуючи більш тривалі періоди роботи верстата між завантаженням деталей. В результаті ця економія часу значно підвищує прибуток.

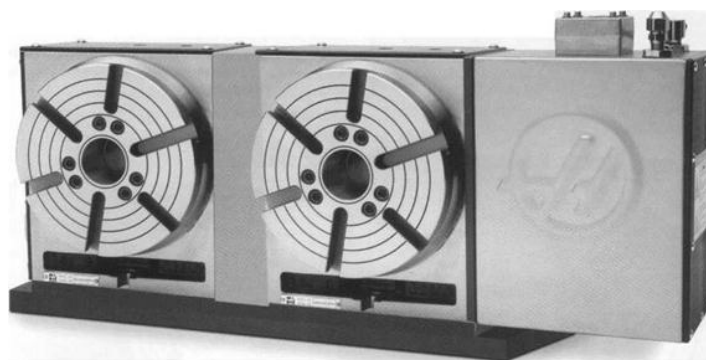


Рисунок 1.8. Поворотний стіл із подвійною планшайбою

Подвоюється продуктивність із подвійною планшайбою НК.Т 160-2 НКТ210-2. НК.Т160-2 пропонує дві 160мм планшайби на 254мм центрах, а НКТ210-2 дві 210мм планшайби на 305мм центрах. Обидві моделі забезпечують максимальну продуктивність мінімальної території.

Фрезерування по прямій, по дузі кола та фрезерування гвинтових канавок. висока точність

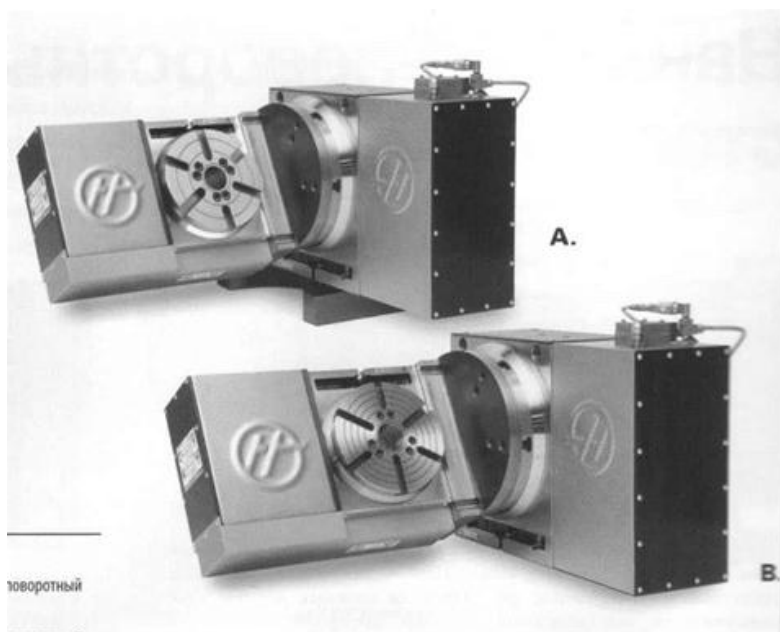


Рисунок 1.9 Двоосьові похило-поворотні столи

Немає необхідності у другій та третій операції або налаштування завдяки використанню двоосьових похило-поворотних столів ТК.Т210 або ТК.Т160 HAAS. Обробка до п'яти сторін деталі та просте програмування столу для отримання практично будь-якого складного кута. При використанні на вертикальних обробних центрах HAAS з 5-ю віссю, з'являється можливість простої обробки складних форм, таких як лопатеве робоче колесо. ТКТ160 та 210 - міцні, високоточні похилі пристрої, які легко встановлюються на вертикальні обробні центри HAAS. А при використанні сервоуправління HAAS вони будуть працювати на будь-якому вертикальному обробному центрі. Максимальна місткість (деталь та кріплення) для ТК.Т210 становить 136 кг, а максимальна місткість для ТКТ160 – 68 кг. При 90 кг навантаженні ТКТ210 максимальне відхилення становить менше 0,005 мм.

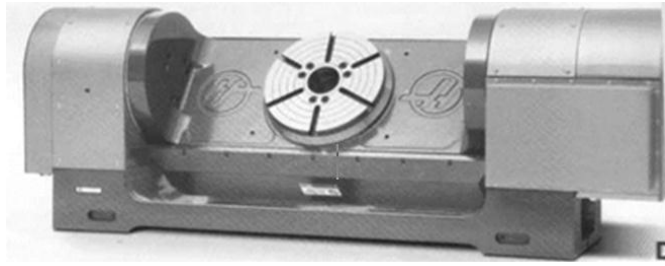


Рисунок 1.10. Похило-поворотний стіл серії ТБ

Якщо необхідне 5-осьове рішення для 3-осьового фрезерного верстата, похило-поворотні столи HAAS - просте рішення, що закріплюється за допомогою болтів для обробки складних деталей. Вони встановлюються безпосередньо на стіл фрезерного верстата для забезпечення одночасного руху по 5 осях або установки деталі під будь-яким кутом для обробки декількох сторін.

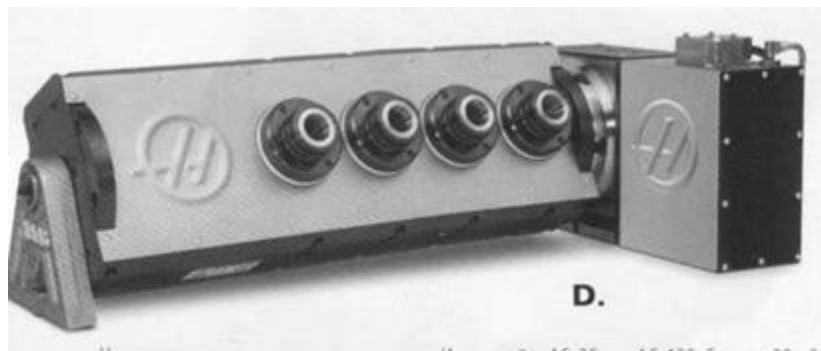


Рисунок 1.11. Багатошпіндельні похилі ділильно-поворотні столи

Використання похилих ділильно-поворотних столів серії T5C дає можливість для усунення необхідності у другій та третій операції за допомогою автоматичного розташування деталей практично під будь-яким кутом для обробки. Або використовуйте їх для одночасного руху по п'яти осях для обробки складних форм. T5C забезпечують нахил на 240° та повноцінне 360° обертання для обробки п'яти сторін деталі. НК.Т 210 забезпечує нахил, а обертання забезпечує одна, дві, три чи чотири головки HA5C [3].

Ділильна головка UT 400/CNC – 24423. 4-а вісь для верстата для тонкої фрезерування FF 500/CNC. Для бездоганної тривимірної обробки (3D). Для одиничного виробництва або виробництва в невеликих кількостях. Для градуювання (виготовлення роз'ємів), виробництва шестерень, косозубих зачеплень, равликову шпинделів і (у тому числі неправильних) профілів.

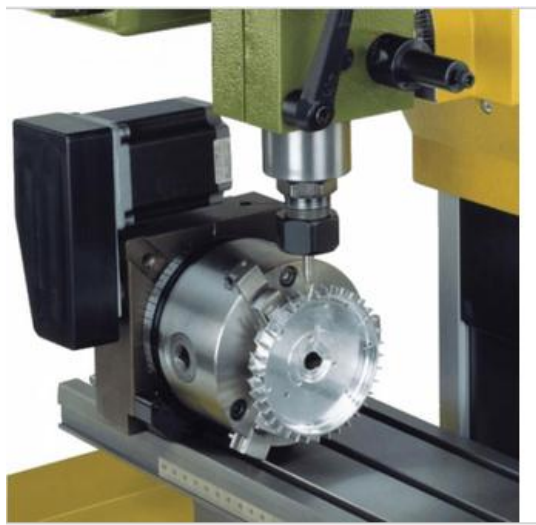


Рисунок – 1.12. Ділильна головка UT 400/CNC – 24423.

Будь-які кути можуть бути встановлені через комп'ютерне управління. Легкий монтаж в горизонтальній і вертикальній площинах. Приводиться в рух потужним кроковим електродвигуном (2,0 А) через зубчастий ремінь і легко встановлюється черв'ячною передачею. Висока передавальне відношення (40:1) забезпечує колосальний обертаючий момент. Мінімальний крок 0,003°. Розпізнає граничну позицію за рахунок фоторелейного бар'єру. Основний шпindel з 14 мм - отвором і фланцем для планшайби, а також обертаючий патрон з системи токарного верстата PD 400. Затискний патрон і оброблюваний виріб не входять в поставку. Вартість ділильної головки 22 147 грн.

1.2. Аналіз об'єкта виробництва

Ділильна головка УДГ-160 відноситься до тих верстатних пристосувань, які підходять до декількох типів обладнання. Це можуть бути консольно-фрезерні верстати, а також широко-універсальні. У будь-якому випадку, вона допомагає розширити можливості обладнання. Ділильна головка УДГ-160 використовується переважно для виготовлення виробів невеликого і середнього діаметрів. Це може бути фрезерування зубчастих коліс діаметрів до 160 мм, виробництво гайок і болтів з гранями, обробка поверхонь, які вимагають точного рівномірного розподілу своїх секцій згідно із заданими стандартами. Заготівка вставляється безпосередньо в саму головку.



Рисунок 1.13 -Загальний вигляд ділильної головки

Даний тип обладнання зустрічається в інструментальних цехах, де виробляється різний інвентар. При правильному розрахунку, операції по нарізці і фрезерування забезпечують отримання потрібного кількості структурних елементів на необхідній рівномірній відстані одна від одної. УДГ-160 може забезпечувати як періодичне, так і постійне обертання під

час обробки. Це може знадобитися для поділу і нарізування спіральних канавок на заготівлі. Головка виготовляється згідно ГОСТу 8615-69.

Таблиця 3.1. Основні технічні характеристики УДГ-160:

Параметр	Значення
Висота центрів , мм	85
Максимальний діаметр деталі , мм	100
Розташування від торця шпинделя до основи ділильної головки до , мм	185
Поворот шпинделя , град	5
Діаметр патрону , мм	100
Конус шпинделя	Морзе №2
Різьба шпинделя	M33
Передаточне відношення черв'яка	1:40
Діапазон поділу	2..400
Діаметр отвору коліс , мм	20x19
Ціна поділки на лібмі , град	15
Габарити основи головки , мм	212x156
Маса головки , кг	35,5

Розшифровка назви ділильної головки УДГ-160

УДГ – універсальна ділильна головка

160 – максимальний діаметр заготовки.

1.3. Методи ділення у ділильних головок

Ділильні головки є найважливішим приладдям консольно-фрезерувальних верстатів, особливо універсальних, і значно розширюють технологічні можливості верстатів. Їх використовують при виготовленні різних інструментів (фрез, розгорток, зенкерів, мітчиків), нормалізованих деталей машин (головки болтів, грані гайок, корончаті гайки), при фрезеруванні зубчастих коліс, пазів і шліців на торцях (зубчасті муфти) та інших деталей. І для виконання даних робіт використовують різні види ділення :

1) Безпосереднє ділення

Він застосовується в тих випадках, коли потрібна більша точність відліку повороту заготовки. Поділ здійснюється поворотом шпинделя ділильної головки разом із лобовим ділильним диском, а відлік кута повороту – за допомогою отворів на тильному боці диска відносно фіксатора або за градусною шкалою.

2) Просте ділення

Сутність цього способу полягає в тому, що поворот шпинделя із закріпленою заготовкою здійснюється за рахунок повороту рукоятки з фіксатором відносно отворів нерухомого бічного ділильного диска через черв'ячну передачу. Оскільки передавальне відношення зубчастих коліс, що пов'язують вал приводної планки рукоятки з фіксатором і однозахідним черв'яком, дорівнює одиниці, а черв'ячне колесо, нерухомо закріплене на шпинделі, має 40 зубів, то при повороті рукоятки на один повний оберт черв'ячне колесо повернеться на один зуб або на $1/40$ оберту. Отже, щоб шпиндель зробив один повний оберт, необхідно повернути рукоятку сорок разів.

Кількість обертів рукоятки, які необхідно зробити, щоб шпиндель ділильної головки повернувся на один оберт, називається характеристикою ділильної головки.

Усі ділильні головки вітчизняного виробництва мають характеристику, що дорівнює 40.

При простому методі поділу кількість обертів рукоятки, вибір ряду отворів на бічному ділильному диску та кількості ділень між ними визначаються за формулою:

$$n = \frac{N}{z},$$

де n – кількість обертів рукоятки відносно бічного ділильного диска;

N – характеристика ділильної головки;

z – кількість поділок, на яку необхідно розділити заготовку.

3) Спосіб диференційного поділу

У практиці не завжди вдається розділити коло на задану кількість частин розглянутими вище способами. Так, поділ кола на кількість частин понад 42, не кратну кількості отворів на бічному ділильному диску, не можна ділити способом простого поділу. У цьому випадку слід застосувати інший, диференційний спосіб поділу. Сутність його полягає в тому, що відлік повороту заготовки на необхідну частину кола відбувається поворотом рукоятки УДГ відносно отворів обертового бічного ділильного диска.

Обертання бічному ділильному диску в цьому випадку передається від шпинделя через гітару зі змінними колесами і через конічні колеса, одне з яких закріплене на валу механічного приводу обертання шпинделя, інше з'єднане нерухомо з бічним ділильним диском. На рис. 1.14 наведено кінематичну схему універсальної ділильної головки, налаштованої на диференціальний поділ. Колесо гітари z_1 завжди кріпиться на шийці шпиндельного валика, вставленого в конічний отвір заднього кінця шпинделя, а колесо z_4 – на шийці вала механічного приводу шпинделя. Між цими колесами на пересувних пальцях гітари можуть бути встановлені одне або два проміжних колеса.

У залежності від передатного відношення змінних коліс гітари частота обертання ділильного диска буде не однаковою, а зі зміною кількості проміжних коліс це обертання може або збігатися з напрямком повороту рукоятки або бути спрямоване в протилежний бік. Отже, при обертанні рукоятки відносно отворів бічного ділильного диска дійсний поворот рукоятки буде більшим або меншим за видимий поворот по ділильному диску.

При виконанні диференційного поділу бічний ділильний диск слід звільнити від затискача, а шпиндель установити в строго горизонтальне положення. Крім того, слід розрахувати кількість обертів рукоятки,

встановити потрібне коло з певною кількістю отворів ділильного диска, кількість поділок, передатне відношення змінних зубчастих коліс, кількість їх зубів і напрямок обертання диска.

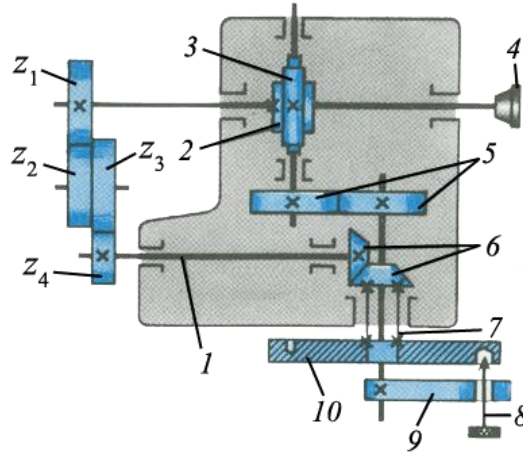


Рисунок 1.14 - Кінематична схема УДГ для диференційного поділу

Кількість обертів рукоятки визначається за формулою:

$$n = \frac{N}{x},$$

де N – характеристика ділильної головки;

x – умовне число, найближче до заданого, на яке можна розділити методом простого поділу.

Передатне відношення змінних коліс гітари розраховується за формулою:

$$i = \frac{N(x - z)}{x},$$

де z – число, на яке слід розділити заготовку.

За передатним відношенням визначають кількість зубів коліс гітари.

До ділильних головок додається комплект зубчастих коліс із кількістю зубів: 25 (2 шт.), 30, 35, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100.

Напрямок обертання бічного ділильного диска залежить від величини прийнятого умовного числа x . При додатному значенні передатного відношення, тобто коли $x > z$, напрямок обертання диска та рукоятки має збігатися. При від'ємному значенні передатного відношення ($x < z$) обертання диска і рукоятки повинно мати зустрічний напрямок. У залежності від цього гітара зубчастих коліс (рис. 1.14) може мати чотири схеми налаштування. При $x > z$ – в одну пару коліс з одним проміжним колесом z_0 або у дві пари з одним колесом. Зчеплення коліс досягається поворотом корпусу гітари навколо привідного валу і пересуванням пересувних пальців з установленими на них колесами в пазах.

1.4. Шляхи модернізації ділильної головки УДГ-160

Для використання, значно дешевших по ціні, вітчизняних конструкцій ділильних головок на верстатах з ЧПК пропонується модернізувати конструкцію ділильної головки шляхом заміни ділильного диску встановленням шагового двигуна, який керує поворот на певний кут за допомогою подачі необхідної кількості імпульсів від керуючої програми верстата з ЧПУ чим досягається розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПУ та підвищить точності обробки.

Висновки до розділу 1 та завдання досліджень

1. Для визначеного виду оброблення (фрезерування на верстатах з ЧПК) запропоновано провести модернізацію конструкції ділильної головки УДГ-160.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати наступні завдання:

1. Вибрати марку крокового двигуна та окреслити його зв'язок із блоком керування верстата з ЧПК.

2. Провести проектування модернізованої конструкції ділильної головки УДГ-160.

3. Розробити технологію виготовлення вала-черв'яка. Спроекувати верстатний та контрольний пристрій для його виготовлення.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1. Модернізація ділильної головки УДГ-160

Модернізація конструкції ділильної головки полягає у тому, що замість ділильного диску встановлено шаговий двигун, який керує поворотом на певний кут за допомогою подачі необхідної кількості імпульсів від керуючої програми верстата з ЧПУ чим досягається розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПУ та підвищується точності обробки.



Рисунок 2.1 – Фотографія вузла встановлення шагового двигуна

Після з'єднання черв'ячного валу ділильної головки з валом крокового двигуна, за допомогою муфти та перехідного корпусу (рис.3.3), ділильна головка отримує можливість керування на поворот з певним кутом від крокового двигуна. Якій отримує згідно програми верстата з ЧПУ певну кількість кроків з високою точністю позиціювання, що підвищує точність оброблення заготівки.

2.2. Будова та призначення крокового двигуна

Кроковий двигун – це безщітковий синхронний електродвигун перетворюючий електричну енергію в механічну. Основна відмінність крокових електродвигунів від звичайних, полягає в способі обертання «кроками», через що і виникла ця назва електродвигуна. На сьогоднішній час крокові двигуни широко використовуються в різній оргтехніці, автоматичному електроінструменті, в машинобудуванні і т. п., там, де потрібна висока точність позиціонування.

Конструкція крокових двигунів влаштована таким чином, що на статорі пристрою розташована певну кількість обмоток управління, на які послідовно подається напруга. Такий підхід в роботі крокових електродвигунів дозволяє забезпечити дискретну зміну електричного поля всередині крокового електродвигуна і задати потрібний кут переміщення осі ротора.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд крокового двигуна

Існують різні види крокових двигунів: однофазні, багатофазні і двофазні, з пасивним або активним ротором.

Для управління кроковим двигуном використовується спеціальний електронний блок управління, який забезпечує надходження на обмотки електродвигуна певну послідовність імпульсів в залежності від фазності електродвигуна.

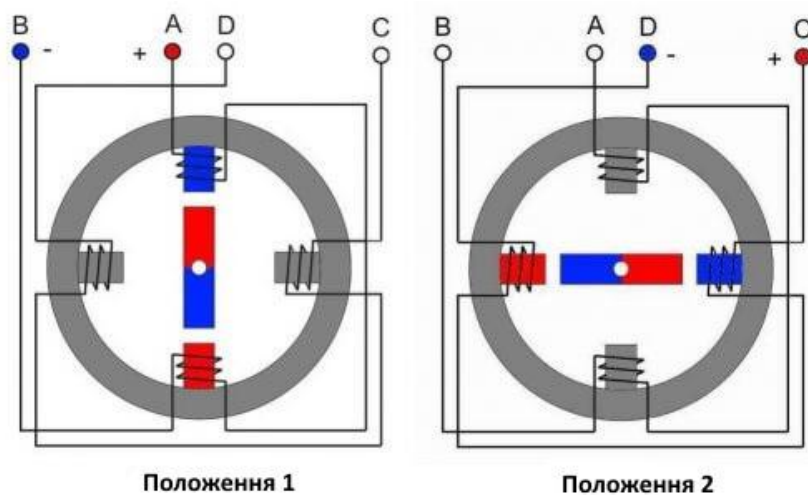


Рисунок 2.3 - Положення ротора крокового двигуна

Як працює кроковий електродвигун можна розглянути на рисунку 2.3. У положенні 1 на обмотки A і B подається напруга певної полярності. В результаті в статорі утворюється електромагнітне поле. Так як різні магнітні полюси притягуються, ротор займе своє положення по осі магнітного поля. Більш того, магнітне поле мотора буде перешкоджати спробам зміни положення ротора ззовні.

Якщо говорити простими словами, то магнітне поле статора буде працювати на те, щоб утримати ротор від зміни заданого положення (наприклад, при механічних навантаженнях на вал).

Якщо напруга тієї ж полярності подається на обмотки D і C, електромагнітне поле зміститься. Це змусить повернутися ротор з постійним магнітом в положення 2. У цьому випадку кут повороту дорівнює 90° . Цей кут і буде кроком повороту ротора.

Положення 3 досягається подачею напруги зворотної полярності на обмотки A і B. У цьому випадку електромагнітне поле стане протилежним положенню 1, ротор двигуни зміститься, і загальний кут буде 180° .

При подачі напруги зворотної полярності на обмотки D і C, ротор повернеться на кут до 270° щодо початкової позиції. При підключенні позитивного напруги на обмотки A і B ротор займе початкове положення -

закінчить оборот на 360° . Слід враховувати, що пересування ротора відбувається за найменшим шляху, тобто з положення 1 в положення 4 за годинниковою стрілкою ротор повернеться тільки після проходження проміжних 2 і 3 положення. При підключенні обмоток після 1 положення відразу в 4 положення ротор повернеться проти годинникової стрілки.

Переваги крокового двигуна :

- 1) У крокових двигунів кут повороту відповідає числу поданих електричних сигналів. при цьому, після зупинки обертання зберігається певний момент і фіксація ;
- 2) Точне позиціонування – забезпечують 3-5% від встановленого кроку , яке не накопичується від кроку до кроку ;
- 3) Забезпечення високої швидкості старту , реверсу , зупинки ;
- 4) Висока надійність за рахунок відсутності компонентів , підлягаючих тертю для струмузйому ;
- 5) Для позиціонування не потрібно зворотного зв'язку.

Недоліки крокового двигуна :

- 1) Можливе виникання резонансного ефекту і просковзування крокового агрегату ;
- 2) Вірогідність втрати контролю за рахунок відсутності зворотного крокового зв'язку ;
- 3) Важкість керування за рахунок особливостей схеми.

Режим керування двигуном обирається в залежності від практичного завдання, яке необхідно реалізувати. Після вибору режиму, слід обрати та реалізувати алгоритм керування обмотками крокового двигуна.

Основним параметром, за допомогою якого можна проаналізувати алгоритм керування – є момент двигуна, який для стабільної роботи має мати постійне значення в обмотці та мінімальну величину пульсації.

Проблемою відомих на сьогодні алгоритмів керування є те, що момент двигуна не є постійним, має досить суттєву величину пульсацій моменту на виході, внаслідок чого точне позиціонування приладу є неможливим.

Вибираємо кроковий двигун NEMA23, характеристики крокового двигуна приведені в табл.2.1.

Таблиця 2.1 - Характеристики крокового двигуна

Найменування	NEMA23 модель57BYGH112
Габарит, мм	57×57×112
Число фаз	2
Робоча температура, С	110°
Струм фази, А	3
Момент утримання, Н см	112
Кутовий крок	1,8±5%
Вихідний вал, мм	8
Частота обертання	÷1500
Маса, кг	1.7

На рис.2.4 показано закріплення корпуса з кроковим двигуном на базовій деталі ділильної головки УДГ -160.

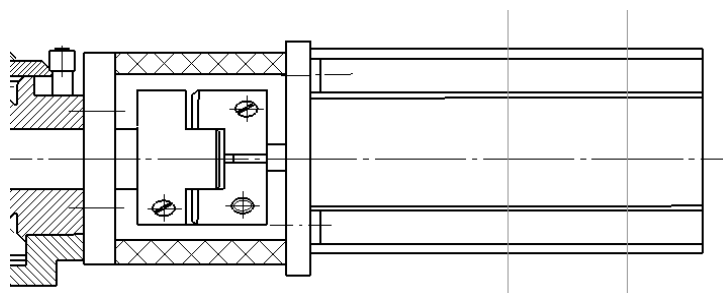


Рисунок 2.4 – Схема під'єднання крокового двигуна до валу ділільної
ГОЛОВКИ

2.3. Розрахунок пружної муфти за умовою обмеження тиску на робочих поверхнях

Муфта складається із двох напівмуфт, що мають чотири торцеві кулачки трапецієвидного січення. Кулачки заходять у відповідні впадини пружного гумового елемента – хрестовини. Пружна хрестовина працює на стискування кулачком, при передачі моменту та компенсує перекіс осей.

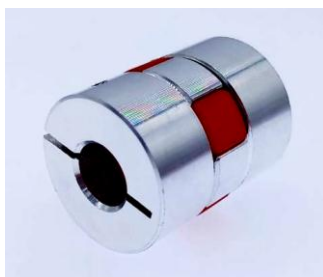


Рисунок 2.5 – Загальний вигляд пружної муфти

Конструктивно вибрані наступні розміри: зовнішній діаметр муфти $D_m = 30$ мм, довжина муфти $l = 35$ мм. Муфта використовується для з'єднання вала крокового двигуна з проміжним валом ділільної головки; дозволяє компенсувати перекоси осей при збиранні вузла та при обертанні валу у різних напрямках працюють чотири зубці хрестовини.

Перевірочний розрахунок муфти виконуємо за умовою обмеження тиску на робочих поверхнях пружного елемента:

$$p = \frac{2T_p}{D \cdot Z \cdot h \cdot b} \leq [p] \quad (2.1)$$

де T_p – крутний момент на валу, $T_p = 2 \text{ Н м}$;

z – число кулачків в одній напівмуфті, $z = 4$;

D – середній діаметр кулачків, $D = 0,019 \text{ м}$;

h – довжина кулачка (в радіальному напрямку), $h = 0,01 \text{ м}$;

b – висота кулачка (в осьовому напрямку), $b = 0,006 \text{ м}$.

$$p = \frac{2 \cdot 2}{0,019 \cdot 4 \cdot 0,010 \cdot 0,006} = 0,877 \cdot 10^6 \text{ Па} \leq [p] = 3 \cdot 10^6 \text{ Па} .$$

2.4 Керування кроковим двигуном з використанням контролера EasyDriver та Arduino

Плата Arduino (рис.3.7) складається з мікроконтролера Atmel AVR, а також елементів обв'язки для програмування та інтеграції з іншими пристроями. На багатьох платах наявний лінійний стабілізатор напруги +5В або +3,3В. Тактування здійснюється на частоті 16 або 8 МГц кварцовим резонатором. У мікроконтролер записаний завантажувач (bootloader), тому зовнішній програматор не потрібен.



Рисунок 2.6. Загальний вигляд процесорної плати Arduino Diecimila

На концептуальному рівні усі плати програмуються через RS-232 (послідовне з'єднання), але реалізація даного способу різниться від версії до версії.

Новіші плати програмуються через USB, що можливо завдяки мікросхемі конвертера USB-to-Serial FTDI FT232R. У версії платформи Arduino Uno як конвертер використовується контролер Atmega8 у SMD-корпусі.

Дане рішення дозволяє програмувати конвертер таким чином, щоб платформа відразу розпізнавалася як миша, джойстик чи інший пристрій за вибором розробника зі всіма необхідними додатковими сигналами керування.

У деяких варіантах, таких як Arduino Mini або неофіційній Boarduino, для програмування потрібно підключити до контролера окрему плату USB-to-Serial або кабель.

Плати Arduino дозволяють використовувати значну кількість виводів мікроконтролера як вхідні/вихідні контакти у зовнішніх схемах.

Наприклад, у платі Decimila доступно 14 цифрових входів/виходів, 6 із яких можуть генерувати ШІМ сигнал, і 6 аналогових входів. Ці сигнали доступні на платі через контактні площадки або штирові роз'єми. Також існує багато різних зовнішніх плат розширення, які називаються «shields» («щити»), які приєднуються до плати Arduino через штирові роз'єми.

Для синтезу системи використовується кроковий двигун NEMA23 57BYGH112 під керуванням драйвера крокового двигуна M542, який дає змогу отримати мікрокрокові режими, за яких спад та наростання струмів у фазах під час дроблення кроків відбувається за синусоїдальним законом; це забезпечує плавність ходу, менший нагрів та шум двигуна

Для керування кроковим двигуном застосовується програма, яка наведена нижче.

```
int dirpin = 2;
int steppin = 3;
void setup()
{
  Pin Mode(dirpin, OUTPUT);
  Pin Mode(steppin, OUTPUT);
}
void loop()
{
  int i;
  digitalWrite(dirpin, LOW); // delay(100);
  for (i = 0; i < 4000; i++) //
  {
    digitalWrite(steppin, LOW);
    digitalWrite(steppin, HIGH); //
    delayMicroseconds(500); //
  }
  digitalWrite(dirpin, HIGH); //
  delay(100);
  for (i = 0; i < 4000; i++) //
  {
    digitalWrite(steppin, LOW);
    digitalWrite(steppin, HIGH);
    delayMicroseconds(500);
  }
}
```

Функціональна схема системи керування кроковим двигуном зображена на рис. 2.7.

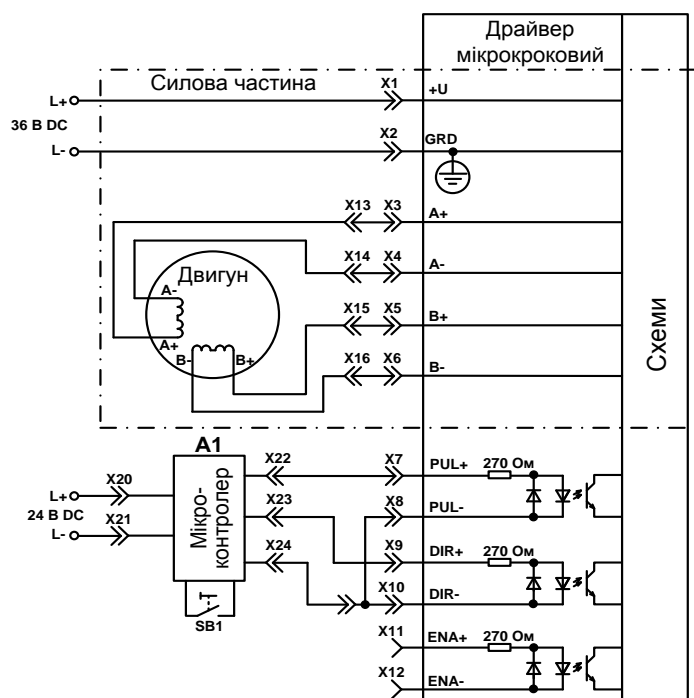


Рисунок 2.7. Функціональна схема системи керування кроковим двигуном

Функцію інтелектуальної частини виконує мікроконтролер A1, побудований на базі одно кристального вільно програмованого мікроконтролера ATMEGA8.

Однокристальний мікроконтролер призначений для відпрацювання необхідної тахограми руху, яка задається при програмуванні в залежності від того, який процес необхідно відпрацювати. Саме програмування контролера проходить на мові Асемблер, використовуючи програму AVR Studio.

Перед пуском відбувається налаштування мікрокрокового драйвера, задаючи кількість мікрокроків на крок та обмеження значення динамічного опору. Пуск крокового двигуна здійснюється увімкненням перемикача SB1. Після цього на клему X22 подаються імпульси (ШІМ модуляція), частота яких відповідає швидкості обертання двигуна, а на клему X23 – дискретний сигнал, що відповідає напрямку обертання

(рис.2.7). Мікрокроковий драйвер відпрацьовує вхідні сигнали X22 та X23 і подає силові імпульси на обмотки двигуна A+A– та B+B–, попередньо ділячи їх на мікрокроки.

Однокристальний мікроконтролер Atmega8 призначений для відпрацювання необхідної тахограми руху, яка задається при програмуванні в залежності від того, який процес необхідно відпрацювати. Саме програмування контролера проходить на мові низького рівня Асемблер, використовуючи програму AVR Studio. Перенесення даних на контролер здійснюється за допомогою інтерфейсного програматора, який зв'язується з персональним комп'ютером за допомогою СОМ порта.

Перед пуском відбувається налаштування мікрокрокового драйвера, задаючи кількість мікрокроків на крок та обмеження значення динамічного опору. Пуск крокового двигуна здійснюється увімкненням перемикача SB1. Після цього на клему X22 подаються імпульси (ШІМ модуляція), частота яких відповідає швидкості обертання двигуна, а на клему X23 – дискретний сигнал, що відповідає напряму обертання.

Мікрокроковий драйвер відпрацьовує вхідні сигнали X22 та X23 і подає силові імпульси на обмотки двигуна A+A– та B+B–, попередньо ділячи їх на мікрокроки.

2.5. Модернізація конструкції ділильної головки УДГ-160

Зміна конструкції ділильної головки УДГ-160, є одним із шляхів підвищення ефективності використання верстатів з ЧПК, які дозволяють забезпечити обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа. Модернізація полягає у знятті ділильного диску та з'єднанні проміжного валу із валом крокового двигуна за допомогою муфти

(рис.2.8), який керує поворотом на певний кут за допомогою подачі необхідної кількості імпульсів від керуючої програми верстата з ЧПУ.

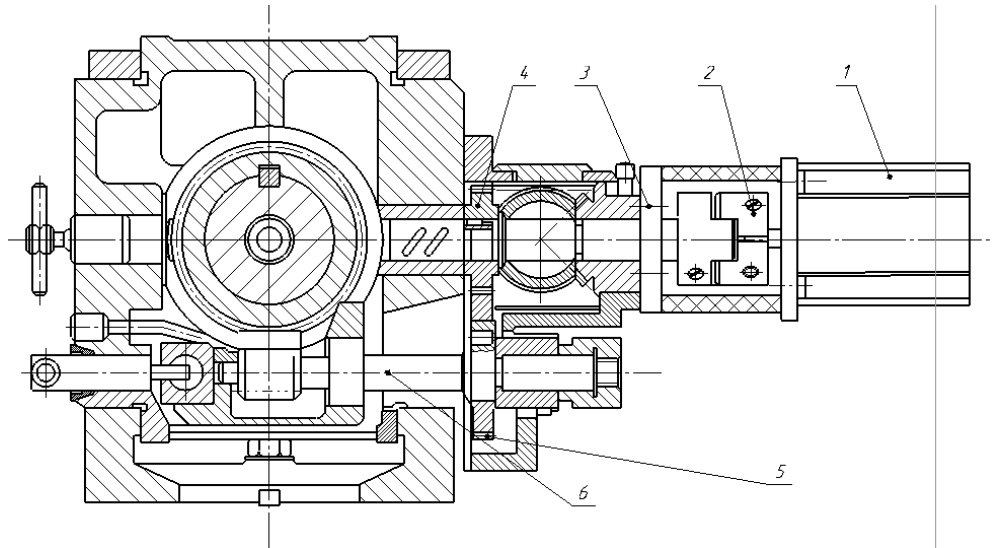


Рисунок 2.8. Вигляд перетину конструкції модернізованої ділильної головки УДГ-160: 1 - кроковий двигун NEMA23; 2 – муфта; 3 – корпус; 4 – колесо зубчасте; 5 – ведена шестерня; 6 - черв'як

2.6 Проектування верстатного пристрою для фрезерування шпонкових пазів

2.6.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої

Пристрій встановлюється на стіл вертикального консольно-фрезерного верстату мод. 6P13 і кріпиться до нього за допомогою болтів, шайб і гайок.

Затиск виконується пневмокамерою. Базування деталі в пристрої виконується встановленням у призми і базуванням по торцю деталі за допомогою упору у нерухому губку (рис.2.9).

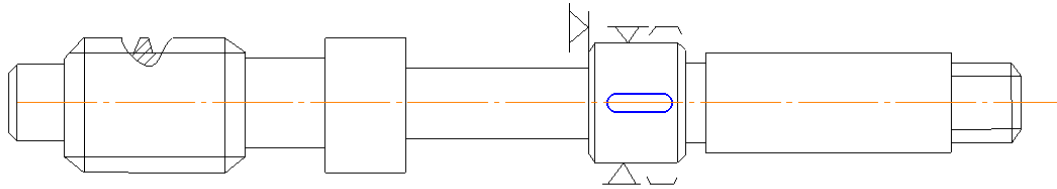


Рисунок 2.9 – Схема базування

Установочні елементи: дві призми з кутом $2\alpha = 90^\circ$ для базування по циліндричній поверхні вала, одна з яких рухома.

Плоскі поверхні двох призм утворюють подвійну напрямну базу, що лишає заготівку чотирьох ступенів вільності, плоский торець вала являється опорною базою, що лишає заготівку ще однієї ступені вільності (при вибраній схемі закріплення).

Заготівка позбавлена п'яти ступенів вільності. Залишається вільним оберт заготівки навколо своєї осі.

2.6.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

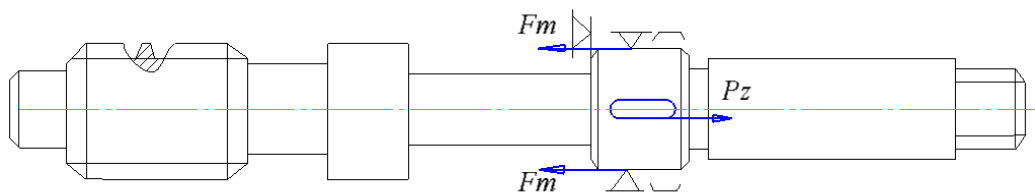


Рисунок 2.10 – Схема для розрахунку сили затиску

Величина сили різання при фрезеруванні паза кінцевою шпонковою фрезою визначається за формулою:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z}{D^y \cdot n^w} \cdot K_{mp},$$

де, C_p - коефіцієнт;

x, y, u, q, w - показники степені.

$$C_p = 261, x = 0,9, y = 0,8, u = 1,1, q = 1,1, w = 0,1 \quad [].$$

$$K_{mp} = \left(\frac{\sigma_{\epsilon}}{750} \right)^n,$$

де, n - показник степені;

$$n = 0,3 \quad [].$$

$$K_{mp} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,3} = 0,94$$

$$P_z = \frac{10 \cdot 261 \cdot 4^{0,9} \cdot 0,126^{0,8} \cdot 8^{1,1} \cdot 2}{8^{1,1} \cdot 315^{0,1}} \cdot 0,94 = 403,3 \text{ Н.}$$

Під дією сили в опорах (призмах) виникають реакції R .

Розглянемо проекції сил на вісь y :

$$\Sigma P_{iy} = 0; -W + 2 \cdot R \cdot \cos 45^\circ = 0,$$

звідки:

$$R = \frac{W}{2 \cdot \cos 45^\circ} = 0,707 \cdot W. \quad (2.2)$$

Величина сили тертя між призмою для закріплення та поверхнею заготовки:

$$F_{T1} = W \cdot f_1,$$

де f – коефіцієнт тертя ковзання, прийmemo $f_1 = 0,25$ [28].

Величина сили тертя між поверхнями заготовки та призми:

$$F_{T2} = 2R \cdot f_2 = 2 \cdot 0,707 \cdot W \cdot f_2 = 1,414 \cdot W \cdot f_2.$$

Приймаємо матеріал важеля і призми один і той же, тоді $f_1 = f_2$ $f = 0,25$.

$$K = K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \geq (2,5),$$

де K_0 – коефіцієнт гарантованого запасу;

$K_0 \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6$ – коефіцієнти, що відповідно враховують збільшення сил різання при чорновій обробці, при затупленні інструменту, при переривистому різанні, нестабільності сил закріплення, незручність розташування рукоятки, при базуванні плоскої поверхні по плоских опорах.

Приймаємо по [2]:

$$K_0 = 1,5; K_1 = 1,0; K_2 = 1,6; K_3 = 1,0; K_4 = 1,0; K_5 = 1,0; K_6 = 1,5.$$

$$K = 1,5 \cdot 1 \cdot 1,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 = 3,6 > 2,5, \text{ умова виконується.}$$

Визначення сили закріплення W

1) Сила P_Z намагається зсунути заготовку по поверхням призми, чому перешкоджають сили тертя.

Розглянемо рівняння рівноваги відносно цього випадку.

$$\Sigma P_{iz} = 0, P_Z - F_{T1} - F_{T2} = 0.$$

$$P_Z - W \cdot f_1 - 1,414 \cdot W \cdot f_2 = 0.$$

$$P_Z - W \cdot f - \frac{2 \cdot W \cdot f}{2 \cdot \sin \frac{\alpha}{2}} = 0.$$

(2.3)

Звідки:

$$W_1 = \frac{P_Z}{f \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{403,3}{0,25 \left(1 + \frac{1}{\sin 45^\circ} \right)} = 635,175 \text{ Н}$$

В розрахунках не була врахована надійність закріплення через коефіцієнт K . Так як збільшення сили P_Z викликає збільшення W .

Тоді:

$$W_1 = \frac{P_Z \cdot K}{f \left(1 + \frac{1}{\sin \frac{\alpha}{2}} \right)} = \frac{403,3 \cdot 3,6}{0,25 \left(1 + \frac{1}{\sin 45^\circ} \right)} = 2286,63 \text{ Н,}$$

Для розрахунків приймаємо силу закріплення

$$W_2 = 2287 \text{ Н.}$$

Розрахунок основних параметрів приводу затискного механізму

Зусилля від штока передається зубчасто-рейковою передачею на затискну губку тому сила затиску буде дорівнювати силі на штокові пневмокамери.

Визначення розмірів пневмокамери.

Приймаємо розрахунковий тиск повітря в пневмомережі $p = 0,4$ МПа.

По прийнятій кінематичній схемі робочий тиск створюється у безштоковій порожнині. Тоді зусилля на штокові

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot p, \quad (2.5)$$

де $D_{ц}$ – діаметр пневмоциліндра, мм

З формули визначаємо:

$$D_{ц} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2287}{3,14 \cdot 0,4}} = 85,3 \text{ мм.}$$

Виходячи з того, що верстатний пристрій можна використовувати для оброблення деталей з іншими розмірами приймаємо з рекомендованого ряду діаметр пневмокамери $D = 150$ мм, діаметр штока $d_{ш} = 25$ мм, [13].

Визначення дійсного зусилля на штокові. Дійсне зусилля, що створює пневмокамера з вибраними параметрами при максимальному тиску у системі:

$$Q_{\partial} = \frac{\pi \cdot D^2}{4} p = \frac{3,14 \cdot 150^2}{4} \cdot 0,4 = 11127,4 \text{ Н.}$$

2.6.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

В пристрої найбільші навантаження діють на різьбу яка з'єднує шток і рейку, тому проводимо розрахунок його різьби на зріз за формулою

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot [\tau_{зр}] \cdot n}} \quad (2.6)$$

де $n = 1$ – число площини зрізу;

$[\tau_{зр}] = 120$ МПа – допустиме напруження на зріз.

Тоді

$$d_0 = \sqrt{\frac{4 \cdot 11127,4}{3,14 \cdot 120 \cdot 1}} = 10,9 \text{ мм.}$$

По кресленню $d_0 = 12$ мм. Міцність з'єднання забезпечена.

2.6.4 Розрахунок пристрою на точність

Розрахунок похибки установки. Визначення похибки базування.
Для заданої схеми установки похибка базування по [2]:

$$\varepsilon_{\delta} = 0,5 \cdot T_{\delta} \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right), \quad (2.7)$$

де T_{δ} – допуск на базовий діаметр заготовки, мм;

α - половина кута призми в град.

$$T_{\delta} = es - ei = + 0,2 - 0 = 0,2 \text{ мм;}$$

$$\alpha = -\frac{2\alpha}{2} = \frac{90^\circ}{2} = 45^\circ.$$

$$\varepsilon_\delta = 0,5 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{1}{\sin \alpha} - 1 \right) = 0,041 \text{ мм.}$$

Визначення похибки закріплення ε_3 в призмі

Для заданої схеми базування та прикладення сил закріплення по [2].

$$\varepsilon_3 = \left[\left(K_{Rz} \cdot R_z + \frac{K_{HB}}{HB} \right) + C_1 \right] \cdot \left(\frac{W}{19,6 \cdot l} \right)^m, \quad (2.8)$$

де K_{Rz} – коефіцієнт; $K_{Rz} = 0,005$;

R_z – параметр шорсткості поверхні заготовки, по якій вона базується, $R_z = 20$ мкм;

K_{HB} – коефіцієнт, $K_{HB} = 15$;

HB – твердість матеріалу заготовки, $HB = 180$, для матеріалу заготовки Сталь 45, C_1 – коефіцієнт.

$$C_1 = 0,086 + \frac{8,4}{d_{заг}} = 0,086 + \frac{8,4}{50} = 0,254,$$

де W – сила закріплення, з п.1.7.4 $W = 2463,9$ Н;

l – довжина твірної, по якій проходить контакт заготовки з опорою, см; прийнята довжина поверхні призми $l = 50$ мм = 5 см;

m – показник степені; $m = 0,7$.

$$\varepsilon_3 = \left[\left(0,005 \cdot 20 + \frac{15}{180} \right) + 0,254 \right] \cdot \left(\frac{2463,9}{19,6 \cdot 5} \right)^{0,7} = 4,97 \text{ мкм} = 0,005 \text{ мм.}$$

Визначення похибки $\varepsilon_{пр}$

$\varepsilon_{пр}$ – характеризує неточність положення установочних елементів пристрою

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{yc}^2 + \varepsilon_{zn}^2 + \varepsilon_{\phi}^2}, \quad (2.9)$$

де ε_{yc} – похибка помилок виготовлення установочних елементів;

ε_{zn} – похибка зношення установочних елементів;

ε_{ϕ} – похибка фіксації пристрою на верстатів;

Величина зношення в напрямку отримуваного розміру N заготівки.

$$\varepsilon_{zn} = 50 \text{ мкм} = 0,050 \text{ мм.}$$

По рекомендаціях [3] приймаємо:

$$\varepsilon_{yc} = 0,005 \text{ мм, (рекомендовано } \varepsilon_{yc} \leq 0,01..0,005 \text{ мм)}$$

$$\varepsilon_{\phi} = 0,01 \text{ мм, (рекомендовано } \varepsilon_{\phi} \leq 0,01..0,02 \text{ мм).}$$

$$\text{Тоді: } \varepsilon_{np} = \sqrt{0,005^2 + 0,05^2 + 0,01^2} = 0,05 \text{ мм.}$$

Похибка установки ε_y .

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\theta}^2 + \varepsilon_{\beta}^2 + \varepsilon_{np}^2} = \sqrt{0,041^2 + 0,005^2 + 0,05^2} = 0,065 \text{ мм.}$$

Допустима похибка пристрою $\varepsilon_{дон}$.

$$\varepsilon_{дон} = TH - K\omega,$$

де TH – поле допуску на виконаний розмір деталі;

$K = 0,6..1,0$ – коефіцієнт;

ω – досягаєма точність обробки на вибраному верстаті.

$$TH = es - ei = 0 - (-0,2) = 0,2 \text{ мм;}$$

$K = 0,6$, $\omega = 60$ мкм = 0,6 мм при фрезеруванні по 9му квалітету точності та шорсткості $Ra = 3,2$ мкм, [29] – чистове фрезерування.

$$\varepsilon_{\text{доп}} = 0,2 - 0,6 \cdot 0,06 = 0,164 \text{ мм.}$$

Умова $\varepsilon_y < \varepsilon_{\text{доп}}$, виконується,

$$\varepsilon_y = 0,066 \text{ мм} < \varepsilon_{\text{доп}} = 0,164 \text{ мм.}$$

2.6.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи

Пристрій складається з корпусу на якому змонтовано пневмокамера. Сила від штока передається на важіль. На підшві корпусу встановлено дві напрямні шпонки. Корпус пристрою кріпиться до верстата за допомогою болтів та провущин.

Пристрій працює наступним чином: стиснене повітря подається через штуцер в порожнину, шток рухається вправо, починає передавати зусилля через зірочку на рейку затискної губки. Для розтиску заготовки стиснене повітря подається у штокову порожнину камери. Шток рухається вправо розтискається заготовка. Тепер маємо можливість замінити заготовку.

До технічних вимог такого пристрою можна віднести: співвісність установочних призм, паралельність вісі призм до площини основи пристрою.

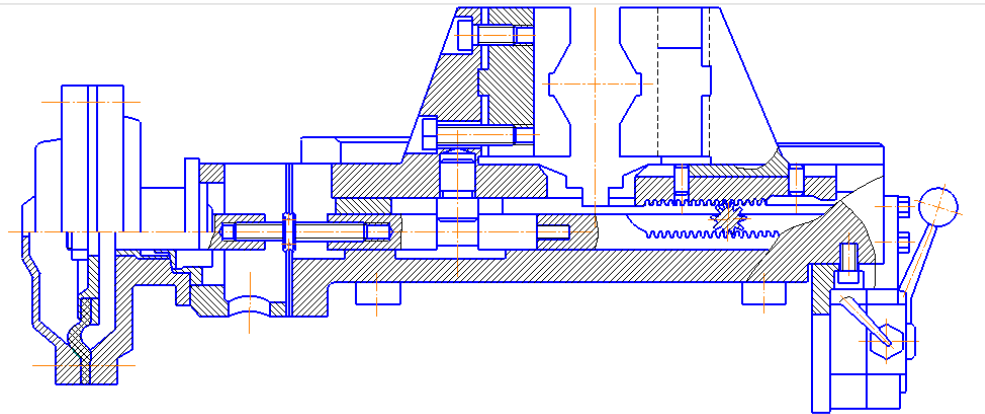


Рис. 2.11 - Пристрій для фрезерування шпонкових пазів

Технічні вимоги

- 1 Після встановлення кулачків розточити їх з одної установки, радіальне биття відносно п. А не більше 0,04 мм;
- 2 Забезпечити вільне переміщення гайки поз. 11 без люфту;
- 3 Випробувати під тиском 11 МПа в проміжку 15 хв., витікання мастила не допускається;
- 4 Робочий тиск 10 МПа.

Технічна характеристика

- 1 Зусилля затиску при тиску мастила 10 МПа -48004 Н;
- 2 Максимальний діаметр захвату диску – 320 мм.

2.7 Розрахунок та проектування вимірювального інструменту

для контролю пов. $\text{Ø}35f7\left(\begin{smallmatrix} -0,025 \\ -0,05 \end{smallmatrix}\right)$

Для контролю одної, чи декількох поверхонь необхідно підібрати вимірювальний інструмент, провести розрахунки виконавчих розмірів і визначити ілюстраційну схему взаємного розташування і допусків деталі і калібру.

Для контролю поверхні $\text{Ø}35f7(-0,025)$ необхідно підібрати вимірювальний інструмент скобу, провести розрахунки виконавчих розмірів і визначити ілюстраційну схему взаємного розташування і допусків деталі і скоби.

Знаходимо граничні розміри валу за формулами:

$$\begin{aligned} d_{\max} &= d + es, \\ d_{\min} &= d + ei. \end{aligned} \quad (2.10)$$

$$d_{\max} = 35 + (-0,025) = 34,975 \text{ (мм)}.$$

$$d_{\min} = 35 + (-0,05) = 34,95 \text{ (мм)}.$$

За ГОСТ 24853-81 [1] для 7 квалітету і інтервалу розмірів більше від 20 до 40 мм знаходимо данні для визначення розмірів необхідних калібрів:

$Z_1 = 0,0025$ мм – відхилення середини поля допуску на виготовлення прохідного калібру для вала відносно найбільшого граничного розміру виробу;

$Y_1 = 0,002$ мм – допустимий вихід розміру зношеного прохідного калібру для вала за границю поля допуску виробу;

$H_1 = 0,003$ мм – допуск на виготовлення калібрів для вала;

$H_p = 0,0012$ мм – допуск на виготовлення контрольного калібру для скоби.

Визначаємо розміри калібру-скоби:

1) найменший розмір прохідного нового калібру-скоби ПР визначаємо за формулою:

$$ПР = d_{\max} - Z_1 - H_1 / 2. \quad (2.11)$$

$$ПР_{\min} = 35 - 0,0025 - 0,003 / 2 = 34,996 \text{ (мм)}.$$

2) найменший розмір непрохідного калібру-скоби НЕ визначаємо за формулою:

$$HE_{\min} = d_{\min} - H_1 / 2. \quad (2.12)$$

$$HE = d_{\min} - H_1 / 2 = 34,95 - 0,003 / 2 = 34,9485 \text{ (мм)}.$$

1) граничний розмір зношеного калібру-скоби ПР визначаємо за формулою:

$$PP_{3H} = d_{\max} + Y_1. \quad (2.13)$$

$$PP_{3H} = d_{\max} + Y_1 = 34,975 + 0,002 = 34,977 \text{ (мм)}.$$

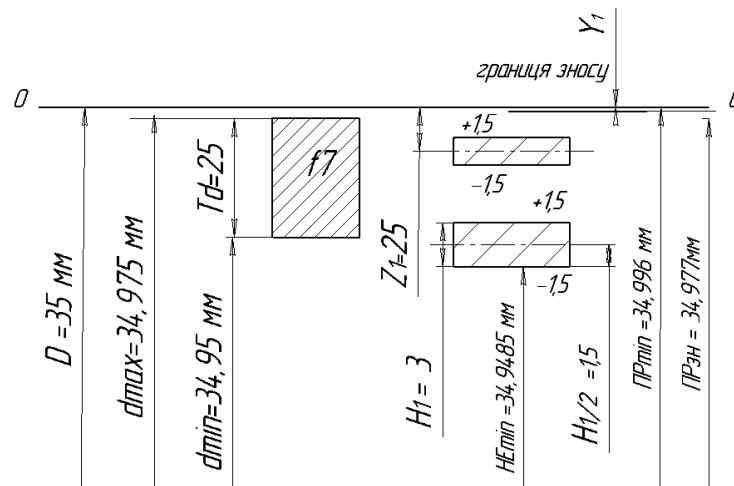


Рисунок 2.12 – Схема розташування полів допусків для розміру

$$\text{Ø}35f7 \begin{pmatrix} -0,025 \\ -0,05 \end{pmatrix}.$$

2.8. Розрахунок та проектування різального інструменту: різця прохідного із механічним кріпленням пластини

Різець із механічним кріпленням багатогранної непереточувальної пластини (БНП) складається із таких основних елементів: корпуса різця 1; різальної пластини (БНП) 2; підкладної пластини 3; стружколамної пластини 4 та елементів кріплення (рис. 2.13)

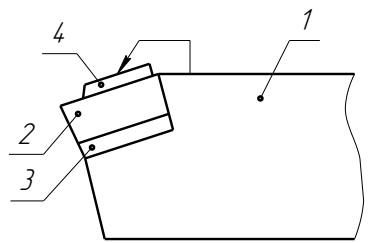


Рисунок 2.13 - Конструкція різця з БНП

Тіло різця, або державка, виготовляється із стандартних стержнів переріз яких стандартизований. Матеріал стержня різця - сталь 45, Т.О. - поліпшення, $[\sigma_{зг}] = 200 \text{ Н/мм}^2$. Профіль стержня приймаємо прямокутний із розмірами $H \times B = 25 \times 20 \text{ мм}$.

Використовуємо непереточувальну трьохгранну пластину із твердосплавного матеріалу Т15К6.

Підкладна пластина служить для запобігання руйнування корпуса різця. Стружколамна пластина використовується для ламання стружки.

Механізм кріплення пластини складається з елементів які залежать від схеми кріплення.

Оскільки частіше всього використовуються пластини із $\alpha = 0^\circ$, то для забезпечення в ході різання потрібних кутів α_c і α_{1c} (статичне) різальна пластина має відповідним чином нахилитися або повертатися в корпусі інструмента.

Проектуємо різець з параметрами:

$$\varphi = 92^\circ \quad \alpha = 8^\circ \quad \gamma = 8^\circ$$

Твердосплавна паралелограмна пластина зі сплаву Т15К6 ГОСТ 19042-

з механічним кріпленням по ГОСТ 19064-80.

Розрахунок різця на згин.

Проведемо розрахунок на міцність на згин державки токарного прохідного різця за схемою рис. 2.14.

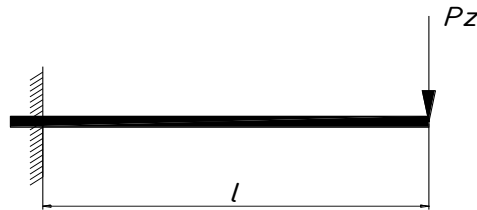


Рисунок 2.14 - Розрахункова схема

P_z - сила різання, $P_z = 335$ Н,

Визначимо згинальний момент в защемленні:

$$M_{зг} = P_z \cdot l, \text{ мм}, \quad (3.15)$$

$$M_{зг} = 335 \cdot 50 = 16750 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Умова міцності при згині

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{зг}}{W} \leq [\sigma], \quad (3.16)$$

де σ_{\max} - максимальне напруження згину,

W - момент опору перерізу:

$$W = \frac{a^3}{6}, \text{ мм}^3 \quad (3.17)$$

де a - розмір державки різця в поперечному перерізі (20x20), $a = 20$ мм,

$$W = \frac{20^3}{6} = 1333,3 \text{ мм}^3,$$

$[\sigma]$ - допустиме напруження при згині, для сталі 45 $[\sigma] = 160$ МПа.

Знаходимо максимальне напруження:

$$\sigma_{\max} = \frac{16750}{1333,3} = 12,56 \text{ МПа},$$

Так як $[\sigma] = 160 \text{ МПа} > \sigma_{\max} = 12,56 \text{ МПа}$, то міцність державки різця достатня.

Висновки до розділу 2

1. Удосконалено конструкцію ділильної головки УДГ-160 з метою розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК при обробленні заготовок, яка дозволяє забезпечити обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа та підвищити точність обробки за умов зниження собівартості ділильної головки.

2. Проведено розрахунки верстаного пристрою для фрезерування шпонкового пазу, з визначенням сили затиску, розрахунком елемента пристрою на міцність, на точність та приведено опис його роботи. Проведено розрахунки контрольного пристрою. Спроектовано збірний різець.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

3.1. Опис конструкції деталі, її призначення та принцип роботи

Деталь «Вал черв'ячний» входить до складу універсальної ділильної головки мод. УДГ-160. Матеріал деталі - сталь 40Х ГОСТ 4543-71, маса - 1,05 кг. Деталь відноситься до деталей типу валів без внутрішніх отворів, являє собою тіло обертання, що має елементи зубчастого зачеплення та елементи, призначені для її базування щодо інших деталей кінематичного ланцюга.

Черв'як відноситься до силових черв'ячних передач, застосовуваних в різноманітних редукторах, коробках швидкостей і механізмів для передачі крутного моменту при великому передавальному відношенні.

Черв'як передає рух на черв'ячне колесо зі зниженням обертів вихідного валу черв'ячної передачі. Черв'як встановлюється в підшипники ковзання та за допомогою шестерні, яка встановлена на циліндричній поверхні з шпонковим пазом, передає крутний момент на колесо.

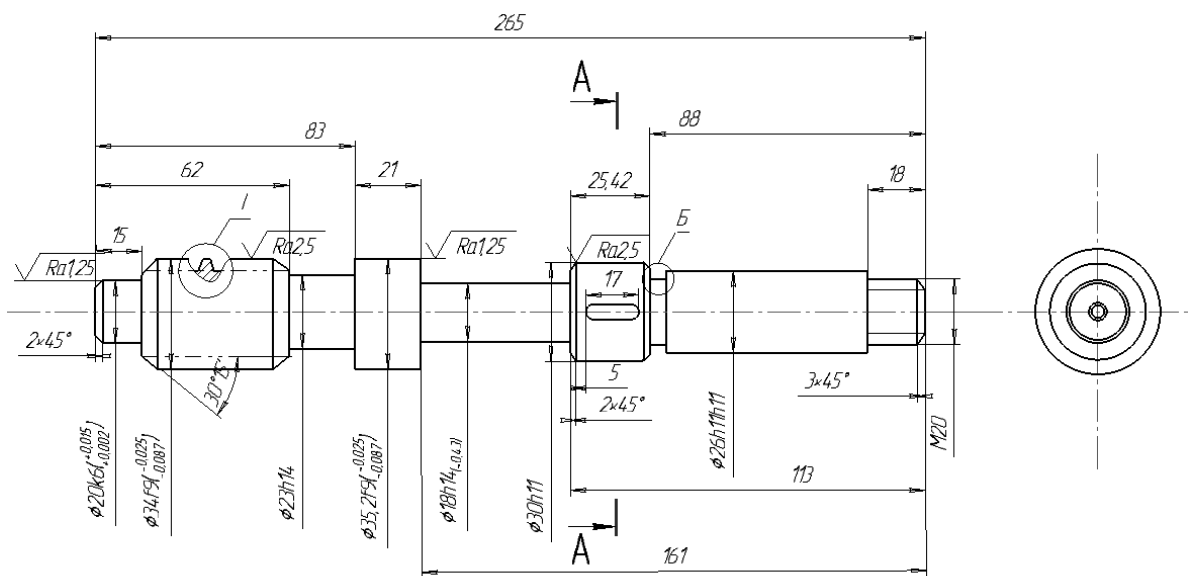


Рисунок 3.1 – Ескіз деталі Вал черв'ячний

3.2. Технічні вимоги на виготовлення деталі та методи їх забезпечення

До поверхонь Вала черв'ячного і його циліндричних поверхонь, на які будуть встановлюватися підшипники, пред'являються високі вимоги по точності розмірів, взаємного розташування поверхонь і шорсткості.

Хімічний склад та механічні властивості сталі 40Х (ГОСТ 4543-71) наведено в табл. 3.1 та 3.2 [4].

Таблиця 3.1- Хімічний склад сталі 40Х ГОСТ 4543-71

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
			Не більше			
0,36...0,4	0,5...0,8	0,17...0,3	0,0	0,045	0,8 -1,1	0,3

Таблиця 3.2 - Механічні властивості сталі 40X ГОСТ 4543-71

σ_T МПа	σ_e МПа	$\delta_5, \%$	$\psi, \%$	$a_n,$ кДж/см ²	HB
800	1000	12	45	50	197...207

Поверхнева твердість загартованої деталі становить в середньому *HRC* 40.. 45. Твердість заготовки в стані поставки знаходиться в межах *HB* - 197... 207.

З цієї марки сталі виконують деталі, що працюють на знос при середніх окружних швидкостях і невисоких ударних навантаженнях, при середніх тисках і невеликих швидкостях. Можлива заміна іншими сталями: Сталь 45, 40, 50, 30X, 45X, 40ХН, 38ХА.

Основними елементами деталі «Вала черв'ячного» є: поверхня черв'яка $\varnothing 35k6$, посадочні шийки під підшипники $\varnothing 20k6$ довжиною 38h14, шийки вала $\varnothing 18h14$, різьбова поверхня М20-7h, циліндрична поверхня $\varnothing 9,5h8$ під шпонковий паз або лиску.

Радіальне биття посадочних шийок під підшипник щодо осьової лінії (база В) 0,025 мм.

Відхилення від циліндричної посадочних шийок під підшипники щодо осьової лінії (база В) не повинно перевищувати 0,007 мм.

Допуск паралельності шпонкової канавки щодо осьової лінії (база В) не повинно перевищувати 0,05 мм.

3.3. Аналіз технологічності деталі

Деталь - виготовлена з легованої сталі 40Х і проходить термообробку, що має велике значення щодо викривлення, можливого при нагріванні і охолодженні деталі під час гартування та відпуску.

Вал черв'ячний є деталь, що відноситься до деталей класу «Вали». Деталь є досить жорсткою, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та вести обробку на нормативних режимах різання, не зменшуючи їх. Обробка майже всіх поверхонь ведеться з установкою по центровим отворам, що дозволяє значно знизити похибку установки деталі. Конструкція деталі дає можливість поєднувати конструкторські, технологічні і вимірювальні бази.

Для обробки всіх поверхонь деталі існує можливість застосування високоефективного обладнання і високопродуктивних методів обробки. Деякі розміри деталі забезпечуються самим інструментом. Шпонковий паз є напіввідкритим зі сторони торця, що спрощує його обробку.

В цілому конструкція Вала черв'ячного є досить технологічною і дозволяє порівняно легко і гарантовано забезпечувати задані вимоги відомими технологічними способами, на всіх технологічних операціях забезпечується дотримання принципу єдності баз.

3.4 Попереднє визначення типу виробництва

Для визначення типу виробництва використовуємо річну програму випуску

$N = 10000$ шт. і масу деталі $m_d = 1,05$ кг. Згідно рекомендацій [метод. вказівок з табл.] попередньо визначаємо тип виробництва - багатосерійне. Тип виробництва визначає форму організації техпроцесу згідно ГОСТ 14.312 - 74.

Серійне виробництво характеризується обмеженою номенклатурою виробів, що виготовляються чи ремонтуються періодично партіями, які повторюються з порівняно великим об'ємом випуску.

При невеликій працеемкості обробки або недостатньо великій програмі випуску виробів доцільно обробляти заготовки партіями, з послідовним виконанням операцій, тобто після обробки всіх заготовок партії на одній операції виконувати обробку цієї партії на наступній операції.

При цьому час обробки на різних верстатах не узгоджують. Заготовки під час обробки зберігають біля верстата, потім транспортують цілою партією.

В серійному виробництві застосовують також змінно - потокову форму організації робіт. Тут обладнання розташовують по ходу технологічного процесу. Обробку виконують партіями, причому заготовки кожної партії можуть відрізнятися розмірами і конфігурацією, але допускають обробку на одному і тому ж обладнанні.

При серійному виробництві застосовують універсальні, спеціалізовані, агрегатні та інші металообробні верстати.

При виборі технологічного обладнання, спеціального чи спеціалізованого пристрою та інструмента необхідно виконувати розрахунки затрат і строків окупності, а також економічний ефект від використання обладнання і технологічної оснастки.

3.5. Вибір та обґрунтування методу отримання заготовки

При виборі способу отримання заготовки необхідно враховувати конструкцію деталі, її матеріал та масу; точність, шорсткість і якість поверхонь деталі.

Виходячи із конструкції деталі, типу виробництва та матеріалу деталі приймаємо заготовку із круглого прокату (ГОСТ 26492-85). [4].

Діаметр прокату знаходимо по [19]. Приймаємо:

$$D_{заг.} = D_{дет} + 2z_0, \quad D_{заг.} = 35 + 2 \times 2,0 = 39 \text{ мм},$$

де z_0 – припуск на обробку найбільшого зовнішнього діаметра, $z_0 = 2,0$ мм [4]. Довжина заготовки: $L_{заг.} = L_{дет} + 2z_0$, де z_0 – припуск на механічну обробку торця, $z_0 = 2,0$ мм

$$L_{заг.} = 265 + 2 \times 2,0 = 269 \text{ мм}.$$

Ескіз заготовки із прокату приведено на рис. 3.2.

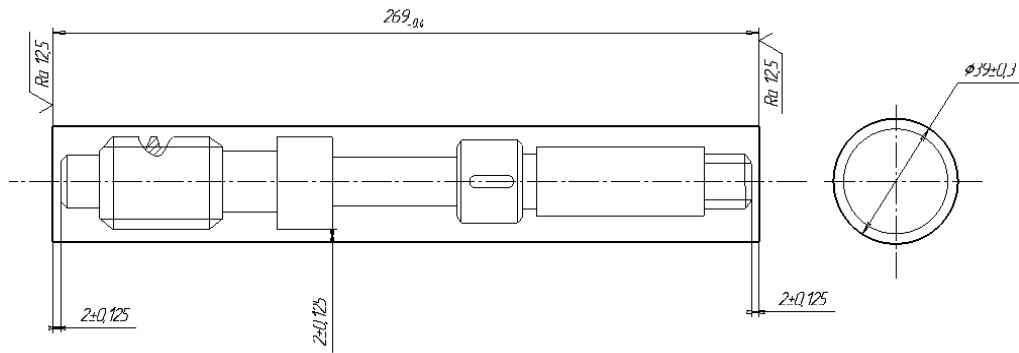


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки із круглого прокату

Знаходимо вагу заготовки: $Q = V \cdot \rho$,

де V – об'єм заготовки, $V = \frac{\pi \cdot D_{заг.}^2}{4} \cdot L_{заг.}$; ρ – питома вага сталі,

$$\rho = 7,8 \cdot 10^3 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,039^2}{4} \cdot 0,269 \cdot 7,8 \cdot 10^3 = 2,5 \text{ кг};$$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_m = \frac{q}{Q},$$

де q – вага деталі, $q = 1,05$ кг; Q – вага заготовки, $Q = 2,5$ кг

$$K_m = \frac{1,05}{2,5} = 0,42.$$

Вартість заготовок отриманих прокатом визначається за формулою [5]

$$M = QS - (Q - q) \cdot S_{\text{відх.}} / 1000, \quad (3.1)$$

де Q_1 - маса заготовки отриманої методом прокату;

де S - ціна 1 кг матеріалу, $S = 37$ грн.;

q - маса готової деталі, $q = 1,05$ кг;

$S_{\text{відх.}}$ - ціна 1т відходів, $S_{\text{відх.}} = 7000$ грн.

$$M = 2,5 \cdot 37 - (2,5 - 1,05) \cdot 7000 / 1000 = 82,7 \text{ грн.}$$

3.6. Вибір варіанту технологічного процесу по мінімуму приведених витрат

Для оцінки економічності технологічного процесу проведемо розрахунки економічної ефективності двох можливих варіантів обробки, а потім виберемо з них найбільш раціональний для даних умов

Відмінними особливостями варіантів технологічного процесу, що пропонуються являються:

- У першому варіанті чорнова та чистова обробка проводиться на чотирьох токарних верстатах 16K20.
- У другому варіанті чорнова та чистова обробка проводиться на двох токарних верстатах з ЧПК 16K20Ф3.

Варіант перший

$$C_{\text{п.в.}} = C_3 + C_{\text{ч.з}} + E_n(K_c + K_3), \quad (3.2)$$

де $C_{\text{п.в.}}$ - годині приведені витрати, коп./год.

C_3 - основна та допоміжна ЗП, коп./год.

$C_{\text{ч.з}}$ - годині витрати на експлуатацію робочого місця, коп./год.

E_n - нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладів ,

$$E_n = 0,15 \text{ [5]}$$

K_c, K_3 - питомі години капітальних вкладів відповідно в верстат та в будову, коп./год.

$$C_3 = \varepsilon \cdot C_{m.f} \cdot k \cdot y, \quad (3.3)$$

де ε - коефіцієнт , що враховує додаткову ЗП рівну 9 % , що нарахована на соціальне страхування 7,6% та приробинок до основної ЗП в результаті перевиконань норм на 30 % , $\varepsilon = 1,53$ [5] .

$C_{т.ф.}$ - година тарифна ставка верстатника відповідного розряду ,

$$C_{т.ф.} = 67 \text{ коп./год. [5]}$$

K - коефіцієнт , що враховує ЗП наладчика , $k=1$, [5].

Y - коефіцієнт , що враховує оплату робітника при багатостатному обслуговуванню , $y=1$, [5].

$$C_3 = 1,53 \cdot 67 \cdot 1 \cdot 1 = 102 \text{ коп./год.}$$

Часові витрати по експлуатації робочого місця

$$C_{ч.з} = C_{ч.з}^{Б.П} \cdot k_M, \quad (3.4)$$

де $C_{ч.з.}$ - практичні часові витрати на базовому робочому місці , коп./год.,

k_M - коефіцієнт який показує у скільки раз витрати, пов'язані з роботою даного верстата, більше, ніж аналогічні витрати у базового верстата (значення k_M приведено в [5] , $k_m=1,3$. Приймаємо

$$C_{ч.з}^{Б.П} = 36,3 \text{ коп./год.}$$

$$C_{ч.з} = 36,3 \cdot 1,3 = 47,19 \text{ коп./год}$$

Капітальні вкладення у верстат

$$K_c = \frac{Ц \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (3.5)$$

де Π - балансова вартість верстата , $\Pi = 5450$, $\Pi' = 21800$ грн., [5].

F_d - дійсний річний фонд часу , $F_d = 3990$ год.

η_3 - коефіцієнт завантаження верстата , $\eta_3 = 0,8$, [5].

$$K_c = \frac{21800 \cdot 100}{3990 \cdot 0,8} = 683 \text{ коп./год.}$$

Капітальні вкладення у будівлю (коп./ч.);

$$K_3 = \frac{F \cdot 78,4 \cdot 100}{F_d \cdot \eta_3}, \quad (3.6)$$

де F - виробнича площа , яку займає верстат з урахуванням проходів , m^2 ,

$$F = F_B \cdot \kappa_B, \quad (3.7)$$

де F_B - площа , яку займає верстат , m^2 , $F_B = 2,98$, $F'_B = 2,98 \times 4 = 11,92$ [5].

κ_B - коефіцієнт , що враховує додаткову виробничу площу проходів ,

$$\kappa_B \kappa_B = 3,5, [5].$$

$$\kappa_B F = 11,92 \cdot 3,5 = 41,72 \text{ м}^2.$$

$$K_{3'} = \frac{41,72 \cdot 78,4 \cdot 100}{3990 \cdot 0,8} = 102,5 \text{ коп./год.}$$

$$C_{п.в} = 102 + 47,19 + 0,15 \cdot (683 + 102,5) = 267 \text{ коп./год.}$$

Технологічна собівартість операції механічної обробки визначається за формулою:

$$C_o = \frac{C_{п.в} \cdot T_{шм}}{60 \cdot \kappa_0}, \quad (3.8)$$

$$C_o = \frac{267 \cdot 66,59}{60 \cdot 1,3} = 228 \text{ коп.}$$

де, $T_{шт}$ - штучний час на операцію, хв..

κ_{β} - коефіцієнт виконання норм, $\kappa_{\beta} = 1,3$.

Приведену річну економію визначаємо за формулою:

$$Э_2 = \frac{(C'_o - C''_o)N}{100}, \quad (3.9)$$

де, C'_o, C''_o - технологічна собівартість операцій, що порівнюються;

N - річна програма випуску.

Другий варіант.

$$C_{т.ф.} = 54,8 \text{ коп./год.}, [5]$$

$$y = 0,65 [5].$$

$$C_3 = 1,53 \cdot 54,8 \cdot 1 \cdot 0,65 = 54,4 \text{ коп./год.}$$

$$\kappa_m = 1,3, [5].$$

$$C_{ч.з} = 36,3 \cdot 1,3 = 47,19 \text{ коп./год.}$$

$$Ц = 20000 \text{ грн.}, Ц' = 20000 \times 2 = 40000 \text{ грн.}$$

$$K_C = \frac{20000 \cdot 100}{3990 \cdot 0,8} = 626 \text{ коп./год.}$$

$$F_B = 4,8 \text{ м}^2, F'_B = 4,8 \times 2 = 9,6 \text{ м}^2, [5].$$

$$\kappa_B = 1,3, [5].$$

$$F = 9,6 \cdot 3 = 28,8 \text{ м}^2.$$

$$K_3 = \frac{28,8 \cdot 78,4 \cdot 100}{3990 \cdot 0,8} = 70,73 \text{ коп./год.}$$

$$C_{п.в} 2 = 54,4 + 47,19 + 0,15 \cdot (626 + 70,73) = 206 \text{ коп./год.}$$

$$C_o = \frac{C_{п.в} \cdot T_{шт}}{60 \cdot \kappa_{\beta}} \quad (3.9)$$

$$C_o = \frac{206 \cdot 8,30}{60 \cdot 1,3} = 21,92 \text{ коп.}$$

$$E_2 = \frac{(228 - 21,92)20000}{100} = 41216 \text{ грн.}$$

З приведених розрахунків видно, що застосування другого варіанта обробки на верстатах з ЧПК, забезпечує річний економічний ефект 41216 грн.

3.7 Вибір верстатів, інструменту (різального, вимірювального) та технологічних баз

Для виконання операцій оброблення поверхонь черв'яка проводимо вибір верстатного обладнання та інструменту з указанням базових поверхонь по операціям та заносимо табл.3.3.

Таблиця 3.3 – Вибір верстатів та інструменту і баз

	Найменування та зміст операції	Модель верстата	Різальний інструмент	Технологічні бази
	2	3	4	5
005	Токарна з ЧПК	16К20Ф3	Різець 2120–4084 ГОСТ1888-73 Свердло центрувальне ГОСТ 14952-75 Різець ГОСТ 18879-73;	Зовнішня циліндрична поверхня, торець Центровий отвір
010	Токарна з ЧПК.	16К20Ф3	Різець ГОСТ1888-73 Свердло центрувальне ГОСТ 14952-75 Різці:ГОСТ 18879-73	
015	Вертикально-фрезерна	6Р13	Фреза, ГОСТ 9140-78	Зовнішня циліндрична поверхня, торець
	Токарна	16К20	Різець, 2557-4004	Патрон, центрові

020				отвори
025	Круглошліфувальна	3М152	Круг1 600×80×305 14А; 25-ПС1-С2 7К5 50 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83	Центрові отвори, поводок

Закінчення табл.3.3

	2	3	4	5
030	Різьбошліфувальна	5886В	Круг 1 400×16×203 25А; 40-П С1 7К5 35 м/с А 1кл. ГОСТ 2424-83, шаблон 8384- 4054-01	Центрові отвори, поводок

3.8 Проектування технологічного процесу виготовлення деталі

При розробленні технологічних операцій необхідно уточнити зміст та кількість переходів на окремій операції; вибрати засоби технологічного оснащення; визначити розміри для настроювання різального інструменту; розрахувати режими різання та норми часу.

При розробленні операцій технологічного процесу необхідно враховувати маршрут обробки, схеми базування, точність обробки поверхонь та їх якість.

Правильно обране пристосування має сприяти підвищенню продуктивності праці, точності та якості обробки, поліпшенню умов праці, ліквідації попередньої розмітки деталей і вивірки їх при установці на верстаті.

Моделі верстатів вибираємо із умови забезпечення виконання необхідних технічних умов, заданих кресленням деталі; для виконання принципу концентрації оброблення всіх поверхонь на одному верстаті.

Одночасно вибираємо різальний інструмент, що забезпечує досягнення максимальної продуктивності, необхідних точності і шорсткості обробленої поверхні.

Вибір інструмента залежить від наступних факторів: виду верстата, методу обробки, матеріалу деталі, її розміру і конфігурації, необхідних точності і шорсткості обробки, виду виробництва. Вибір матеріалу ріжучої частини інструменту впливає на продуктивність обробки та умови роботи.

На основі аналізу методів обробки поверхонь деталі, конструкції виробу, його технологічності, враховуючи вибір методу отримання заготовки, розробляємо маршрут обробки деталі «Черв'як».

Проводимо детальне розроблення операцій по установах та переходах і заносимо у таблицю 3.4 технологічний процес виготовлення деталі черв'як.

Таблиця 3.4 - Технологічний процес обробки деталі «Черв'як»

	Найменування та зміст операції	Модель верстата
1	2	3
	Заготівельна (прокат)	-
005	<p>Токарна з ЧПК</p> <p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити заготовку (виліт 30 мм) 2. Точити торець ($L = 30_{-0,5}$) 3. Центрувати отвір $\varnothing 4$ <p>Установ Б. Встановити заготовку на центр та закріпити заготовку.</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Обточити начорно по контуру пов. 1, 2, 3 3. Обточити начисто по контуру пов. $\varnothing 20$, $\varnothing 26$, $\varnothing 30$, 4. Нарізати різьбу M20-7g <p>Б. Встановити та закріпити заготовку.</p> <ol style="list-style-type: none"> 3. Обточити начорно по контуру поверхні $\varnothing 37,6$ 4. Обточити начисто по контуру пов. $\varnothing 36,8$ 	16K20Ф3
	<p>Токарна з ЧПК.</p> <p>Установ А</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити та закріпити заготовку. 	16K20Ф3

010	1. Точити торець ($L = 265_{-0,5}$) 2. Центрувати отвір $\varnothing 4$ Установ Б. Встановити заготовку на центр та закріпити заготовку. 2. Обточити начорно пов. 1 3. Обточить начисто пов. $\varnothing 36$,	
015	Вертикально-фрезерна 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Фрезерувати шпонковий паз	6P13
020	Токарна 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Нарізати виток червяка $S = 5,02$ мм $H = 3,2$ мм,	16K20

Закінчення табл 2.4

1	2	3
025	Круглошліфувальна 1. Установити та закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхні пов. $\varnothing 35f9$, $\varnothing 20k6$	3M152
030	Різьбошліфувальна 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Шліфувати виток черв'яка	5886B

3.9 Розрахунок припусків

3.9.1 Розрахунково-аналітичний метод

Аналітичний розрахунок припуску на обробку циліндричної поверхні

$\varnothing 35k6^{(+0,002)}_{(+0,018)}$ мм

Маршрут обробки поверхні

- точіння чорнове;
- точіння чистове;
- шліфування чорнове;
- шліфування чистове;.

Розраховуємо мінімальний припуск за формулою:

$$2Z_{i\min} = 2(R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma i-1}^2 + \varepsilon_{yi}^2}), \quad (3.10)$$

де R_{zi-1} - висота нерівностей, мкм; h_{i-1} - глибина дефектного шару на поверхні, мкм; $\Delta_{\Sigma i-1}$ - просторова похибка відхилення розміщення поверхонь на попередньому переході, мкм;

ε_{yi} - похибка установки заготовки на виконуваному переході, мкм.

Знаходимо значення елементів припуску.

Параметри заготовки – заготовки із прокату:

$$R_{z_{заг}} = 160 \text{ мкм}; h_{z_{заг}} = 200 \text{ мкм} [5], \text{ табл.12}$$

$$\rho_k - \text{відносна кривизна заготовки}, \rho_{kk} = \Delta_k \cdot L,$$

де Δ_k - питома кривизна заготовки, $\Delta_k = 1,0$ мкм/мм; L – найбільший розмір заготовки, $L = 265$ мм;

$$\rho_k = \rho_{кор} = 265 \cdot 1,0 = 265 \text{ мкм.}$$

Допуск заготовки $T_{загот.} = 1600$ мкм.

2. Точіння чорнове:

$$R_{z_{чорн}} = 50 \text{ мкм}; h_{чорн} = 50 \text{ мкм} [5], \text{ табл.28};$$

Просторове відхилення після виконаного переходу механічної обробки знаходиться із формули: $\Delta_{\Sigma \text{..чорн.}} = \Delta_{заг} \cdot K_y$,

де K_y – коефіцієнт уточнення, $K_y = 0,06$ [5], табл. 29; $\Delta_{\Sigma \text{..чорн.}} = 265 \cdot 0,06 = 63$ мкм.

Похибка установки заготовки $\varepsilon_{\text{ут.чорн.}} = 0$ (обробка в центрах).

Допуск на перехід (допуск деталі) $T_{\text{т.чорн.}} = 620$ мкм.

3. Точіння чистове

$$R_{z_{\text{чист}}} = 30 \text{ мкм}; h_{\text{т.чист}} = 30 \text{ мкм} [5], \text{ табл. 28};$$

Просторове відхилення після виконаного переходу механічної обробки: $\Delta_{\Sigma \text{..чист.}} = \Delta_{заг} \cdot k_y$,

де k_y – коефіцієнт уточнення, $k_y = 0,05$ [5], табл. 29

$$\Delta_{\Sigma_{\text{чист.}}} = 63 \cdot 0,05 = 3 \text{ мкм.}$$

Похибка установки заготовки $\varepsilon_{\text{чист.}} = 0$ (обробка в центрах).

Допуск на перехід $T_{\text{т.чист.}} = 250$ мкм.

4. Шліфування чорнове

$R_{\text{шліф.чорн.}} = 10$ мкм.; $h_{\text{шліф.чорн.}} = 20$ мкм [5], табл.27;

Просторове відхилення після виконаного переходу механічної
обробки

$$\Delta_{\Sigma_{\text{шліф.чорн.}}} = \Delta_{\Sigma_{\text{за}}} \cdot k_y, \quad (3.11)$$

де k_y – коефіцієнт уточнення, $k_y = 0,04$ [5], табл. 29;

$$\Delta_{\Sigma_{\text{шліф.чорн.}}} = 3 \cdot 0,04 = 0 \text{ мкм.}$$

Допуск на перехід $T_{\text{т.чист.}} = 100$ мкм.

5. Шліфування чистове:

$R_{\text{шліф.чист.}} = 5$ мкм.; $h_{\text{шліф.чист.}} = 5$ мкм [5], табл.27;

Просторове відхилення після виконаного переходу механічної

$$\text{обробки } \Delta_{\Sigma_{\text{шліф.чорн.}}} = \Delta_{\Sigma_{\text{за}}} \cdot K_y = 0$$

Допуск на перехід $T_{\text{шліф.чорн.}} = 52$ мкм.

Значення елементів припуску записуємо в табл. 3.5.

Таблиця 3.5 - Розрахунок припусків при обробці поверхні Ø35к6

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск, мкм	Розрахунковий розмір, мм	Допуск	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мм	
	$R_{z_{i-1}}$	h_{i-1}	$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$	ε_i				Нм.	Нб.	Нм.	Нб.
Заготовка	160	200	265	--		36,802	1,6	36,90	38,50		
Точіння чорнове	50	50	16	0	2×625	35,552	0,62	35,56	36,18	1,34	2,32

Точіння чистове	30	30	1	0	2×116	35,320	0,25	35,32	35,57	0,24	0,61
Шліфув. чорнове	10	15	0	0	2×61	35,118	0,100	35,20	35,3	0,12	0,27
Шліфув. чистове	5	5	0	0	2×25	35,018	0,018	35,018	35,2	0,052	0,1
Всього										1,752	3,3

Визначаємо мінімальний припуск:

Точіння чорнове:

$$2Z_{\min.чорн.} = 2(160 + 200 + 265) = 2 \times 625 \text{ мкм.}$$

Точіння чистове:

$$2Z_{\min.чист.} = 2(50 + 50 + 63) = 2 \times 163 \text{ мкм.}$$

Шліфування чорнове:

$$2Z_{\min.шл.чорн.} = 2(30 + 30 + 3) = 2 \times 63 \text{ мкм.}$$

Шліфування чистове:

$$2Z_{\min.шл.чист.} = 2(10 + 15) = 2 \times 25 \text{ мкм.}$$

Знаходимо розрахункові розміри. У графу «розрахунковий розмір» для кінцевого переходу записуємо найменший розмір деталі за кресленням:

$$D_p = 35,2 - 0,052 = 35,148 \text{ мм}$$

Знаходимо розрахункові розміри для всіх переходів. Для переходу перед кінцевим, знаходимо розрахунковий розмір додаванням до найменшого розрахункового розміру розрахункового припуску:

$$D_{p.шл.чорн.} = 35,148 + 0,05 = 35,198 \text{ мм}$$

$$D_{p.точ.чист.} = 35,198 + 0,122 = 35,32 \text{ мм ;}$$

$$D_{p.точ.чорн.} = 35,32 + 0,232 = 35,552 \text{ мм ;}$$

$$D_{розр.заг.} = 35,552 + 1,25 = 36,802 \text{ мм}$$

Заносимо у графу найменші граничні розміри для всіх технологічних переходів. Розміри визначаємо заокругленням

розрахункових розмірів в більшу сторону до того знака десяткового дробу, з яким задано допуск на відповідний розмір заготовки:

$$D_{\text{нм дет.}} = 35,148 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм шл. чорн.}} = 35,2 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм точ.чист.}} = 35,32 \text{ мм};$$

$$D_{\text{нм точ.чорн.}} = 35,56 \text{ мм}$$

$$D_{\text{нм загот.}} = 36,90 \text{ мм}$$

Знаходимо найбільші граничні розміри додаванням допуску на перехід до заокругленого найменшого граничного розміру:

$$D_{\text{нб дет.}} = D_{\text{нм дет.}} + T_{\text{дет.}} = 35,148 + 0,052 = 35,2 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб шл.чорн.}} = D_{\text{нм шл.чорн.}} + T_{\text{шл.чорн.}} = 35,2 + 0,1 = 35,3 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чист.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} + T_{\text{точ.чист.}} = 35,32 + 0,25 = 35,57 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб точ.чорн.}} = D_{\text{нм точ.чорн.}} + T_{\text{точ.чорн.}} = 35,56 + 0,62 = 36,18 \text{ мм.}$$

$$D_{\text{нб заг.}} = D_{\text{нм заг.}} + T_{\text{заг.}} = 36,90 + 1,6 = 38,50 \text{ мм.}$$

Знаходимо найбільші граничні припуски як різницю найбільших граничних розмірів попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{\text{нб шл.чист.}} = D_{\text{нб шл.чорн.}} - D_{\text{нб шл.чист.}} = 35,3 - 35,2 = 0,1 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб шл.чорн.}} = D_{\text{нб точ.чист.}} - D_{\text{нб шл.чорн.}} = 35,57 - 35,3 = 0,27 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб т.чист.}} = D_{\text{нб точ.чорн.}} - D_{\text{нб точ.чист.}} = 36,18 - 35,57 = 0,61 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нб.точ.чорн.}} = D_{\text{нб.заг.}} - D_{\text{нб точ.чорн.}} = 38,5 - 36,18 = 2,32 \text{ мм.}$$

Знаходимо найменші граничні припуски як різницю найменших граничних розмірів і попереднього і виконуваного переходів:

$$2Z_{\text{нм шл.чист.}} = D_{\text{нм шл.чорн.}} - D_{\text{нм шл.чист.}} = 35,20 - 35,148 = 0,052 \text{ мм}$$

$$2Z_{\text{нм шл.чорн.}} = D_{\text{нм точ.чист.}} - D_{\text{нм шл.чорн.}} = 35,32 - 35,2 = 0,12 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нм т.чист.}} = D_{\text{нм точ.чорн.}} - D_{\text{нм точ.чист.}} = 35,56 - 35,32 = 0,24 \text{ мм};$$

$$2Z_{\text{нм.т.чорн.}} = D_{\text{нм.заг.}} - D_{\text{нм точ.чорн.}} = 36,90 - 35,56 = 1,34 \text{ мм.}$$

Знаходимо загальні найбільші і найменші припуски:

$$2Z_{\text{нбзаг.}} = 2Z_{\text{нб шл.чист.}} + 2Z_{\text{нб шл.чорн.}} + 2Z_{\text{нб точ.чист.}} + 2Z_{\text{нб точ.чорн.}};$$

$$2Z_{нбзаг} = 0,1 + 0,27 + 0,61 + 2,32 = 3,3 \text{ мм}$$

$$2Z_{нм. заг.} = 2Z_{нм. ил. чист.} + 2Z_{нм. ил. чорн.} + 2Z_{нм. точ. чист.} + 2Z_{нм. точ. чорн.}$$

$$2Z_{нм. заг.} = 0,052 + 0,12 + 0,24 + 1,34 = 1,752 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності розрахунку:

$$T_{заг.} - T_{дет.} = 2Z_{нб. заг.} - 2Z_{нм. заг.}$$

$$1,6 - 0,052 = 3,3 - 1,752, \text{ або } 1,548 = 1,548 - \text{ розрахунок виконано}$$

правильно.

Знаходимо загальний номінальний припуск:

$$2Z_{ном.} = 2Z_{нм. заг.} + H_z - H_d, \quad (3.12)$$

де H_z – нижнє відхилення заготовки, $H_z = 0,6$ мм;

H_d – нижнє відхилення деталі, $H_d = 0,052$ мм.

$$2Z_{ном.} = 1,752 + 0,6 - 0,052 = 2,3 \text{ мм}$$

Номінальний розмір заготовки:

$$H_{ном. заг.} = H_{ном. дет.} + 2Z_{ном.} = 35,2 + 2,3 = 37,5 \text{ мм}$$

На основі розрахунку будуємо схему (рис.2.4) розміщення припусків, допусків та граничних розмірів при обробці поверхні $\text{Ø}35k6$.

На інші поверхні, а саме на довжину деталі приймаємо припуски на сторону по 2 мм з допуском $\pm 0,125$ мм. На діаметральний розмір приймаємо припуски на сторону по 2мм з допуском $\pm 0,3$ мм.

3.11. Розрахунок режимів різання (аналітично) на операцію центрування отвору $\varnothing 4$

Перехід перший зацентрування отвору.

Устаткування: токарний верстат з 16К20Ф3. Перехід 1.

Інструмент – свердло центрувальне, $\varnothing 4$ мм, Р6М5. ГОСТ 14952-75;

Глибина різання

$$t = \frac{D}{2} = \frac{4}{2} = 2,0 \text{ мм,}$$

де D – діаметр отвору, мм, $D = 4,0$ мм.

Подача $S = 0,10$ мм/об [8], табл.25.

Розраховуємо швидкість різання за формулою

$$V = \frac{C_v D^{q_v}}{T^m S^{y_v}} K_v . \quad (3.13)$$

де C_v, q_v, m, x_v, y_v - відповідно постійний коефіцієнт і показники степенів,

$$C_v = 7,0 ; q_v = 0,4 ; m = 0,2; y_v = 0,7 \quad [8], \text{табл. 28;}$$

Період стійкості свердла $T = 25$ хв. [8], табл.30.

Поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{M_v} K_{U_v} K_{L_v} , \quad (3.14)$$

де K_{M_v} - коефіцієнт якості оброблюваного матеріалу,

$$K_{M_v} = C_m \left(\frac{750}{\sigma_s} \right)^{n_v} , \quad (3.15)$$

де $C_M = 1,0$; $n_v = 0,9$. [8], табл. 9, $\sigma_s = 610$ МПа, тоді

$$K_{M_v} = 1,0 \left(\frac{750}{1000} \right)^{0,9} = 0,75,$$

K_{uv} - коефіцієнт властивостей матеріалу інструментального,

$$K_{uv} = 1,0 \text{ [8], табл. 15;}$$

K_{l_v} - коефіцієнт глибини отвору, що обробляється: $K_{l_v} = 1,0$; [8],

табл.6.

$$K = 0,75 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,75$$

$$V = \frac{7 \cdot 4^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,1^{0,7}} \cdot 0,75 = 17,76 \text{ м/хв.}$$

Кількість обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 17,76}{3,14 \cdot 4} = 1414 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо оберти верстата $n_d = 1414$ об/хв., виходячи, що регулювання безступеневе.

Осьова сила P_o :

$$P_o = C_p D^{q_p} S^{y_p} K_p, \quad (3.16)$$

де C_p, q_p, y_p - коефіцієнт постійний і показники степенів,

$$C_p = 68; q_p = 1,0; y_p = 0,7 \text{ [8], табл.32.}$$

Коефіцієнт $K_p = K_{M_p}$, де

$$K_{M_p} = \left(\frac{\sigma_s}{750} \right)^n, \quad (3.17)$$

де $n = 0,3$ [8], табл. 9.

$$K_{M_p} = \left(\frac{1000}{750} \right)^{0,3} = 1,24;$$

$$P_o = 10 \cdot 68 \cdot 6,3^{1,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 1,24 = 1722 \text{ Н.}$$

Момент різання:

$$M = 10C_M D^{q_M} S^{y_M} K_p, \quad (3.18)$$

де C_M, q, y – коефіцієнт постійний і показники степенів,
 $C_M = 0,0345; q = 2,0; y = 0,8$ [8], табл. 32;

K_p – поправочний коефіцієнт, $K_p = K_{M_p} = 0,93$;

$$M = 10 \cdot 0,0345 \cdot 4^{2,0} \cdot 0,1^{0,8} \cdot 1,24 = 4,68 \text{ Н м.}$$

Потужність, кВт

$$N = \frac{M \cdot n}{9750} = \frac{4,68 \cdot 1414}{9750} = 0,68 \text{ кВт.}$$

Перевірка:

$$N \leq 1,2 \cdot N_o \cdot \eta. \quad (3.19)$$

де N_o - потужність двигуна верстата, кВт;

η - коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,75$;

$$4,5 \cdot 0,75 \cdot 1,2 > 0,68$$

умова виконується.

Основний час обробки:

$$T_o = \frac{L_{p.x.}}{S_o \cdot n}, \quad (3.20)$$

де $L_{p.x.}$ - довжина робочого ходу свердла;

$$L_{p.x.} = L_{piz.} + y,$$

де $L_{piz.}$ - довжина різання, $L_{piz.} = 15$ мм, y – довжина підводу, врізання і перебігу інструменту. $y = 3$ мм [8], с.303.

$$T_0 = \frac{10+3}{0,1 \cdot 1414} = 0,1 \text{ хв.}$$

Чорнове точіння поверхні $\varnothing 34f7$.

Обладнання - токарний верстат з ЧПУ 16К20 Ф3.

Технологічне оснащення - патрон трьохкулачковий, який самоцентрується.

Вибір різального інструменту.

Різальний інструмент - різець прохідний із пластиною твердого сплаву Т15К6, Н=20, В=20, L=100, ТУ2-035-892-82. [8].

Геометричні параметри: $\varphi = 45^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\lambda = 0^\circ$.

1) Глибина різання: $t = 1,5$ мм.

2) Подача: $S = 0,3 \dots 0,5$ мм/об [8], приймаємо $S = 0,3$ мм/об.

3) Швидкість головного руху різання V , визначаємо за формулою:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y} \cdot K_v, \quad (3.21)$$

де $C_v = 350$; $x = 0,15$; $y = 0,35$; $m = 0,20$ [8];

$T = 60$ хв. – стійкість інструменту [8];

K_v - додатковий коефіцієнт на швидкість різання,

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{pv} \cdot K_{nv}, \quad (3.22)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість оброблююмого матеріалу, визначаємо по [8]

$$K_{mv} = K_z \left(\frac{750}{\sigma_\sigma} \right)^{n_v},$$

де n_v – показник степеня, $n_v = 1,0$ [8],

K_z - коефіцієнт для матеріалу інструменту, $K_z = 1,0$

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{610} \right)^{1,0} = 1,229;$$

K_{pv} – коефіцієнт, який враховує стан поверхні заготовки, $K_{pv} = 1,0$ [8];

$K_{ин}$ - коефіцієнт, який враховує матеріал інструмента, $K_{ин} = 1,0$ [8].

$$K_v = 1,229 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,229,$$

$$V = \frac{350}{60^{0,20} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 0,3^{0,35}} \cdot 1,229 = 100 \text{ м/хв.}$$

4) Частота обертання шпинделя, яка відповідає знайденій швидкості головного руху різання:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D},$$

$$n = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 34} = 937 \text{ об/хв.}$$

Оскільки верстат, на якому ведемо обробку, має безступеневе регулювання швидкості обертання шпинделя, то розраховану частоту обертання шпинделя не коректуємо.

5) Визначаємо складові сили різання за формулою:

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v^n \cdot K_p, \quad (3.23)$$

де C_p , x , y , n - зміні параметри,

для P_z : $C_p = 300$; $x = 1,0$; $y = 0,75$; $n = -0,15$ [8];

для P_y : $C_p = 243$; $x = 0,9$; $y = 0,6$; $n = -0,3$ [8];

для P_x : $C_p = 339$; $x = 1,0$; $y = 0,5$; $n = -0,4$ [8];

K_p - поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{мр} \cdot K_{фр} \cdot K_{гр} \cdot K_{лр} \cdot K_{тр}, \quad (3.24)$$

де $K_{мр}$ - коефіцієнт, який враховує якість оброблюваного матеріалу,

де $K_{\text{фр}}, K_{\text{гр}}, K_{\lambda\text{р}}, K_{\text{гр}}$ - поправочні коефіцієнти,

для P_z : $K_{\text{фр}} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,1$; $K_{\lambda\text{р}} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,0$, [8];

для P_y : $K_{\text{фр}} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,4$; $K_{\lambda\text{р}} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,0$, [8];

для P_x : $K_{\text{фр}} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,4$; $K_{\lambda\text{р}} = 1,0$; $K_{\text{гр}} = 1,0$, [8];

$K_{\text{мп}}$ - поправочний коефіцієнт

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{\sigma_6}{750} \right)^n, \quad (3.25)$$

де n - показник степені, $n = 0,75$, [8]

$$K_{\text{мп}} = \left(\frac{610}{750} \right)^{0,75} = 0,856;$$

$$K_{\text{pz}} = 0,856 \cdot 1,0 \cdot 1,1 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 0,942;$$

$$K_{\text{py}} = 0,856 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,198;$$

$$K_{\text{px}} = 0,856 \cdot 1,0 \cdot 1,4 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 1,198;$$

$$P_z = 10 \cdot 300 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,5^{0,75} \cdot 227^{-0,15} \cdot 0,942 = 1117H;$$

$$P_y = 10 \cdot 243 \cdot 1,5^{0,9} \cdot 0,5^{0,6} \cdot 227^{-0,3} \cdot 1,198 = 543H;$$

$$P_x = 10 \cdot 339 \cdot 1,5^{1,0} \cdot 0,5^{0,5} \cdot 227^{-0,4} \cdot 1,198 = 491H.$$

б) Потужність різання визначаємо за формулою:

$$N_e = \frac{P_z \cdot V}{1020 \cdot 60} = \frac{1117 \cdot 100}{1020 \cdot 60} = 1,83 \text{кВт} \quad (3.26)$$

Потужність верстата N визначаємо за формулою:

$$N = N_{\partial} \cdot \eta \cdot K_{\pi}, \quad (3.27)$$

де N_{∂} - потужність двигуна верстата, $N_{\partial} = 6,3$ кВт;

η - коефіцієнт корисної дії верстата. $\eta \approx 0,8$;

K_{π} - коефіцієнт перевантаження, $K_{\pi} = 1,6$, [8].

$$N = 6,3 \cdot 0,8 \cdot 1,6 = 8,06 \text{ кВт.}$$

Різання можливе, так як виконується умова $N = 8,06 \text{ кВт} > N_e = 1,83 \text{ кВт}$.

7) Визначення основного часу на перехід

$$t_o = l_{p.x.} \cdot i / S \cdot n_{\partial}, \quad (3.28)$$

де $l_{p.x.}$ - довжина робочого ходу інструменту;

$$l_{p.x.} = l_{piz} + y + \Delta, \quad (3.29)$$

де y - підвід, врізання та перебіг інструмента, $y = t \cdot \text{ctg}\varphi = 1,5 \cdot \text{ctg}92^{\circ} = 0$, [3];

Δ – перебіг різця, $\Delta = 1 \dots 3$ мм, приймаємо $\Delta = 2$ мм;

$$l_{p.x.} = 48 + 0 + 2 = 192 \text{ мм};$$

i – кількість проходів, $i = 1$.

$$t_o = 48 \cdot 1 / 938 \cdot 0,3 = 0,17 \text{ хв.}$$

3.12 Вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів

Проводимо вибір режимів різання на інші операції (переходи) по таблицям нормативів та заносимо їх у таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 - Режими різання при обробці деталі " Вал черв'ячний "

№ оп.	Зміст операції	t , мм	S_o , мм/об	S_z , мм/зуб	$S_{xв.}$, мм/хв	V_o , м/хв	n_o , об/хв	L_p , мм	t_o , хв.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
005	<u>Токарна з ЧПК</u> <u>Установ А</u> 1.Точити торець	2,0	0,1	-	200	244,9	2000	25	0,125
	2.Свердлувати центровий отв.	2,0	0,1	-	140	17,76	1400	13	0,1
	<u>Установ Б</u> 3.Точити зовнішню циліндричну поверхню по контуру начорно	2,5	0,2	-	600	267	3000	1030	1,725
	4.Точити зовнішню циліндричну поверхню по контуру начисто	0,5	0,1	-	300	249,6	3000	205	0,68
	5.Точити канавку	1,35 3	2,5	-	200	188,4	2000	5	0,025
	6.Точити різьбу	0,5	2,5	-	2500	64,8	1000	20	0,03
010	<u>Токарна зЧПК</u> <u>Установ А</u> 1.Точити торець	2,0	0,1	-	200	244,9	2000	25	0,125
	2.Свердлувати центровий отв	2,0	0,1	-	140	17,76	1400	13	0,1
	<u>Установ Б</u> 3.Точити зовнішню циліндричну поверхню по контуру начорно	1,4	0,2	-	600	367	3000	125	0,21
	4.Точити зовнішню циліндричну поверхню по контуру начисто	0,5	0,1	-	300	249,6	3000	65	0,22
015	Вертикально-фрезерная 1.Встановити та закріпити заготовку. 2.Фрезерувати шпонковий паз	8	0,4	0,1	400	31,4	1000	22,5	0,056

020	Токарна 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Нарізати виток черв'яка S = 5,2 H=3,4	0,5	5,02	-	5020	110	1000	500	0,1
-----	---	-----	------	---	------	-----	------	-----	-----

Закінчення табл.3.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
025	Круглошліфувальна 1. Установити та закріпити заготовку. 2. Шліфувати поверхні Ø35,2, начорно	0,15	0,01 мм/хід	18 мм/об	280 об/хв	35 м/хв.	1120 об/хв	35 м/с	0,053
	2. Шліфувати поверхні Ø35f9, начисто	0,05	0,005	18 мм/об	280	35	1120 об/хв	35	0,036
030	Круглошліфувальна Шліфувати поверхні Ø20 начорно	0,15	0,01 мм/об	18 мм/об	280 об/хв	35 м/хв.	1120 об/хв	35 м/с	0,053
	Шліфувати поверхні Ø20 начисто	0,05 мм	0,005 мм/об	18 мм/об	280 об/хв.	35 м/хв..	1120 об/хв	35 м/с	0,036
035	Різьбошліфувальна 1. Встановити та закріпити заготовку. 2. Шліфувати виток червяка	0,05	5,02	0,005 мм/хі д	1,35 об/хв	0,2 м/хв	2000	35	2,5

3.13. Нормування технологічного процесу

Поведемо розрахунок норм часу на операцію 005 – Токарна з ЧПК

Штучно-калькуляційний час на операцію визначається аз формулою

$$T_{шт.к.} = (T_{шт} + T_{н.з./n}), \quad (3.30)$$

де $T_{шт.}$ - штучний час на обробку деталі, $T_{п.з}$ - підготовчо-заклучний час; n - розмір партії деталей.

Штучний час визначається за формулою:

$$T_{шт.} = T_o + T_\delta + T_{обс.} + T_{відп.}, \quad (3.31)$$

де T_o – основний час на виконання операції обробки; T_δ – час допоміжний; $T_{обс}$ – час , що витрачається на обслуговування робочого місця; $T_{відп.}$ - час на обслуговування робочого місця, відпочинок робітника та на власні потреби .

$T_{п.з}$ - підготовчо-заклучний час, розраховується на партію деталей. При роботі партіями цей час включає витрати часу на отримання інструментів, технологічної документації, ознайомлення з роботою та кресленням, налагодження верстата на режим роботи; здачу наряду, продукції та технологічної документації.

Основний час на операцію $T_o = 2,685$ хв.

Допоміжний час розраховується як [9]:

$$T_\delta = T_{вст} + T_{з.о} + T_{кер} + T_{вим}, \quad (3.32)$$

де $T_{вст}$ – час на встановлення та зняття заготовки із верстата; $T_{з.о}$ – час на затиск заготовки; $T_{кер}$ - час , що витрачається на прийоми керування; $T_{вим}$ – час на проведення контрольних вимірювань.

$$T_{вст} + T_{з.о} = 0,18 \text{ хв.}; \quad T_{кер} = 0,21 \text{ хв.}; \quad T_{вим} = 0,20 \text{ хв.}$$

$$T_\delta = (0,18 + 0,21 + 0,20) \times 1,85 = 1,092 \text{ хв.}$$

$$\text{Час оперативний } T_{оп.} = T_o + T_\delta \quad (3.33)$$

$$T_{оп.} = 2,685 + 1,092 = 3,777 \text{ хв.}$$

Час на обслуговування робочого місця, відпочинок робітника та на власні потреби:

$$T_{обс} + T_{від} = P_{об.від} \times ((T_o + T_\delta) / 100), \quad (3.34)$$

де $P_{об.від}$ – встановлений норматив часу, $P_{об.від} = 6\%$, [9], с.215

$$T_{об} + T_{від} = 0,06 \times ((2,685 + 1,092) / 100) = 0,226 \text{ хв.}$$

$$\text{Час штучний } T_{шт.} = 3,777 + 0,226 = 4,0 \text{ хв.}$$

$$T_{н.-з.} = 32 \text{ хв.}$$

$$\text{Час штучно-калькуляційний } T_{шт.-к} = 4,0 + 32/50 = 4,64 \text{ хв.}$$

Всі визначені норми часу для операцій процесу технологічного обробки деталі "Вал черв'ячний" заносимо в табл. 3.7.

Таблиця 3.7 – Норми часу при обробці деталі "Вал черв'ячний"

№ оп.	Назва операції	T_o , хв	$T_{доод}$, хв.			$T_{он}$, хв.	$T_{обс.-від}$	$T_{шт.}$	$T_{н-з}$ хв.	N, шт.	$T_{шт-к}$
			$T_{уст.}$	$T_{кер.}$	$T_{вим.}$						
005	Токарна з ЧПК	2,685	0,18	0,21	0,20	3,777	0,226	4,00	32	50	4,64
010	Токарна з ЧПК	0,655	0,18	0,21	0,20	1,747	0,104	1,850	32	50	2,49
015	Вертикально-фрезерна	0,056	0,20	0,17	0,22	1,148	0,070	1,216	32	50	1,86
020	Токарно-гвинторізна	0,1	0,18	0,21	0,20	1,192	0,071	1,264	32	50	1,90
025	Круглошліфувальна	0,267	0,18	0,20	0,20	1,340	0,080	1,42	32	50	2,06
030	Круглошліфувальна	0,137	0,18	0,20	0,20	1,340	0,080	1,22	32	50	1,76
035	Різьбошліфувальна	10,28	0,25	0,20	0,20	14,48	0,870	15,35	32	50	13,0

Висновки до розділу 3

В запропонованому технологічному процесі виготовлення деталі

«Черв'як» запропоновано застосування верстатів з ЧПК, а саме токарного

верстату 16K20Ф3.

Ці заходи дозволили сконцентрувати операції базового техпроцесу на одному верстаті, що дозволило проводити оброблення з однієї установки заготовки та підвищити точність оброблення. Проведено розрахунки припусків, режимів різання та нормування техпроцесу.

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДНИЦЬКИЙ

4.1. Аналіз сучасних систем контролю точності оброблення на верстатах з ЧПК

Метою дослідження є аналіз існуючих методів автоматизованого вимірювання відхилення величини геометричних розмірів деталей, а також визначення можливості розробки системи контролю геометричних розмірів

деталей приладів із використанням лазерних та комп'ютерних технологій, яка

дозволяє управляти процесом в реальному часі за допомогою програмного забезпечення. У класифікації методів вимірювань за наявністю контакту використовуються наступні визначення [14].

Контактний метод вимірювань - метод вимірювань, заснований на тому, що чутливий елемент приладу приводиться в контакт з об'єктом вимірювання.

Приклади: вимір діаметра вала індикаторної скобою, вимірювання температури тіла термометром.

Безконтактний метод вимірювань - метод вимірювань, заснований на тому, що чутливий елемент засобу вимірювань не наводиться в контакт з об'єктом вимірювання. Прикладами можуть бути вимір температури в доменній печі пірометром і вимірювання відстані до об'єкта радіолокатором.

4.1.1 Контактний спосіб вимірювання інструменту

Для реалізації контактного способу розроблено вимірювальний щуп ТТ140, який дозволяє виконувати оцупування в трьох координатах [15]. Осьова сила торкання при цьому складає 8Н, а радіальна – 1Н. Вимірювальний стержень має головку у формі шайби, яка відхиляється при вимірюванні, генеруючи сигнал комутації, що передається в систему ЧПК і оброблюється там. Щуп оснащений також двома світловими діодами для візуального контролю відхилення стержня з вимірювальною шайбою. Вимірювальна шайба має високу твердість, що дозволяє виконувати вимірювання при обертанні інструменту проти напрямку різання з частотою до 1000об/хв. в залежності від діаметру інструмента, який контролюється. В стержні передбачена точка надламування для захисту щупа від пошкодження при помилці оператора. Зламаний стержень швидко замінюється на новий без додаткового тестування щупа. Сигнал комутації створюється надійним безконтактним оптичним сенсором (чутливим елементом), що працює без зносу.

Світловий пучок, що створюється світловим діодом (LED), фокусується системою лінз в точку на диференціальному фотоелементі. При відхиленні вимірювального стержня диференціальний фотоелемент генерує комутаційний сигнал. Вимірювальний стержень з наконечником у вигляді шайби жорстко з'єднується є перемикачем, який закріплений на

корпусі в трьох точках і забезпечує надійне осьове орієнтування. В поєднанні з циклами вимірювання системи ЧПК щуп ТТ140 (рис.4.1) дозволяє автоматичне вимірювання діаметру та довжини інструменту, результати якого записуються в таблицю інструментів. Це дозволяє при перевірці інструменту під час роботи вчасно реєструвати його знос або поломку. Система ЧПК блокує або автоматично замінює інструмент, параметри якого вийшли за допустимі межі

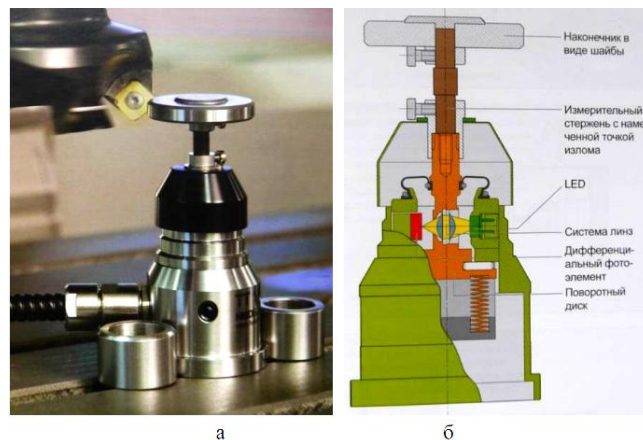


Рисунок 4.1. Загальний вигляд (а) та принципова схема (б) щупа ТТ140

Для вимірювання заготовок безпосередньо на верстаті пропонуються 3D-щупи серії TS. В затискний патрон вони вставляються вручну або автоматично. Доторкнувшись до заготовки, вимірювальний стержень відхиляється в сторону і щуп створює комутативний сигнал, який через інфрачервоний передавач або по кабелю передається в систему ЧПК. Система ЧПК в цей момент зберігає фактичне положення вісі вимірювального приладу і оброблює отриманий сигнал. Сигнал комутації в щупах TS 2xx, TS 44x та TS 640 створюється оптичним сенсором (чутливим елементом), що працює без зносу і забезпечує таким чином високу надійність та стабільність їх роботи. Світловий пучок, що створюється світлодіодом LED, фокусується системою лінз в точку на диференціальному фотоелементі.

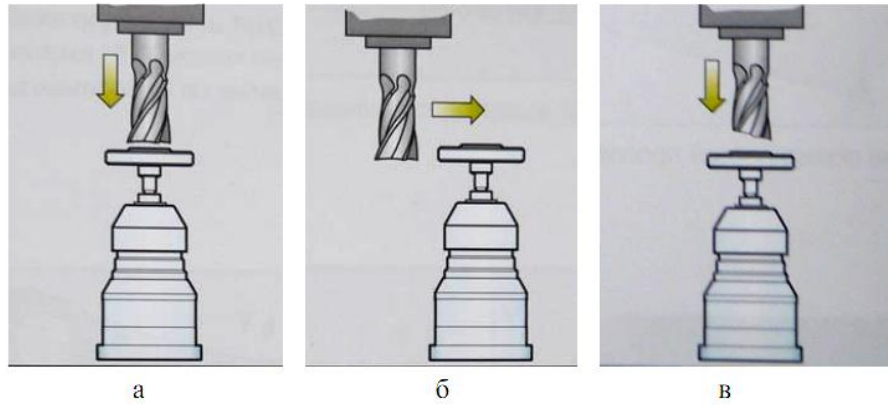


Рисунок 4.2. Принципова схема вимірювання інструменту на верстаті: а- вимірювання довжини; б- вимірювання діаметру; в-контроль ПОЛОМКИ

При відхиленні вимірювального стержня диференціальний фотоелемент генерує комутаційний сигнал [14]. Вимірювальний стержень жорстко з'єднується з перемикачем, який закріплений на корпусі в трьох точках і забезпечує надійне орієнтування (рис. 4.3).

Щуп TS 740 використовує прецизійний датчик тиску (рис. 4.4).

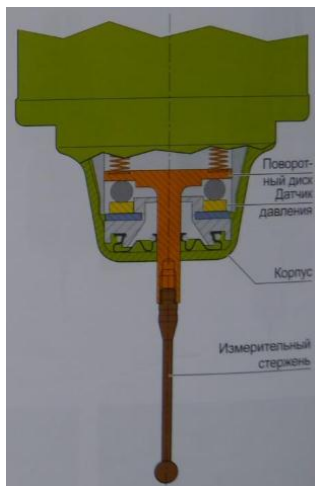


Рисунок 4.3.



Рисунок 4.4.

Відхилення вимірювального стержня щупа TS 740 визначається як середнє між показаннями кількох датчиків тиску, що розташовані між поворотним диском та корпусом датчика.

Завдяки невеликим силам, що діють при вимірюванні, можлива висока точність ($\pm 5\text{мкм}$) і повторюваність результатів вимірювань (рис.4.5)

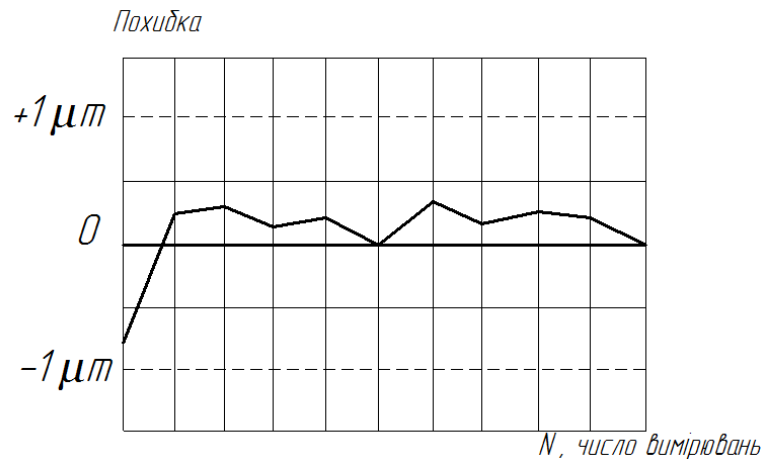


Рисунок 4.5. Типова діаграма повторюваності результатів вимірювань 3D-щупа TS 2xx

Під повторюваністю розуміють похибку, що виникає при багаторазових вимірюваннях зразка в однакових умовах. Визначення геометрії деталі або її положення за допомогою вимірювального щупа виконується шляхом механічного ошупування. При цьому щуп повинен бути чистим, щоб уникнути помилок при вимірюванні. Тому вимірювальні щупи з інфрачервоним передавачем оснащуються системою обдування стисненим повітрям або змащувально-охолоджувальною рідиною через три отвори в нижній частині щупа, що дозволяє видаляти частки бруду з вимірюваної поверхні і елементи стружки.

Така система дозволяє повністю автоматизувати виробничий процес.

На верстаті повинно бути передбачене підведення стисненого повітря або ЗОР.

Необхідно враховувати також, що надійність вимірювань залежить від швидкості передачі сигналу та величини максимального відхилення вимірювального стержня, Допустима швидкість оцупування задається в технічних характеристиках щупа а максимальне допустиме відхилення складає 5мм в кожному напрямку (рис. 4.6).

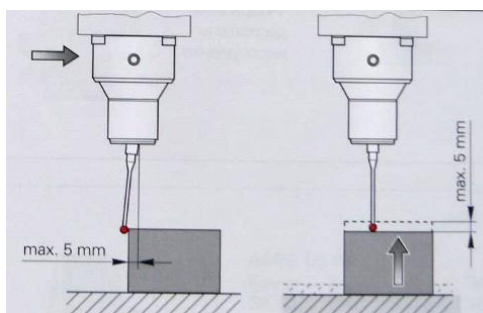


Рисунок 4.6. Граничні відхилення вимірювального щупа

Точність вимірювання в значній мірі залежить і від конструкції вимірювальних стержнів. Для щупів TS фірмою розроблені вимірювальні стержні довжиною від 21мм до 40мм з рубіновими кульками діаметром від 1мм до 8мм. Усі вимірювальні стержні з'єднуються зі щупом різьбою, а стержні з діаметром кульки більше 4мм мають точку надламування для захисту щупа від пошкодження. Також передбачені подовжувачі для вимірювань глибоких порожнин.

Точність вимірювання в значній мірі залежить і від конструкції вимірювальних стержнів. Для щупів TS фірмою розроблені вимірювальні стержні довжиною від 21мм до 40мм з рубіновими кульками діаметром від 1мм до 8мм. Усі вимірювальні стержні з'єднуються зі щупом різьбою, а стержні з діаметром кульки більше 4мм мають точку надламування для захисту щупа від пошкодження. Також передбачені подовжувачі для вимірювань глибоких порожнин. При використанні вимірювального щупа

точне розташування заготовки вздовж осей верстата не обов'язкове. Він визначає відхилення при оцупуванні заготовки а система ЧПК компенсує це відхилення обертанням координатних осей або обертанням поворотного столу.

4.1.2. Безконтактний спосіб вимірювання інструменту

Лазерні системи TLMicro та TLNano дозволяють проводити безконтактне вимірювання інструменту при його обертанні з номінальною швидкістю в двох координатах: $\pm X$, $+Z$ та $\pm Y$, $+Z$, що виключає можливість пошкодження зубів інструменту [15,16]. Не дивлячись на те, що вимірювання виконуються при номінальній швидкості, контролюється кожний зуб інструменту та геометрія спеціального інструменту. Це дозволяє вчасно виявляти пошкодження та максимальний знос і добиватись постійної якості оброблювання.

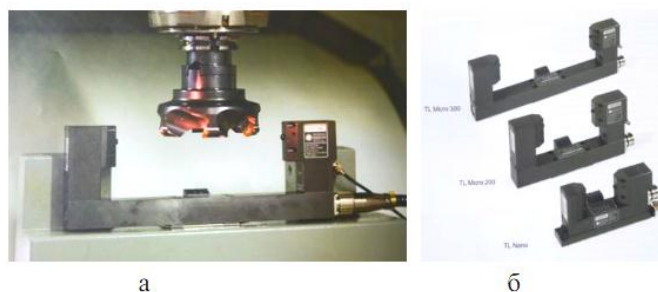


Рисунок 4.7. Лазерні системи вимірювання інструментів TL: а – на верстаті під час вимірювання; б – конструкції для різних розмірів інструменту

Цикли вимірювання дозволяють вимірювати довжину та діаметр інструменту, контролювати форму окремих зубів, знос, знаходити тріщини і фіксувати пошкодження (рис.4.8). Результати вимірювань система ЧПК оброблює, виконує необхідні розрахунки і записує в таблицю інструментів. Вимірювання виконуються достатньо швидко і просто за допомогою програми, яка позиціонує вимірювальний щуп і починає цикл

вимірювання, який може бути проведений в любий момент – між двома переходами або після завершення оброблювання заготовки. Сфокусований промінь лазера вимірює інструмент діаметром від 0,03мм. Відхилення розмірів при повторних вимірюваннях знаходяться в межах $\pm 1\text{мкм}$

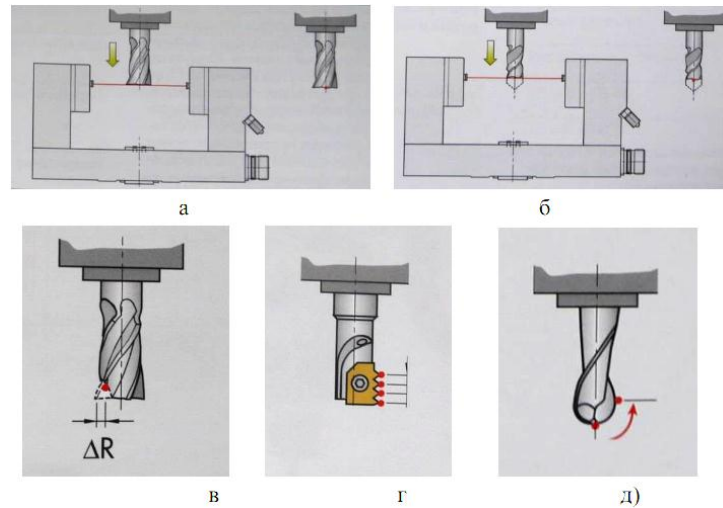


Рисунок 4.8. Безконтактний метод вимірювання лазерною системою TL: а – вимірювання довжини інструменту; б – розпізнавання поломки; в - вимірювання радіусу інструменту та розпізнавання пошкоджених зубів; г- контроль окремих зубів; д - контроль форми зубів

Для досягнення найкращої повторюваності результатів вимірювань лазерна система повинна встановлюватись строго паралельно до двох осей. Інструмент перед вимірюваннями необхідно очистити обдуванням стиснутим повітрям або змащувально-охолоджувальною рідиною, що гарантує високу надійність вимірювань. Для цього усі лазерні системи оснащені вбудованою системою обдування. Оптика системи захищена від попадання ЗОР та стружки діафрагмою з вбудованою системою закривання. Діафрагма відкривається стисненим повітрям тільки під час вимірювань.

Передавач та приймач лазерного променя обдувається спеціально

очищеним повітрям, що захищає від появи конденсату. На приймачі додатково розміщені світлові діоди, для забезпечення візуального контролю стану лазерної системи вимірювань. Це дозволяє оператору миттєво визначати її робочий стан, в якому режимі вона знаходиться та чи передає в даний момент динамічний сигнал.

Ощупування інструменту (рис. 4.9) виконується в наступній послідовності. Від джерела випромінювання лазерний промінь попадає на приймач. При кожній зміні стану системи під час вимірювання інструменту, наприклад, відсутності випромінювання на приймачі або при його появі генерується динамічний комутаційний сигнал DYN тривалістю 20с, що оброблюється системою ЧПК верстата. У випадку поломки (рис. 4.8,б), тобто відсутності зуба або виходу за межі допуску, динамічний вихідний сигнал DYN приймає низький рівень до 100с. Додатково для визначення часу відсутності сигналу на приймачі лазерна система видає статичний сигнал STA.

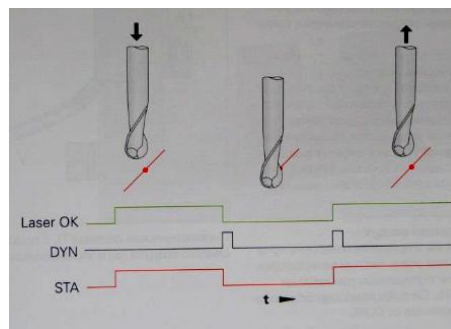


Рисунок 4.9. Схема ощупування інструменту лазерною системою

Важливе значення має напрямок вимірювань, який суттєво впливає на надійність та точність. Розрізняють два види вимірювань: при підведенні до та при відведенні інструменту від лазерного променя. Вимірювання при відведенні інструменту забезпечує надійний захист від залишків ЗОР та інших забруднень. Вимірювання при підведенні інструменту більше підходить для інструментів малого діаметру.

Перед початком вимірювань обов'язково необхідно калібрувати лазерну систему, тобто визначити точні координати точок вимірювання в системі координат верстата за допомогою еталону у вигляді циліндра зі скошеним краєм для проведення вимірювань в обох напрямках осі Z. Циліндр вставляється в затискний патрон шпинделя і вимірюється його довжина, діаметр та висота над столом в системі координат верстата.

Висновки до розділу 4

1. Промислові лазерні вимірювальні системи дозволяють проводити безконтактні вимірювання геометричних розмірів і форми сировини, заготовок, деталей і готової продукції в процесі виробництва безпосередньо на конвеєрі або у виробничій лінії з мікронною точністю. Вимірювання проводиться безконтактно, за допомогою цифрових лазерних мікрометрів, встановлених відповідно до умов базування об'єкта і схемою вимірювань. Для прецизійних вимірювань застосовуються лазерні мікрометри, що забезпечують субмікронних точність при використанні високоточних лінз. Для контролю відносних даних автоматизованого проектування, програмне забезпечення GOM пропонує багато інтерфейсів, таких як IGES, JT Open, STEP, CATIA, NX, SolidWorks і Pro / E.

2. Забезпечується 100% контроль розмірів кожної одиниці продукції виключається «людський фактор», що викликає помилки при вибірковому ручному контролі.

3. Контроль розмірів в реальному масштабі часу дозволяє своєчасно внести корективи в технологічний процес і виключити брак та досягнути високу точність вимірювань (від 10 мкм).

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Безпечність виробничого устаткування

Безпечність виробничого устаткування — це властивість виробничого устаткування відповідати вимогам безпеки праці під час монтажу (демонтажу) і експлуатації в умовах, установлених нормативною документацією.

Загальні вимоги безпеки виробничого устаткування визначені ГОСТ 12.2.003-91. Відповідно до цього нормативного документа безпечність виробничого устаткування забезпечується: правильним вибором принципів дії, конструктивних схем, елементів конструкції; використанням засобів механізації, автоматизації та дистанційного керування; застосуванням у конструкції засобів захисту; дотриманням ергономічних вимог; включенням вимог безпеки в технічну документацію з монтажу, експлуатації, ремонту, транспортування та зберігання устаткування; використанням у конструкції устаткування безпечних та нешкідливих матеріалів [19].

При проектуванні устаткування необхідно враховувати умови його експлуатації з тим, щоб при дії на нього вологи, сонячної радіації, механічних коливань, високих та низьких тисків і температур, агресивних речовин і т. п. устаткування не ставало небезпечним.

Складові частини виробничого устаткування (приводи, трубопроводи, кабелі тощо) необхідно виконати таким чином, щоб не допустити їх випадкового пошкодження, яке може призвести до появи

небезпеки. Якщо в конструкції устаткування є газо-, пневмо-, гідро- та паросистеми, то вони повинні відповідати вимогам безпеки, що є чинними для таких систем. Рухомі частини устаткування, які являють собою небезпеку, необхідно огороджувати, за винятком тих частин, огороження яких не допускається з огляду на їх функціональне призначення. В такому випадку необхідно передбачати спеціальні заходи чи засоби захисту [19].

Елементи устаткування, з якими може контактувати людина не повинні мати гострих країв, кутів, а також нерівних, гарячих чи переохолоджених поверхонь. Виділення та поглинання устаткуванням тепла, а також виділення ним шкідливих речовин і вологи не повинні перевищувати гранично допустимих рівнів (концентрацій) в межах робочої зони. Конструкція устаткування повинна забезпечувати усунення або зниження до регламентованих рівнів шуму, ультразвуку, інфразвуку, вібрації та різноманітних випромінювань.

Для того, щоб запобігти виникненню небезпеки при раптовому вимкненні джерел енергії всі робочі органи, а також пристрої, які використовуються для захоплення, затискування та підймання заготовок, деталей, виробів тощо, повинні оснащуватись спеціальними захисними пристосуванням. Причому необхідно унеможливити самовільне вмикання приводів робочих органів при відновленні подачі енергії.

Конструкція устаткування повинна забезпечувати захист людини від ураження електричним струмом, а також запобігати накопиченню зарядів статичної електрики в небезпечних кількостях. Устаткування повинно бути оснащено засобами сигналізації про порушення нормального режиму роботи, а в необхідних випадках (аваріях, небезпечних пошкодженнях, режимах, близьких до небезпечних) – засобами автоматичної зупинки, гальмування та вимкнення від джерел енергії. Для аварійного вилучення шкідливих, отруйних, вибухо- та пожежонебезпечних речовин устаткування необхідно оснастити спеціальними пристроями [19].

Технічні характеристики та параметри устаткування повинні відповідати антропометричним, фізіологічним, психофізіологічним та психологічним можливостям людини. Робочі місця та їх елементи, що входять у конструкцію устаткування повинні забезпечувати зручність та безпеку працівникам. Виробниче устаткування, обслуговування якого пов'язане із переміщенням персоналу, необхідно обладнати безпечними та зручними за конструкцією і розмірами проходами, майданчиками, сходами, поручнями, тощо.

В процесі експлуатації устаткування не повинно забруднювати навколишнього середовища шкідливими речовинами вище встановлених норм та створювати небезпеку вибуху чи пожежі [19].

5.2. Використання штучної вентиляції

Під вентиляцією розуміють сукупність заходів та засобів призначених для забезпечення на постійних робочих місцях та зонах обслуговування виробничих приміщень метеорологічних умов та чистоти повітряного середовища, що відповідають гігієнічним та технічним вимогам. Основне завдання вентиляції – вилучити із приміщення забруднене, вологе або нагріте повітря та подати чисте свіже повітря.

Вентиляція класифікується за такими ознаками:

- за способом переміщення повітря – природна, штучна (механічна) та суміщена (природна та штучна одночасно);
- за напрямком потоку повітря – припливна, витяжна, припливно-витяжна;
- за місцем дії – загально-обмінна, місцева, комбінована;
- за призначенням – робоча, аварійна.

Припливна вентиляція слугує для подачі чистого повітря ззовні у приміщення. При витяжній вентиляції повітря вилучається з приміщення, а

зовнішнє надходить через вікна, двері, нещільності будівельних конструкцій. Припливно-витяжна вентиляція поєднує першу й другу.

Загально-обмінна вентиляція підтримує нормальне повітряне середовище у всьому об'ємі робочої зони виробничого приміщення (цеху). За допомогою місцевої вентиляції шкідливі виділення вилучаються або розчиняються шляхом припливу чистого повітря безпосередньо у місцях їх утворення. Комбінована вентиляція поєднує загально-обмінну та місцеву.

Аварійну вентиляцію влаштовують у тих виробничих приміщеннях, в яких можуть статися аварії з виділенням значної кількості шкідливостей, а також коли при виході з ладу робочої вентиляції в повітрі можуть утворюватись небезпечні для життя працівників або вибухонебезпечні концентрації. Аварійна вентиляція, як правило, проектується витяжною.

5.2.1. Нормативні значення параметрів мікроклімату

Температуру і ентальпію зовнішнього повітря визначаємо за таблицею П8 СНиП 2.04.05-91 [18], інші параметри – відносна вологість φ_n і вологовміст d_n – за допомогою i-d-діаграми. Заносимо знайдені значення в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Нормативні значення параметрів зовнішнього повітря

Місто	Період року	$t_n, ^\circ\text{C}$	$i_n, \text{кДж/кг}$	$d_n, \text{г/кг}$
Хмельницький	холодний	-21	-20,1	0,366
Хмельницький	теплий	22,9	54,7	12

Допустимі межі параметрів мікроклімату у виробничих приміщеннях вибираємо за табл. П2 СНиП 2.04.05-91. Крім того, внутрішня температура в теплий період року t_n повинна бути не більше ніж на 4°C вищою за

розрахункову зовнішню температуру t_n . Знайдені значення заносимо в табл. 5.2.

Таблиця 5.2 – Нормативні значення параметрів внутрішнього повітря

Період року	Категорія робіт	$t_{доп}, ^\circ C$	$t_n, ^\circ C$	$\varphi_n, \%$	$d_n, г/кг$
холодний	Пб	15...21	15	75	8,2
теплий	Пб	18...27	26,9	60	13,5

5.2.2. Визначення кількісних значень основних шкідливостей

На дільниці виготовлення вала-черв'яка основними шкідливостями є тепловиділення і волого виділення від працюючих верстатів і людей.

Кількість виділення тепла працюючими верстатами при охолодженні їх емульсією визначаємо за формулою:

$$Q_{обл}^я = 545 N_{уст} k_{зав} \quad (5.1)$$

де $N_{уст}$ – встановлена потужність обладнання в механічному цеху, кВт;

$k_{зав}$ – коефіцієнт завантаження дільниці, $k_{зав} = 0,65$.

$$Q_{обл}^я = 545 \cdot 68 \cdot 0,65 = 24089 \text{ кДж/год.}$$

Виділення тепла людьми для теплого періоду року визначаємо за формулою:

$$Q_{прац}^я = n \cdot Q_{чол}^я, \quad (5.2)$$

де n – кількість працівників;

$Q_{чол}^я$ – табличне значення величини виділення явного тепла 1 чоловіком.

При температурі повітря $t_{п}=27^{\circ}\text{C}$ і категорії фізичних робіт Пб: $Q_{\text{чол}}^{\text{я}}=210$ кДж/год

$$Q_{\text{прац}}^{\text{я}}=16 \cdot 210=3150 \text{ кДж/год.}$$

Виділення вологи верстатами з водоемульсійним охолодженням приймаємо із розрахунку 160 г на один кіловат установленної потужності:

$$W_{\text{обл}}=0,16 \cdot 68=10,8 \text{ кг/год.}$$

Волого-виділення працівниками визначаємо за формулою [18]:

$$W_{\text{прац}}=n \cdot W_{\text{чол}}, \quad (5.3)$$

де $W_{\text{чол}}$ – табличне значення величини виділення вологи 1 людиною [18]:

При температурі повітря $t_{п}=27^{\circ}\text{C}$ і категорії фізичних робіт Пб: $W_{\text{чол}}=203$ г/год.

$$W_{\text{прац}}=16 \cdot 0,203=3 \text{ кг/год.}$$

При температурі 15°C $W_{\text{чол}}=122$ г/год [18]:

$$W_{\text{прац}}=15 \cdot 0,122=1,8 \text{ кг/год.}$$

Надходження тепла за рахунок сонячної радіації визначаємо, враховуючи, що тепло надходить через засклені поверхні ліхтарів і перекриття.

Тепло-надходження від ліхтарів:

$$Q_{\text{л}} = F_{\text{л}} q_{\text{ск}} A_{\text{ск}}, \quad (5.4)$$

де $F_{\text{л}}$ – площа ліхтарів, $F_{\text{л}}=304 \text{ м}^2$;

$q_{\text{ск}}$ – розрахункова величина тепло-надходжень від сонячної радіації через 1 м^2 вертикальних засклених поверхонь, $q_{\text{ск}}=670$ кДж/год;

$A_{\text{ск}}$ – коефіцієнт світло-пропускання, $A_{\text{ск}}=A_1 A_2$, $A_1=1,15$ – для одинарного скління, $A_2=0,8$ – для вікон звичайної забрудненості.

$$Q_{\text{л}}=304 \cdot 670 \cdot 1,15 \cdot 0,8=187386 \text{ кДж/год.}$$

Тепло-надходження через перекриття в теплий період року визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{пер}} = q_{\text{пер}} F_{\text{пер}} k_{\text{п}}, \quad (5.5)$$

де $q_{\text{пер}}$ – питомі тепло-надходження через покриття, $q_{\text{пер}} = 67$ кДж/год;

$F_{\text{пер}}$ – площа перекриття, що дорівнює площі ділянки, $F_{\text{пер}} = 864 \text{ м}^2$;

$k_{\text{п}}$ – коефіцієнт теплопередачі покриття, $k_{\text{п}} = 0,7$.

$$Q_{\text{пер}} = 67 \cdot 864 \cdot 0,7 = 40610 \text{ кДж/год.}$$

5.2.3. Розрахунок повітрообміну для холодного періоду року

В холодний період року тепловиділення у виробничих приміщеннях компенсуються втратами тепла через зовнішні конструкції. Тому розрахунок повітрообміну ведемо за надлишковими виділеннями вологи:

$$L_w = \frac{W_{\Sigma}}{\rho(d_{\text{вит}} - d_{\text{пр}})}, \quad (5.6)$$

де ρ – густина повітря, приймається $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

$d_{\text{вит}}$ – вологовміст повітря, що видаляється з приміщення, г/кг;

$d_{\text{пр}}$ – вологовміст припливного повітря, г/кг.

Сумарні виділення вологи в цеху протягом холодного періоду року:

$$W_{\Sigma} = W_{\text{обл}} + W_{\text{прац}} = 10,8 + 1,8 = 12,6 \text{ кДж/год.}$$

Підставляємо необхідні значення в формулу (5.6) і отримуємо продуктивність повітрообміну в холодний період року:

$$L_w = \frac{12,6 \times 1000}{1,2(8,2 - 0,366)} = 1312 \text{ (м}^3/\text{год)}.$$

Для визначення способу вентиляції обчислимо кратність повітрообміну K і об'єм приміщення, що припадає на одного працівника.

$$K = \frac{L}{V}; \quad (5.7)$$

де L – продуктивність вентиляційної системи, м³/год;

V – вільний об'єм приміщення, м³.

$$V = Sh, \quad (5.8)$$

де S – площа приміщення, $S=864$ м²;

h – висота приміщення, $h=8,4$ м.

Тоді об'єм приміщення $V=864 \cdot 8,4=7258$ м³, а кратність повітрообміну:

$$K = \frac{1312}{7258} = 0,2 \left(\frac{1}{\text{год}} \right).$$

Об'єм приміщення, що приходиться на 1 працівника:

$$V' = \frac{V}{n}, \quad (5.9)$$

де n – кількість працівників, $n=15$ чоловік:

$$V' = \frac{7258}{16} = 454 \left(\frac{\text{м}^3}{\text{людину}} \right)$$

5.2.4. Розрахунок повітрообміну для теплого періоду року

Розрахунок повітрообміну ведемо за виділеннями надлишкового тепла:

$$L_Q = \frac{Q_{\Sigma}^{\text{я}}}{c\rho(t_{\text{вит}} - t_{\text{пр}})}, \quad (5.10)$$

де $t_{\text{вит}}$ – температура витяжного повітря: в теплий період року приймається верхня допустима межа температури повітря в приміщенні $t_{\text{вит}} = t_n = 26,9^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{пр}}$ – температура припливного повітря: дорівнює розрахунковій температурі зовнішнього повітря в теплий період року $t_{\text{пр}} = t_n = 22,9^{\circ}\text{C}$.

Сумарні виділення тепла в цеху протягом теплого періоду року:

$$Q_{\Sigma}^{\text{я}} = Q_{\text{обл}}^{\text{я}} + Q_{\text{л}}^{\text{я}} + Q_{\text{пер}}^{\text{я}} + Q_{\text{прац}}^{\text{я}} = 24089 + 187386 + 40710 + 3150 = 259550$$

кДж/год.

Виділення повного тепла в приміщенні:

$$Q_{\text{надл}}^{\text{п}} = Q_{\Sigma}^{\text{я}} + r \cdot W_{\Sigma}, \quad (5.11)$$

де $Q_{\text{надл}}^{\text{яв}}$ – надлишок виділення явного тепла в приміщенні, кДж/год;

$r = 2500$ кДж/кг – прихована теплота випаровування води;

W_{Σ} – сумарні виділення вологи в теплий період року, кг/год.

$$W_{\Sigma} = W_{\text{обл}} + W_{\text{прац}} = 5,5 + 3 = 8,5 \text{ кг/год.}$$

$$Q_{\text{надл}}^{\text{п}} = 243312 + 2500 \cdot 8,5 = 280800 \text{ кДж/год.}$$

Визначаємо коефіцієнт тепло-вологісного відношення:

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{надл}}^{\text{п}}}{1000 W_{\Sigma}} \quad (5.12)$$

$$\varepsilon = \frac{280800}{1000 \cdot 8,5} = 33 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

Визначаємо необхідну продуктивність вентиляції в теплий період року:

$$L_{\text{тепл}} = \frac{Q_{\text{надл}}^{\text{п}}}{\rho(i_{\text{в}} - i_{\text{п}})} \quad (5.13)$$

де ρ – густина повітря, $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$;

$i_{\text{в}}$, $i_{\text{п}}$ – ентальпії повітря на $i-d$ – діаграмі в точці В і П.

$$L_{\text{тепл}} = \frac{280800}{1,2(61 - 56)} = 46800 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Кратність повітрообміну

$$K = \frac{L}{V} = \frac{46800}{7256} = 6,4(1/\text{год}).$$

5.2.5. Порядок організації роботи вентиляційних систем

На ділянці механічного оброблення характерно то, що всі шкідливості (тепло, волога, випари масла) виділяються розсіяно по всьому її об'єму. Тому для забезпечення нормальних мікрокліматичних умов необхідно організувати загально-обмінні системи вентиляції.

В холодний період року необхідна продуктивність вентиляції складає $1312\text{м}^3/\text{год}$, кратність $\kappa = 0,2(1/\text{год})$, а питомий об'єм цеху на 1 працівника $V = 454\text{м}^3/\text{год}$. За таких умов ($K < 1$, $V' > 40\text{м}^3/\text{чол.}$) діючий СНиП 2.04.05-91 дозволяє не влаштовувати примусову систему вентиляції, обмежуючись періодичним провітрюванням через наявні дверні та віконні прорізи.

В теплий період року в результаті проведення розрахунків отримано такі параметри: необхідна продуктивність вентиляційної системи $L_{\text{тепл}} = 46800\text{м}^3/\text{год}$ кратність $K = 6,4(1/\text{год})$.

Висновки до розділу 5

У розділі проаналізовано умови безпечності виробничого устаткування та використання штучної вентиляції.

Приведено аналіз та визначено кількісні значення основних шкідливостей на ділянці виготовлення деталі «черв'як» та наведено розрахунок повітрообміну для холодного та теплого періодів року.

Загальні висновки по роботі

1. Удосконалено конструкцію ділильної головки УДГ-160 з метою розширення технологічних можливостей фрезерних верстатів з ЧПК при обробленні заготовок, яка дозволяє забезпечити обробку максимального числа поверхонь деталі із одного установа та підвищити точність обробки за умов зниження собівартості ділильної головки.

2. В запропонованому технологічному процесі виготовлення деталі «Черв'як» запропоновано застосування верстатів з ЧПК, а саме токарного верстату 16К20Ф3. Для здійснення технологічного процесу виготовлення деталі черв'як вибрано відповідне обладнання та різальний інструмент та виконані розрахунки припусків, режимів різання, та норм часу на виконання операцій оброблення.

3. Промислові лазерні вимірювальні системи дозволяють проводити безконтактні вимірювання геометричних розмірів і форми сировини, заготовок, деталей і готової продукції в процесі виробництва безпосередньо на конвеєрі або у виробничій лінії з мікронною точністю. Забезпечується 100% контроль розмірів кожної одиниці продукції виключається «людський фактор», що викликає помилки при вибіркового ручному контролі. Контроль розмірів в реальному масштабі часу дозволяє своєчасно внести корективи в технологічний процес і виключити брак та досягнути високу точність вимірювань (від 10 мкм).

4. У розділі охорона праці проаналізовано умови безпечності виробничого устаткування та використання штучної вентиляції.

Список використаних джерел

1. Верба І. І., Розширення технологічних можливостей верстатів при обробці складно профільних деталей Вісник НТУУ «КПІ». Серія машинобудування №1 (70). 2014, С143-147.

2. Поворотные столы с ЧПУ. pl LEHMANN, 06.13 / [www. lehmann-rotari-tables.com](http://www.lehmann-rotari-tables.com)
3. Поворотные и делительно-поворотные столы Haas Automation Inc. (http://int.haascnc.com/DOCLIB/brochures/PDF/rotary_1049.pdf?0327)
4. Справочник технолога-машиностроителя, том 2. под ред Малова А.Н. М. “Машиностроение”, 1986. -720 с.
5. Бабук В. В. Дипломное проектирование по технологии машиностроения/ В.В. Бабук , 1978. – 422 с.
6. Барановский Ю. В. Режимы резания металлов/ Ю.В. Барановский . М. “Машиностроение”, 1972. -311 с.
7. Горбачевич А. Ф. Курсовое проектирование по технологии машиностроения /А.Ф. Горбачевич . Минск. “Высшая школа”1983.-365 с.
8. Горошкин А. К. Приспособления для металлорежущих станков/ А.К. Горошкин. М., “Машиностроение”, 1979. - 436 с.
9. Справочник технолога-машиностроителя, том 1. М. под ред. Косиловой А. Г. “Машиностроение”, 1986. - 650 с..
10. Справочник технолога-машиностроителя, том 2. под ред Малова А.Н. М. “Машиностроение”, 1986. -720 с.
11. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно – заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство.-М.:Машиностроение.1974.-136 с.
12. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів / А.І. Гордєєв, Є.А. Урбанюк, А.Є. Безносів, В.Г. Мігаль. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, - 300 с.
13. Чернин А. Г. Детали машин. /А.Г. Чернин. М., “Высшая школа”, 1975. - 443 с.
14. Класифікація вимірювань. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://studopedia.org/3-110045.html>.

15. Інноваційне обладнання автоматизованого виробництва. Конструктивні особливості та основи програмування верстатів з числовим програмним керуванням: навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Технології комп'ютерного конструювання верстатів, роботів та машин» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: Ковальов В. А., Гаврушкевич А. Ю., Гаврушкевич Н. В. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 158с.

16. Бесконтактные методы измерения размеров и формы объектов с использованием лазера. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:

https://life-prog.ru/view_msinv.php?id=40.

17. Катренко Л.А., Пістун І.П. Охорона праці в галузі освіти. – Суми: Університетська книга, 2001.

18. СНиП 2.04.05-91*У. Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. - Киев, Издательство стандартов, 1996.

19. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. Підручник. Львів Афіша 2004. 248 с.