

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

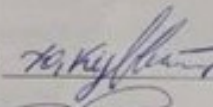
ПОЯСНОВАЛЬНА ЗАПИСКА


до дипломної роботи
ОКР- магістр

Галузь знань: 13

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

на тему: «Удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з розробленням
технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець»»

Виконав студент групи ПМТм-22-1  Юрій КУРІННИЙ

Керівник дипломної роботи  к.т.н., доцент Микола КОСІЮК

До захисту допускаю:
Зав. кафедри  к.т.н., доцент Віталій ТКАЧУК

5 12 2023 р.

Хмельницький – 2023

Завідувачу кафедри технології машинобудування
Віталію ТКАЧУКУ

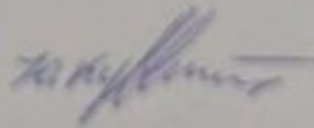
студента групи ПМТм-22-1
Юрія КУРІННОГО

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 плагіатоповіщений (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 надіється в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.



Курінний Ю.О.

7.12.2023

РІШЕННЯ
експертної комісії по кафедрі 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 цвяхового автомата мод. АВ4115А з розробленням технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець»».

Автор: Курінний Ю.О.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Освітня програма: Прикладна механіка, Технології машинобудування.

Керівник дипломної роботи: Косіюк М.М.

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

Висновок	Позначка про відповідність
<p>Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом.</p> <p>Текст вважається оригінальним та не потребує додаткових дій щодо запобігання неправомірним запозиченням.</p> <p>Є співпадіння із титульним листом, завданням, змістом списком використаних джерел. Також є співпадіння із технічними термінами при застосуванні стандартних методик розрахунків, що не є плагіатом. Виявлені запозичення, які розмішені в розділі охорони праці, не є плагіатом. Вони не описують безпосереднє авторське дослідження.</p> <p>Робота приймається до захисту.</p>	<p>Рівень унікальності тексту високий</p>

Завідувач кафедри
Гарант освітньої програми
Керівник дипломної роботи

Ткачук В.П.
Ткачук В.П.
Косіюк М.М.

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Курінний Юрій Олександрович на захист дипломного проекту (роботи)
(Підпис, ім'я, прізвище)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з розроблення технологічного процесу виготовлення деталі фланець

Дипломний проект (робота), реценсія і довідка про перевірку на плагіат додаються

Декан факультету

ВІКТОР ОЛЕКСАНДРОВИЧ
(Ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Курінний Ю. О. за період навчання на факультеті інженерії, транспорту та архітектури з 2022 по 2022 роки повністю виконав навчальний план спеціальності з таким розподілом оцінок за національною шкалою: відмінно 33,33 %, добре 66,67 %, задовільно 0,00 %, шкалою ЄКТС: А 27,27 %, В 9,09 %, С 63,64 %, D 0,00 %, Е 0,00 %.

Методист факультету

[Підпис]
(Ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент

Курінний Ю.О. виконав дипломний проект у відповідності до завдання. Над роботою працював самостійно і зробив професійну роботу та велику кількість слухав інженерських завдань в підприємстві в області термальної механіки. Дипломний проект виконав в установлені терміни.

Оцінка дипломного проекту (роботи)

Керівник дипломного проекту

[Підпис] [Підпис]
(Ім'я, прізвище) (Ім'я, прізвище)

• 11 • 12 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Курінний Ю. О. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри

[Підпис] [Підпис]
(Ім'я, прізвище) (Ім'я, прізвище)

• 18 • 12 2023 р.

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну роботу студента гр. ПМТм-22-1 Юрія КУРІННОГО.

Тема дипломної роботи: «Удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з розробленням технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець»».

1. Актуальність і значення теми

Сучасне машинобудування має великий парк самого різного високопродуктивного обладнання: металорізальні верстати, машини для лиття, молоти, преси, зварювальні установки, станки-автомати та автоматизовані лінії. Кожен з видів цього обладнання виявляється ефективним при виготовленні окремого виду виробів, кожен є незамінним у своїй області технологій. І все ж в науково-технічному прогресі ковальсько-пресовому обладнанню належить особлива роль. Серед них в першу чергу слід відзначити ковальсько-пресове обладнання для виготовлення виробів з дроту. Тому актуальність дипломної роботи з удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з метою підвищення його точності та довговічності роботи не викликає сумніву.

2. Оцінка якості та достовірності проведених досліджень

Структура дипломної роботи, її зміст, показують, що автор плідно попрацював над удосконаленням цвяхового автомата мод. АВ4115А і технологічного процесу механічного оброблення деталі «Фланець». Достовірність отриманих результатів не викликає сумніву, оскільки виконання дипломної роботи базувалося на науково обґрунтованих методиках із застосуванням сучасного комп'ютерного забезпечення. Позитивними рисами дипломної роботи є системність та послідовність викладення матеріалу.

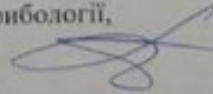
3. Оцінка запропонованих заходів та пропозицій, практичної цінності та ефективності

Практичне значення отриманих результатів полягає в модернізації цвяхового автомата мод. АВ4115А та розробленні ефективного технологічного процесу механічного оброблення деталі «Фланець», які можуть бути впроваджені на базовому підприємстві. Це сприятиме підвищенню якості цвяхів, довговічності роботи цвяхового автомата та зменшенню витрат праці на виготовлення деталі «Фланець».

4. Загальний висновок та оцінка

Суттєвих недоліків в дипломній роботі Курінного Ю.О. не виявлено. Дипломна робота виконана з дотриманням всіх норм на високому професійному рівні і з використанням сучасних комп'ютерних технологій. За актуальністю, новизною та обсягом проведеної роботи відповідає вимогам, які ставляться до дипломної роботи і заслуговує на оцінку «відмінно».

Рецензент: к.т.н., доцент кафедри трибології,
автомобілів та матеріалознавства



Бабак О.П.

07.12.2023 року.

АНОТАЦІЯ

Тема дипломної роботи: Удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з розробленням технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець».

Автор: Курінний Ю.О

Керівник проекту: Косінок М.М.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Обсяг пояснювальної записки - 113 стор. Графічна частина – 11 аркушів А1.

Основне завдання дипломної роботи - удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з метою підвищення його точності та довговічності роботи, а також розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець», яка входить до складу цвяхового автомата.

В загальному розділі проведено аналіз конструкції базового автомата, аналітичний на патентний огляд обладнання аналогічного призначення. Визначенні напрямки удосконалення цвяхового автомата АВ4115А.

В конструкторському розділі запропоновані нові конструкторські рішення для підвищення якості цвяхів. Проведено кінематичний та силовий розрахунок автомата, розроблено механізм для відтискування зубильця. Проведено модернізацію приводних валів автомата. Замінені конічні зубчасті шестерні з прямим зубом на конічні шестерні з коловим зубом, проведено їх розрахунки. Замінено підшипниковий вузол, на сферичний підшипник ковзання. Це дозволило підвищити надійність автомата в цілому, спростити його конструкцію, зменшити матеріалоємність.

В технологічному розділі виконано аналіз існуючого технологічного процесу, проаналізоване робоче креслення деталі «Фланець», обґрунтовано вибір заготовки. Виконані розрахунки припусків, режимів різання і технічних норм часу при виконанні операцій механічну оброблення. Розроблені комплект технологічної документації і програма для виконання операції на верстаті з ЧПУ.

В дослідницькому розділі проведено аналіз сучасних методів підвищення зносостійкості деталей машин. Для деталей цвяхового автомата, що працюють у важких умовах тертя, запропоновано використовувати технологію лазерного легування поверхні з наступним її азотуванням.

В розділі з охорони праці приведено аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів цвяхового автомата мод. АВ4115А. Запропоновано методи захисту від рухомих частин автомата. Проведено розрахунки захисного заземлення.

Ключові слова: цвях, автомат, точність, якість, довговічність, технологічний процес, зносостійкість.

ABSTRACT

Topic of the thesis: Improvement of the nail machine mod. AV4115A with the development of the manufacturing process of the "Flange" part.

Author: Kurinnyi Yu.O.

Project manager: Kosiyuk M.M.

Specialty: 131. Applied mechanics

The volume of the explanatory note is 113 pages. The graphic part is 11 A1 sheets.

The main task of the thesis is to improve the nailing machine mod. AV4115A in order to increase its accuracy and durability of work, as well as to develop the technological process of manufacturing the "Flange" part, which is part of the nailing machine.

In the general section, an analysis of the design of the basic machine, an analytical patent examination of equipment of a similar purpose, was carried out. Determined directions for improvement of the AV4115A nail machine.

The design section offers new design solutions for improving the quality of nails. A kinematic and power calculation of the machine was carried out, a mechanism for pressing the chisel was developed. The machine's drive shafts have been modernized. Bevel gears with a straight tooth were replaced with bevel gears with a circular tooth, and their calculations were carried out. The bearing assembly was replaced with a spherical plain bearing. This made it possible to increase the reliability of the machine as a whole, simplify its design, and reduce material consumption.

In the technological section, an analysis of the existing technological process was performed, a working drawing of the "Flange" part was analyzed, and the selection of the workpiece was justified. Calculations of allowances, cutting modes and technical time standards for machining operations have been carried out. A set of technological documentation and a program for performing operations on a CNC machine were developed.

In the research section, an analysis of modern methods of increasing the wear resistance of machine parts is carried out. For the parts of the nail machine operating under severe friction conditions, it is proposed to use the technology of laser doping of the surface followed by its nitriding.

The section on labor protection provides an analysis of possible dangerous and harmful production factors of the nail machine mod. AV4115A. Methods of protection against moving parts of the automatic machine are proposed. Calculations of protective grounding have been carried out.

Key words: nail, machine, precision, quality, durability, technological process, wear resistance.

Хмельницький національний університет
Факультет інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра технології машинобудування

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ

Магістр Курінний Юрій Олександрович

Тема затверджена наказом ректора № 83 від 1 липня 2023 р.

Тема роботи: «Удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з розробленням технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець»»

План роботи і терміни подання окремих розділів:

Розділ I - 15.10.2023 р.

Розділ II - 30.10.2023 р.

Розділ III - 15.11.2023 р.

Розділ IV - 30.11.2023 р.

Розділ V - 05.12.2023 р.

Перелік графічних матеріалів: 1. Вигляд загальний автомата мод. АВ4115А – 1 арк. ф. А0; 2. Механізм подачі – 1 арк. ф. А1; 3. Механізм віджиму зубильця – 1 арк. ф. А1; 4. Вали приводні - 1,0 арк. ф. А0; 5. Схема кінематична - 1 арк. ф. А1; 6. Циклограма - 1,0 арк. ф. А1; 7. Креслення деталі - 1 арк. ф. А2; 8 - Креслення заготовки - 1 арк. ф. А2; 9. Графотехнологія - 1 арк. ф. А1; 10. Дослідний розділ – 1 арк. ф. А1.

Термін подання закінченої дипломної роботи на кафедру 05.12.2023 р.

Зав. кафедри _____ Віталій ТКАЧУК

Керівник _____ Микола КОСЮК

Магістр _____ Юрій КУРІННИЙ

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	10
1.1 Мета і основне завдання дипломного проекту	10
1.2 Огляд літератури та патентів з питань розробки аналогічного обладнання	11
1.3 Технічні характеристики об'єкта дослідження, особливості конструкції та роботи	21
2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	24
2.1 Нові конструкторські рішення для підвищення якості цвяхів	24
2.2 Модернізація приводних валів	26
2.2.1 Кінематичний розрахунок	28
2.2.2 Силовий розрахунок автомата	32
2.2.3 Геометричний розрахунок зубчастих конічних	36
2.2.4 Перевірочні розрахунки зубчастих коліс	40
2.3 Модернізація механізму подачі	44
2.3.1 Визначення зусилля протягування дроту через роликівий випрямляючий пристрій	46
2.3.2 Рекомендації по застосуванню сферичного підшипника	48
2.3.3 Розрахунок і підбір сферичного підшипника	55
2.4 Висновки	57
3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	59
3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних	59
3.1.1 Службове призначення деталі «Фланець»	59
3.1.2 Матеріал деталі, хімічний склад і фізико-механічні властивості	59
3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Фланець»	61
3.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва	62
3.4 Аналіз існуючого технологічного процесу	63
3.5 Вибір заготовки та обґрунтування методу її отримання	65
3.6 Вибір технологічних баз	68

3.7	Вибір технологічного маршруту оброблення деталі «Фланець»	71
3.8	Розроблення технологічних операцій	74
3.9	Визначення припусків та допусків на розміри заготовки	76
3.10	Розрахунок та вибір режимів різання	80
3.10.1	Аналітичний розрахунок режимів різання при точінні поверхні $\varnothing 70$ мм	80
3.10.2	Аналітичний розрахунок режимів різання на свердлування отвору $\varnothing 11$	82
3.10.3	Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію табличним способом	84
3.10.4	Розрахунок режимів різання на інші операції за допомогою ЕОМ	87
3.11	Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій	88
3.12	Керуюча програми для верстата з ЧПК	90
3.13	Висновки	91
4	ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	92
4.1	Сучасні методи підвищення зносостійкості деталей машин	92
4.2	Підвищення зносостійкості поверхонь тертя комбінованим лазерним легуванням	93
4.3	Висновки	98
5	ОХОРОНА ПРАЦІ	99
5.1	Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів цвяхового автомата мод. АВ4115А	99
5.2	Захист від рухомих частин виробничого устаткування	101
5.3	Розрахунок системи захисного заземлення	104
5.3.1	Розрахунок захисного заземлення цвяхового автомата	106
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	109
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	111
	ДОДАТКИ	
	Додаток А. Специфікації до складальних креслень	
	Додаток Б. Комплект технологічної документації	
	Додаток В. Фрагмент керуючої програми для верстата з ЧПК	

ВСТУП

Сучасне машинобудування має великий парк самого різного високопродуктивного обладнання: металорізальні верстати, машини для лиття, молоти, преси, зварювальні установки, станки-автомати та автоматизовані лінії. Кожен з видів цього обладнання виявляється ефективним при виготовленні окремого виду виробів, кожен є незамінним у своїй області технологій. І все ж в науково-технічному прогресі, прискорення якого є найбільш важливою задачею розвитку народного господарства держави, ковальсько-пресовому обладнанню належить особлива роль. Це пов'язано з рядом принципових особливостей та переваг, притаманних процесам обробки металів тиском, які виконуються на ковальсько-пресових машинах [2,3].

Серед них в першу чергу слід відзначити ковальсько-пресове обладнання для виготовлення виробів з дроту. З початку ХХ сторіччя і до сьогоднішнього дня цвяхове виробництво цілком механізоване й автоматизоване, починаючи від подачі сировини в цех і до надходження продукції на склад: застосовуються електрокари, кран-балки, тельфери, великовагові котушки, пристосування для відбору цвяхів від верстатів, галтовочне устаткування, устаткування для дрібного і великого розфасування цвяхів, укладання запакованих цвяхів на європіддони й обтягування їх термоплівкою. По мірі вдосконалення цвяхового виробництва удосконалювалась конструкція і самих цвяхів, а разом з цим, технологія їх виготовлення і конструкція цвяхових автоматів [3].

Ситуація загострювалась тим, що при переході до ринкових відносин появилось багато дрібних підприємств, які бажали робити цвяхи і поставляти їх у країни далекого зарубіжжя; розпочалась конкурентна боротьба за зовнішні і внутрішні ринки. Гострота й актуальність ситуації, що створилася, вимагали постановки нової мети - якнайшвидшої розробки і серійного випуску нових цвяхових автоматів, які можуть виготовляти цвяхи, що відповідають вимогам стандартів західних країн, тобто підвищеної точності і міцності для механізованого забивання, із збільшеною головкою, з двома головками,

некруглого поперечного перетину, гвинтоподібні тощо.

Вітчизняні автомати моделей АА4113, АА4115, АА4116, АБ4113, АБ4116 для виробництва таких цвяхів не були призначені, тому що їхня конструкція і технологічна точність виготовлення не дозволяли виконувати технічні вимоги стандартів західних країн. Необхідна була більш жорстка конструкція станини, набагато більше зусилля затискування, при цьому деформації станини повинні бути малими, кінематичні люфти в механізмах відрізування, висаджування, подачі повинні бути мінімальними, правка дроту повинна була здійснюватися в двох площинах [3].

Необхідна була цілком нова технологія штампування головки, коли її діаметр перевищує три діаметри стержня дроту. Автоматам перерахованих моделей була властива висока вібрація і шум через значну кількість просторових механізмів, врівноважування яких в умовах обмеженого простору виробу було неможливо.

Для досягнення поставленої мети, насамперед, було необхідно виробити нову концепцію організації технологічного процесу виготовлення цвяхів на автоматі і для її реалізації розв'язати наступні основні задачі:

- 1) підвищити точність, жорсткість і надійність універсальних цвяхових автоматів шляхом створення нової гами автоматів;
- 2) оснастити цвяхові автомати двоконтурним централізованим змащуванням;
- 3) підвищити жорсткість механізму затискування за рахунок горизонтального розташування матричних блоків і зусилля затискування.

Ефективність виробництва, його технічний прогрес, якість виготовленої продукції у значній мірі залежать від випереджуючого розвитку виробництва нового обладнання, машин, верстатів і апаратів, від найширшого впровадження методів техніко – економічного аналізу, що забезпечує розв'язок технічних задач і економічну ефективність технологічних та конструкторських розробок [2,3].

1 ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Мета і основне завдання дипломної роботи

Основне завдання дипломної роботи - удосконалення цвяхового автомату мод.АВ4115А з метою підвищення його точності та довговічності роботи, а також розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Фланець». Для цього слід вирішити цілу низку питань, які направлені на виявлення і дослідження недоліків існуючого обладнання, визначення шляхів їх усунення та розроблення відповідних пропозицій.

Для вирішення цих питань необхідно ознайомитись з конструкцією базового, а також аналогічного устаткування і на основі проведення аналізу вибрати оптимальний варіант, який можна підтвердити розрахунками або теоретичним матеріалом [1-3].

Також в ході дипломного проектування необхідно удосконалити технологічний процес механічної обробки деталі «Фланець», яка виготовляється на базовому підприємстві і входить до складу цвяхового автомату мод.АВ4115А..

Для даного типу обладнання необхідно розробити заходи, щодо підвищення техніки безпеки при роботі на цих верстатах. Навести рекомендації по їх застосуванню.

Підготовка до виконання даної дипломної роботи відбувалась під час проходження переддипломної практики на ВАТ «Хмельницький завод ковальсько-пресового обладнання «Пригма-прес». Відповідно до закону України «Про підприємницьку діяльність» дане підприємство самостійно планує свою діяльність на основі договорів, які підписуються із споживачами продукції, і визначає перспективні напрямки розвитку та попит на виготовлену продукцію.

На теперішній час ВАТ «ХЗКПО «Пригма-прес» єдиний в Україні виробник обладнання для переробки дроту. На підприємстві постійно ведеться пошук найбільш ефективних шляхів вдосконалення продукції, підвищення її якості до рівня світових стандартів, проводяться маркетингові дослідження. Вся продукція

підприємства сертифікована у відповідності з міжнародним стандартом ISO 9001.

Підприємство спеціалізується на виготовленні спеціально обладнання для переробки дроту: автомати дротово-цвяхові, автомати пружинонавивочні, автомати шайбо набивні, автомати сітков'язальні, автомати для виготовлення колючого дроту. Конструкторським бюро заводу постійно проводиться робота по розширенню асортименту обладнання, та вдосконалення вже існуючого.

Підприємство має розвинену службу сервісу, кваліфіковані спеціалісти можуть спроектувати і виготовити необхідне клієнту обладнання. На сьогоднішній день завод має:

- 1) механообробне виробництво;
- 2) складальне виробництво, включаючи фарбувальний майданчик;
- 3) інструментальне виробництво;
- 4) транспортно-складський комплекс;
- 5) термічну дільницю;
- 6) заготівельно-зварювальне виробництво.

Підприємство володіє висококваліфікованими інженерно-технічним персоналом, досвідченими слюсарями складальниками. Спроможне в короткий термін освоїти виготовлення нової продукції.

1.2 Огляд літератури та патентів з питань розробки аналогічного обладнання

Аналізуючи історію, сучасний стан і тенденції розвитку цвяхового устаткування автори пропонують класифікувати його за наступними ознаками.

За видом енергії, використовуваної при висаджуванні головки цвяха:

– ударної дії, де висаджування головки здійснюється за рахунок миттєвого удару пуансона, що приводиться в рух енергією стиснутої пружини;

– ударно-пресової дії (прес-автомати), де висаджування цвяха робиться ударом пуансона, який приводиться в рух кривошипно-шатунним механізмом.

Висаджування відбувається за рахунок енергії обертового маховика;

– пресової дії, де висаджування відбувається за рахунок тиску.

За кількістю одночасно гілок дроту, що переробляються:

- однострумкові;
- двострумкові.

За кількістю ударів висаджувального пуансона, необхідних для висаджування головки цвяха:

- одноударні;
- двоударні.

За конструктивними ознаками:

- класична система трьох валів, розташованих у горизонтальній площині;
- одновальна схема;
- роторного типу;
- стрічково-конвеєрного типу.

Аналізуючи вищевикладене, класифікацію цвяхового устаткування можна представити у виді табл.1.1

Таблиця 1.1 - Класифікація цвяхового устаткування

№ п/п	За видом енергії, що використовується при висаджуванні головки цвяха	За кількістю гілок дроту, що одночасно перероблюються	За кількістю ударів, необхідних для висаджування головки цвяха	За конструктивними ознаками
1	Ударної дії	Однострумкові	Одноударні	Одновальна схема
2	Ударно-пресової дії			Двоударні
3			Одноударні	
4		Тривальна схема		
5			Двоударні	Одновальна схема
6		Тривальна схема		
7				Одноударні
8	Роторного типу			
9		Одноударні	Стрічково-конвеєрного типу	
10	Двоударні			
11		Одноударні	Стрічково-конвеєрного типу	
12	Двоударні			

Світове виробництво цвяхів складає 8-9 млн. т. Основна маса цвяхів виготовляється на автоматах ударно-пресової дії (біля 95%). Інші типи автоматів через свої недоліки широкого поширення не одержали. У зв'язку з цим у даній

роботі основна увага буде відведена вдосконаленню і розвитку дрото-цвяхових автоматів ударно-пресової дії.

Для визначення об'єкту дослідження, а саме вузлів дротово-цвяхового автомату мод.АВ4115А, які потребують модернізації або заміни через невідповідність конструкції ти технічним вимогам, слід розглянути основи проектування обладнання такого типу, провести патентний пошук з питань модернізації, і виявити слабкі місця.

Дротово-цвяхові автомати призначені для виготовлення методом холодного висаджування будівельних, толових та спеціальних цвяхів з каліброваного світло тягнутого дроту з межею міцності $\sigma_B = 500...800 \text{ Н/мм}^2$.

Автомат, що модернізується, відноситься до одноударних дротово-цвяхових автоматів. Характерною особливістю цих автоматів є те, що висаджування головки цвяху виконується за один удар висаджувального пуансона [3].

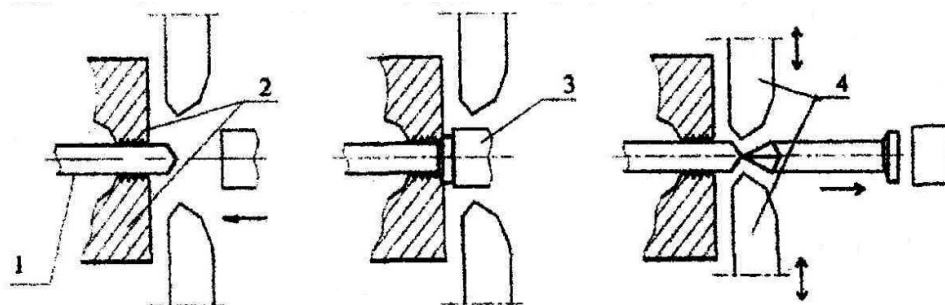


Рисунок 1.1 – Технологічний процес виготовлення цвяхів

Процес виготовлення цвяху наступний. Дріт 1 (див.рис.1.1) автоматично подається через розкриті матриці 2 на величину рівну величині цвяху плюс на величину, яка необхідна для утворення головки відповідної форми та розмірів. Розкриття матриць виконується зазвичай переміщенням однієї матриці, інша нерухома.

Дріт подається за допомогою зубильця кліщової подачі, яке врізається у поверхню дроту, завдяки чому усувається проковзування дроту та забезпечується точна величина подачі.

Після закінчення подачі матриці затискаються, притискаючи своєю рифленою поверхнею дріт, а пуансон 3 при ході повзуна вперед висаджує головку.

Гострильні та відрізні ножі 4 при русі повзуна вперед знаходяться в крайньому розкритому положенні, забезпечуючи пуансону вільний хід до заготовки цвяха. При русі повзуна назад матриці розкриваються, дріт з висадженою головкою подається на величину, що відповідає довжині цвяха і матриці знов закриваються. Після цього гострильні ножі починають замикатись. При змиканні ножів відбувається загострення цвяху і одночасне відділення його від дроту.

Перед висаджуванням наступної головки отриманий при наступному ударі цвях, відломлюється від дроту пуансоном, що коливається, або скидачем.

Принцип роботи та кінематична схема у більшості дротово-цвяхових автоматів одноударного типу, які розглядались під час огляду літератури і патентного пошуку, виявились однаковими, або дуже наближеними один до одного.

Дротово-цвяхові автомати одноударної дії мають кінематичну схему з взаємно перпендикулярними валами, яка дозволяє розмістити всі виконавчі та приводні механізми в одній площині, що дозволяє спростити механізм.

Основні складові елементи автомату:

- 1) станина;
- 2) привід;
- 3) колінчастий та бокові вали;
- 4) механізм висаджування;
- 5) механізм різку;
- 6) механізм затиску;
- 7) вузол подачі;

- 8) механізм скидання цвяха;
- 9) правильний роликовий пристрій.

Всі автомати мають централізовану систему змащування. Правка дроту перед висаджування виконується у двох площинах.

Принципова кінематична схема таких автоматів представлена на рис.1.2.

Робота автомата виконується наступним чином:

Від електродвигуна 1 клиновими ременями через шківи 2 і 3 обертання передається на колінчатий вал I, який надає зворотно-поступального руху висаджу вальному повзуну 4 та передає обертовий рух на бокові вали II і III шляхом двох пар конічних шестерень 5 і 6. Від бокових валів за допомогою ексцентриків 7 приводяться у рух повзуни механізму відрізання та загострення, а з бокового валу II від кулака 8, через важіль 9, отримує рух повзун механізму затиску.

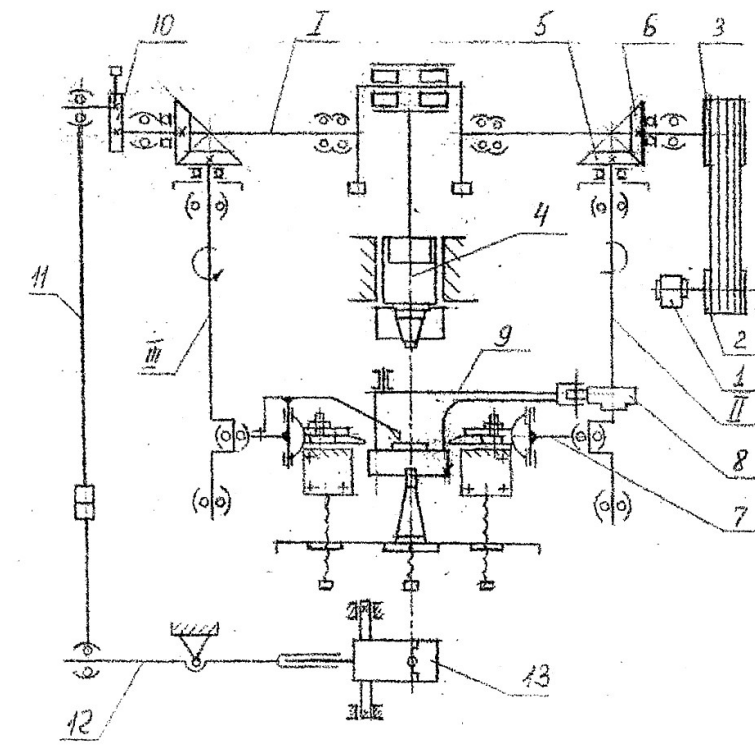


Рисунок 1.2 – Кінематична схема дротово-цвяхового автомату

На лівій консолі колінчастого валу встановлена планшайба 10, яка надає через тягу 11 та важіль 12 зворотно-поступальний рух каретці подачі 13. Під час подачі дріт захвачується зубильцем та протискається через неприводні правильні ролики, які розміщені перед механізмом подачі. Каретка подачі переміщується по напрямним. Таким чином, переміщення відбувається по прямій лінії.

Деякі автомати можуть мати відмінності у кінематичній схемі, у вигляді іншого застосування кінематичних ланцюгів, та використання додаткового обладнання, наприклад, механізму для видалення обсічки, яка виникає при відрізання та загострюванні цвяха. Але все ж принцип роботи автоматів, та його вузлів залишається однаковим. Виходячи з цього можна зробити висновок, що конструкція даного виду обладнання вже добре вивчена і перевірена, і на даний час використовується найбільш оптимальний її варіант, який враховує всі особливості процесу виготовлення цвяхів.

Проводячи патентний пошук з питань модернізації дротово-цвяхових автоматів були досліджені патенти та авторські свідоцтва на винаходи з цього напрямку.

Відомий цвяховий автомат, який містить розташовані в корпусі і кінематичне зв'язані між собою механізм висадження, що включає в себе пуансон висадження, механізм різання, механізм подачі дроту, що включає в себе пристрій для захоплювання, механізм затискання, що включає в себе матричний блок з затискаючими матрицями, механізм виправлення [4]. На автоматах цього типу висадження голівки здійснюється за один удар. При висаджуванні голівки необхідно дотримуватись співвідношення $I / d < 2,5$, де I - довжина заготовки, необхідна для висаджування голівки, d - діаметр дроту. При співвідношенні $I / d > 2,5$ при висадженні заготовка втрачає стійкість і голівка, що висаджується, виходить не круглою і не по центру стрижня цвяху. Тому за один удар не можна отримати збільшену голівку, де співвідношення $I / d > 2,5$.

Відомий цвяховий автомат, що містить встановлений у станині колінчастий вал з противагами і приводом, шатун, повзун і різноманітні механізми, кінематично зв'язані з колінчатим валом, які забезпечують маніпуляції, необхідні

для штампування цвяхів [5]. Загальними суттєвими ознаками відомого та автомату, що заявляється, є станина з розміщеним в ній колінчастим валом з приводом, шатун, повзун і механізми, що забезпечують техпроцес створення цвяху, які кінематично зв'язані з колінчастим валом. При роботі відомого цвяхового автомату виникає необхідність урівноважувати кінетичні маси автомату, що відбувається встановленням, наприклад, на колінчастому валу навпроти колін спеціально розрахованих урівноважених мас. При роботі цвяхового автомату необхідна додаткова енергія на розгін додаткових урівноважених мас, знижується продуктивність автомату за рахунок штампування дроту з однієї сторони автомату, знижується ККД автомату.

Відомий автомат для виготовлення цвяхів, який містить в собі колінчастий вал та розташовані на станині кінематично зв'язані між собою механізм відрізу І механізм загострення заготовки, який має ножі, що розташовані на повзунах, та механізми висадки, подачі і затиску[6]. Недоліком вказаного автомата є його великий шум і металоємність.

Відомий цвяховий автомат, який містить розташовані в корпусі і кінематично зв'язані між собою механізм висадження, що включає в себе пуансоні попереднього і остаточного висадження, при цьому робоча поверхня пуансона попереднього висадження виконана у вигляді конуса, розташованого вздовж осі подачі і по формі співпадає з формою попередньої голівки цвяха, механізм різання, механізм подачі дроту, що включає в себе пристрій для захоплення, механізм затискання, що включає в себе матричний блок з затискаючими матрицями, механізм переміщення матричного блока і механізм виправлення В автоматах цього типу на кожний хід висаджувального інструмента матричний блок підставляє під остаточне висадження то одну, то другу гілку дроту, і тому за кожний хід повзуна одержується готовий цвях із збільшеною голівкою[7].

Однак, в цих автоматах для отримання точної голівки, яка розташована по центру осі стрижня, необхідно, щоб вісь дроту, яка знаходиться на позиції попереднього висадження, точно співпадала з віссю конуса на пуансоні

попереднього висадження В протилежному випадку висаджена попередня голівка буде не по центру осі дроту, а тому і остаточно висаджена голівка буде не по центру В зв'язку з тим, що дріт по черзі стає на позицію попереднього висадження, то досягнути по черзі точного збігу з віссю пуансона попереднього висадження то однієї то другої гілки практично неможливо. Причинами цього є:

- 1) наявність зазорів в напрямляючих і шарнірах механізму затискання при пересуванні матричного блока;
- 2) наявність пружних деформацій при затисканні дроту в затискаючих матрицях;
- 3) відстань між двома гілками дроту через похибки у виготовленні не дорівнює ходу матричного блока.

Окрім того, пуансон попереднього висадження осаджує заготовку з співвідношенням $l/d > 2,5$. Тому для отримання вірного осаджування нетривкої заготовки робоча поверхня попереднього конуса виконана у вигляді конуса Це значно ускладнює виготовлення пуансона попереднього висадження, а також призводить до забивання конуса металевим пилом і брудом Це знижує надійність роботи і стійкість пуансона попереднього висадження.

Відомий механізм затиску цвяхового автомату, який містить змонтовані на станині важільно-кулачковий привод з регульовальним гвинтом і матричний блок, що складається з корпусу із змонтованими в нім підпружиненою повзушкою, нерухомою і рухомою напівматрицями, що мають канавки для розміщення в них дроту [8]. Матричний блок забезпечений проміжною матрицею, виконаною у вигляді коромисла, встановленого з можливістю гойдання між рухомою і нерухомою напівматрицями.

Відомий механізм затиску дроту цвяхового автомату, який містить важільно-кулачковий привод з регульовальним гвинтом і матричний блок, в корпусі якого вмонтована нерухома напівматриця, а в напрямних - рухома, зв'язана з важільно-кулачковим приводом підпружинена повзушка із закріпленою на ній напівматрицею, розташованою симетрично нерухомій напівматриці

відносно осі подачі дроту цвяхового автомата, причому на напівматрицях виконані струмки для затиску дроту [9].

Відомий цвяховий автомат, який містить колінчастий вал, механізми відрізу -загострення, висадки, подачі та затиску [10]. В центрі колінчастого вала закріплено кулачок, який кінематично зв'язаний з повзуном висадки. З двох сторін від кулачка колінчастий вал має кривошип, кінематично зв'язаний за допомогою тяги через кулачок з рухомою затискною матрицею, а другий - з верхнім барабаном механізму відрізу - загострення, який за допомогою дишла кінематично зв'язаний з нижнім барабаном механізму відрізу - загострення. Обидва барабани розташовані на рухомій каретці.

Запропоноване конструктивне виконання цвяхового автомата з кулачковим приводом механізмів висадки та затиску, механізму відрізу-загострення з барабанним приводом дозволяє отримати готові вироби і забезпечує роботу автомата з найменшим шумом (немає конічних передач та двох бокових валів і т і) і оптимальну компоновку основних механізмів, що в кінцевому рахунку знижує його металоємність. Вартість виготовлення цього автомата в 4...5 разів менше ніж випускаємих.

Відомий цвяховий автомат, який містить встановлений у станині колінчастий вал з приводом, шатун, повзун і механізми, що забезпечують техпроцес формування цвяхів, які кінематично зв'язані з колінчастим валом [11]. Колінчастий вал виконано з колінами, опозитно розгорнутими на 180°, які через шатуни зв'язані з повзунами, і мають можливість рухатись в станині в протилежні сторони. При цьому маси деталей, що рухаються в протилежні сторони, дорівнюють одна одній.

Запропонована конструкція забезпечує збільшення продуктивності автомату у два рази за рахунок штампування цвяха з двох сторін. Урівноваження рухомих частин, що однакові по масі і рухаються в протилежні сторони, дозволяє підвищення ККД за рахунок відсутності додаткових урівноважених мас.

Відомий дрото-цвяховий автомат, який містить двигун з приводом, встановлений у станині колінчастий вал з противагами, що зв'язаний шатуном з

повзуном [12]. На ньому розміщений висадний пуансон, який контактує з механізмами забезпечення формування цвяхів, які кінематично зв'язані з колінчастим валом. На колінчастий вал встановлені кулачки з профілем по діаграмі роботи механізмів автомата, які контактують з штоками гідроциліндрів, що гідролініями зв'язані з гідроциліндрами переміщення механізмів та виконання маніпуляцій, необхідних для штампування цвяхів.

Запропонована конструкція дозволяє значно спростити його конструкцію в цілому, зменшити металоємність і трудомісткість виготовлення, понизити масу, зменшити махові маси, підвищити ККД.

Відомий цвяховий автомат, який містить розташовані в корпусі і кінематично зв'язані між собою механізм висадження, що включає пуансони попереднього і остаточного висадження, механізм різання, механізм подачі дроту, що містить пристрій для захоплення дроту, механізм затискання, що включає матричний блок з затискними матрицями, механізм пересування матричного блока і механізм виправлення [13]. Він також містить механізм додаткової подачі дроту з пристроєм для захоплення, кінематично зв'язаний з рештою механізмів автомата. Робоча поверхня пуансона попереднього висадження виконана у вигляді вільної площини, розташованої перпендикулярно осі подачі дроту.

Виконання робочої поверхні у вигляді вільної площини, перпендикулярної осі подачі дроту дозволяє:

- 1) виключити вплив похибки стану матричного блока в кожній позиції відносно пуансона попереднього висадження на точність попереднього висадження, що спрощує налагодження і підвищує точність голівки цвяха;
- 2) виключити забивання пилом і брудом робочої поверхні пуансона попереднього висадження, тому що відсутній об'єм Це дозволяє підвищити стійкість пуансона попереднього висадження і надійність роботи автомата;
- 3) спростити виготовлення пуансона попереднього висадження, тому що виготовлення площини простіше, ніж виготовлення конуса.

Розглядаючи ці та інші документи, а також інформацію представлену в літературі [3, 14] проведено аналіз отриманої інформації, виявлені шляхи

вдосконалення конструкції, та проаналізовано недоліки базової моделі дротово-цвяхового автомату мод. АВ4115А. Детально ці питання будуть розглянуті в конструкторському розділі.

1.3. Технічні характеристики об'єкта дослідження, особливості конструкції та роботи

Автомат дротово-цвяховий мод. АВ4115А призначений для виготовлення будівельних цвяхів з плоскою та конічною головкою, толевих цвяхів, тарних із плоскою та конічною головкою. Можливе виготовлення цвяхів із дроту гвинтового та квадратного профілю.

Матеріал, що використовується: дріт сталевий, світлий, низьковуглецевий загального призначення за ГОСТ 3282-74, термічно необроблений з межею міцності $\sigma_B < 800$ МПа в бунтах або катушках до 1000 кг.

Технологічний процес виготовлення:

- 1) виправлення дроту у правильно-роликовому пристрої;
- 2) подача на розмір цвяха;
- 3) затискання дроту;
- 4) відрізка дроту та скидання цвяха;
- 5) висаджування головки цвяха.

За один хід висадкового повзуна виходить один цвях.

Автомат може виготовлятися як для потреб народного господарства держави, так і на експорт. На рис. 1.3 показано загальний вид цвяхового автомату мод. АВ4115 А.



Рисунок 1.3 - Загальний вид цвяхового автомату мод. АВ4115 А

При експлуатації автомата основні технологічні зусилля не повинні перевищувати наступних величин:

- Номінальне зусилля висаджування – 100 кН;
- Номінальне зусилля затиску – 43 кН;
- Зусилля для відрізання цвяху – 19 кН.

Основні технічні характеристики автомата приведені в табл.1.2.

Таблиця 1.2 – Технічні характеристики (основні параметри по ГОСТ 5627-87)

№	Найменування параметрів	Дані
1.	Діаметр стержня цвяха, мм	
	- найбільший	3,1
	- найменший	1,8
2.	Довжина цвяха, мм	
	- найбільша	80
	- найменша	20
3.	Максимальне зусилля висаджування, кН	100
4.	Частота ходів висаджувального повзуна, хв. ⁻¹	
	- найбільша	615
	- найменша	450
5.	Продуктивність, шт./хв.	
	- найбільша	615
	- найменша	450
6.	Потужність електродвигуна, кВт	5,5
7.	Питомі витрати електроенергії, кВт/кН·м, хв. ⁻¹	$1,12 \cdot 10^{-3}$
8.	Маса автомата, кг	2300
9.	Питома вага, кг/кН·м	287,5
10.	Габаритні розміри, мм	
	- зліва направо	1400
	- спереду назад	2070
	- висота на рівнем полу	1080

Система керування – електрична.

Тип правильного пристрою – роликів не приводне для правки дроту в двох площинах.

Тип подачі – кривошипно-повзунний.

Тип механізму висаджування та механізму різа – зворотно-поступальний.

Цикл роботи автомата – неперервний, ручне прокручування (наладка).

Система змащування – рідка, під тиском і картерна; густа – індивідуальна через прес-маслянки та закладна.

Кількість ходів висаджувального повзуна: регулювання ступеневе – змінними шківками.

Довжина висаджувального цвяха: регулювання безступеневе – гвинтом на планшайбі.

Пристрої по техніці безпеки: заземлення, огороження з блокуючим пристроєм, шумопоглинаючі кришки.

Шумова характеристика автомата:

- корегований рівень звукової потужності L_{pa} , ДБА на холостих ходах не більше 94 ДБА;
- при виконанні та імітації типової технологічної операції – 95 ДБА.

Кількість електродвигунів – 1.

Двигун головного приводу – АИР112М4У3; потужністю 5,5 кВт; кількість обертів – 1445 об/хв.

Струм живильної мережі – змінний трифазовий, 380 В.

2 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

В даному розділі проведено детальний аналіз конструкції цвяхового автомату мод.АВ4115А з метою виявлення його недоліків та запропонуємо рішення для їх усунення, або покращення його технологічних властивостей, на основі розрахунків та аналізу проведеному у загальному розділі дипломного проекту, та використовуючи рекомендації і інформацію викладену в літературних джерелах.

2.1 Нові конструкторські рішення для підвищення якості цвяхів

В загальному розділі було розглянуто принцип роботи та будову цвяхових автоматів, визначенні їх основні типи та характеристики. Вказані особливості будови та принципи роботи основних механізмів. Після аналізу результатів дослідження, виявлено, що не один з існуючих автоматів не обладнується механізмом для відтискання зубильця під час холостого ходу механізму подачі. Через це на поверхні дроту для висаджування цвяхів з'являється подряпина, яка призводить до погіршення поверхневого шару цвяха.

На сьогоднішній день, у зв'язку з підвищеною конкуренцією на ринку залізних виробів, до поверхневого шару виробів висувають високі вимоги щодо якості, особливо при виробництві товару на експорт. В зв'язку з цим слід зазначити, що встановлення такого пристрою на даний автомат покращить його технічні характеристики, та зробить його більш конкурентоздатним. Ще однією з переваг застосування такого пристрою є зменшення величини зношування зубильця через відсутність його контакту з дротом під час холостого ходу механізму подачі.

Для встановлення даного механізму на автомат слід також дещо змінити його загальну конструкцію. Для цього на корпус, який тримає зубильце, буде встановлено притискний ролик зі зворотної сторони вісі його обертання, який дозволить відводити зубильце під час холостого ходу, завдяки тиску на його

поверхню, і відповідно дії на пружину, яка намагається притиснути зубильце до поверхні дроту. Детально даний вузол представлено на кресленні механізму подачі у додатках.

Але для того, щоб даний механізм працював, необхідно прикласти притискуючи зусилля на поверхню ролика під час холостого ходу. Для цього будемо використовувати важіль 2 (див. рис.2.1) з встановленою на ньому притисною планкою 4. Важіль 2 в свою чергу буде отримувати рух від важеля 1 через регулювальний гвинт 3.

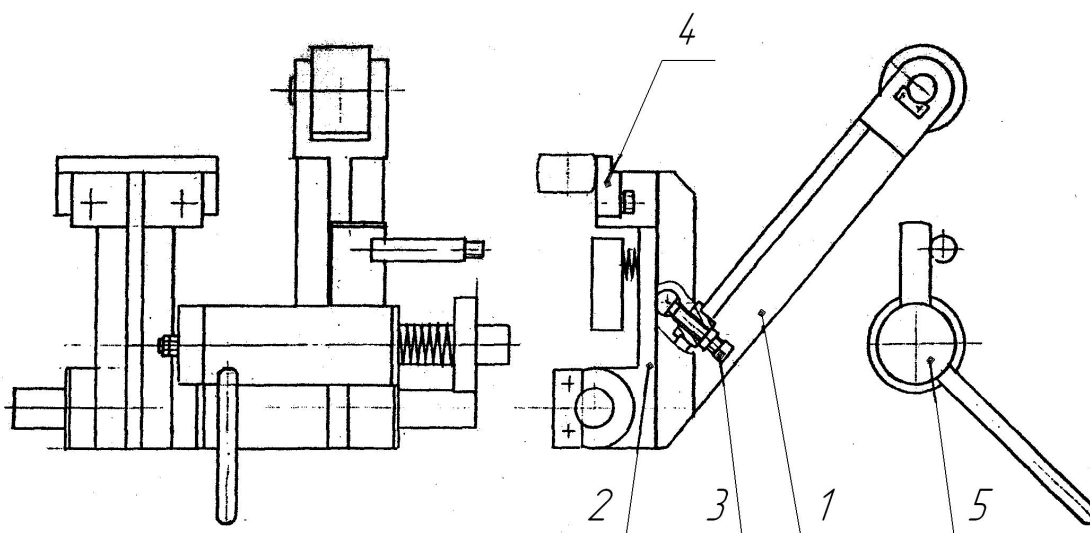


Рисунок 2.1 – Механізм відтискання зубильця

Важіль 1 отримує рух від кулака, що встановлюється на кінці правого бокового валу, і задає йому закон руху. Для постійного контакту важеля з кулаком встановлюється пружина, яка притискає важіль з роликком на кінці до кулака. Ролик встановлений на кінці важеля 1 та на корпусі для установки зубильця використовуються для зменшення тертя під час роботи механізму замінюючи процес тертя-ковзання та тертя кочення. Для вимкнення механізму відтискання зубильця необхідно ослабити гвинт 3 та рукояткою 5 зафіксувати важіль 1 обмежуючи його контакт з кулаком.

Конструкція даного пристрою більш детально відображена на складальному

кресленні в додатках. Розміри та розташування елементів пристрою вибирались конструктивно, виходячи з компоновки автомата, та можливості встановлення такого механізму. Силовий розрахунок для механізму не проводився завдяки використанню рекомендацій щодо конструкції інших вузлів автомата, та використовуючи подібні елементи з інших вузлів даного верстата, а зокрема механізму затиску. При конструюванні пристрою для відтискування зубильця були використані рекомендації наведені в літературі [15].

2.2 Модернізація приводних валів

Приводні вали використовуються для передачі руху обертання від приводу до робочих органів.

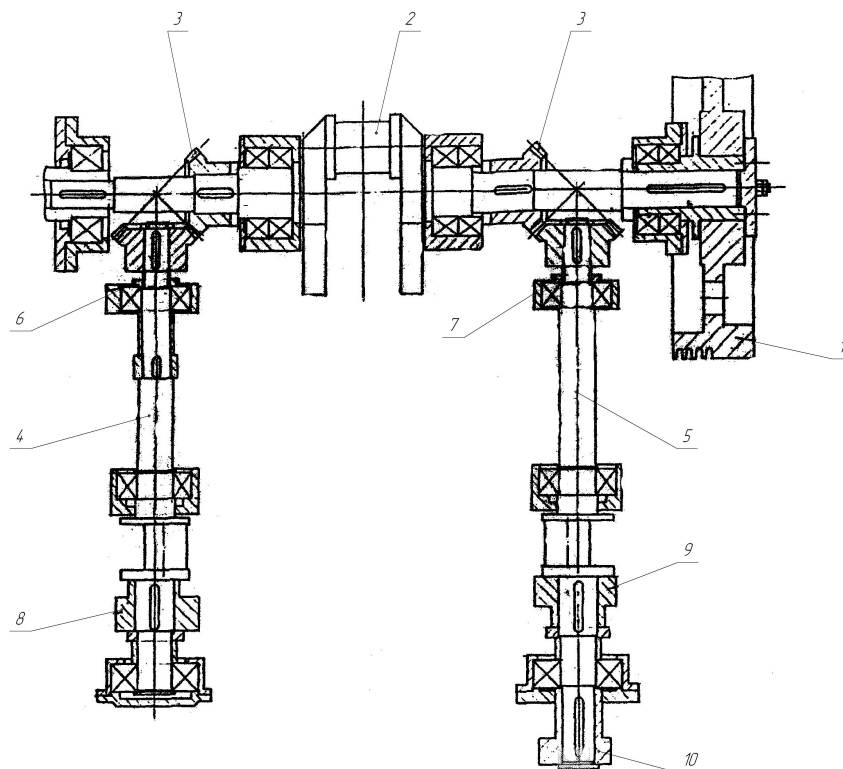


Рисунок 2.2 – Приводні вали

Від маховика 1, встановленому на колінчастому валу 2, через дві пари конічних шестерень 3, обертання передається на бокові вали 4 та 5.

Боковий зазор в зчепленні шестерень встановлюється на заводі-виробнику в

межах 0,17...0,47 мм, шляхом обертання гайок 6 та 7.

На лівому валу 4 розміщений кулак затиску 8, а на правому розміщено кулак 9 верхнього відбійника, а також кулак 10, який ми встановлюємо надання руху механізму відтискання зубильця.

Всі вали встановлені у опори з підшипниками кочення.

Аналізуючи конструкцію приводних валів знаходимо в їх конструкції недолік, який негативно впливає на довговічність роботи верстата, а також є одним з джерел підвищеного виділення шуму, який і без того є одним з головних недоліків подібного обладнання. Ним виявились дві пари шестерень, які використовуються для передачі крутного моменту від кривошипного валу 2 на бокові вали 4 і 5.

Дані шестерні – конічні шестерні з прямим зубом. Відповідно до літературних джерел [16-23] конічні передачі поділяються на прямозубі, косозубі та з коловими зубами. Тангенційні зуби направлені по дотичній до певного неіснуючого кола радіусом e , і складають з твірною конуса кут β . Коловий зуб розміщується по дузі кола, по якій рухається інструмент при нарізанні зубів. Кут нахилу колового зуба змінний. Величина кута $\beta \leq 30^\circ$ - для коліс з тангенційним зубом та $\beta_m = 35^\circ$ - для коліс з коловим зубом.

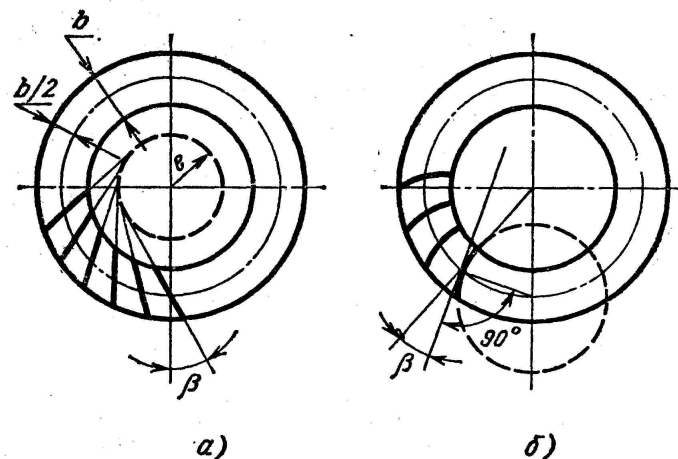


Рисунок 2.3 – Конічні зубчасті колеса.

а) тангенційне; б) з коловим зубом.

Частіше використовують конічні колеса з коловими зубами, які мають ряд переваг: при однакових габаритних розмірах мають більш несучу здатність; при підвищених колових швидкостях (до 11 м/с при не шліфованих і 35 м/с при шліфованих) працюють плавно та безшумно завдяки більшому перекриттю зубців в зачепленні; зберігають задовільну пляму контакту при значних деформаціях деталі.

Виробничими розмірами конічного колеса є розміри в нормальному перетині по великому торцю, яке виражається через зовнішній окружний модуль.

Виходячи з вище зазначеного приймаємо рішення про заміну конічних коліс з прямим зубом на конічні колеса з коловим зубом.

Для проведення розрахунків параметрів шестерні спочатку визначаємо зусилля які можуть виникнути на поверхні зубів під час роботи автомата. Для цього проведемо кінематичний та силовий розрахунок автомата.

2.2.1 Кінематичний розрахунок

Максимальний робочий хід висаджувального повзуна S_{\max} при висаджуванні цвяхів визначається за формулою [3, 14]:

$$S_{\max} = l_{\text{заг}} - h, \quad (2.1)$$

де h - висота головки цвяха, задається з конструктивних розмірів цвяха, відповідно до стандарту;

$l_{\text{заг}}$ - довжина заготовки, яка необхідна для отримання головки цвяха.

$$l_{\text{заг}} = \frac{r^2 h_1 + \frac{h_2}{3} (r^2 + r_1^2 + r \cdot r_1)}{r_1^2}, \quad (2.2)$$

де $r = 3$ - радіус головки цвяха, мм;

$h_1 = 0,55$ - висота циліндричної частини головки цвяха, мм;

$h_2 = 1,3$ - висота конічної частини головки цвяха, мм;

$r_1 = 1,55$ - радіус дроту, мм.

$$l_{\text{заг}} = \frac{3^2 \cdot 0,55 + \frac{1,3}{3} \cdot (3^2 + 1,55^2 + 3 \cdot 1,55)}{1,55^2} = \frac{11,89}{2,4025} = 4,95 \text{ мм.}$$

$$S_{\text{max}} = 4,95 - 1,85 = 3,1 \text{ мм.}$$

Залежність ходу висаджувального повзуна від кута повороту колінчастого валу визначаємо за формулою:

$$S = R \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right], \quad (2.3)$$

де R - радіус кривошипа висаджувального повзуна, мм;

λ - коефіцієнт довжини шатуна, визначається за формулою:

$$\lambda = \frac{R}{L}, \text{ де } L - \text{довжина шатуна.} \quad (2.4)$$

$$\lambda = \frac{70}{310} = 0,226.$$

Відповідно до формули (2.3) визначаємо декілька значень ходу повзуна при різних кутах повороту колінчастого валу та будуємо графік (див.рис.2.4).
Значення розрахунків зводимо у табл.2.1.

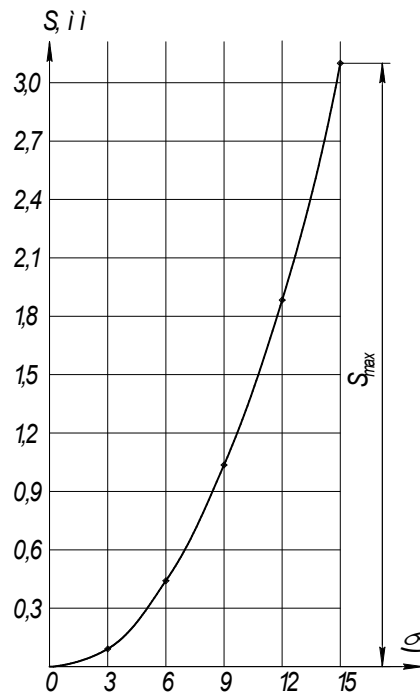


Рисунок 2.4 – Залежність ходу повзуна від кута повороту колінчастого валу

Таблиця 2.1 – Розрахунки залежності ходу висаджувального повзуна від кута повороту колінчастого валу

α	$A = 1 - \cos \alpha$	$\cos 2\alpha$	$B = 1 - \cos 2\alpha$	$C = \frac{\lambda}{4} \cdot B$	$A + C$	S , мм
0	0	1	0	0	0	0
3	0,001	0,995	0,005	0,0003	0,0013	0,091
6	0,005	0,978	0,022	0,0013	0,0063	0,441
9	0,012	0,951	0,049	0,0028	0,0148	1,036
12	0,022	0,914	0,086	0,0049	0,0269	1,883
15	0,034	0,866	0,134	0,0076	0,0416	3,1

Залежність ходу повзуна механізму відрізання цвяху від повороту ексцентрика визначається по формулі:

$$S_p = R_p \left[(1 - \cos \alpha) + \frac{\lambda_p}{4} (1 - \cos 2\alpha) \right], \quad (2.5)$$

де $\lambda_p = 0,068$ - коефіцієнт довжини шатуна механізму відрізання цвяху;

$R_p = 15$ мм, радіус ексцентрика бокового валу.

Розрахунки зводимо у табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунки залежності ходу повзуна механізму відрізання в залежності від кута повороту кривошипа

α	$A = 1 - \cos \alpha$	$\cos 2\alpha$	$B = 1 - \cos 2\alpha$	$C = \frac{\lambda_p}{4} \cdot B$	$A + C$	S_p , мм
0	0	1	0	0	0	0
6	0,005	0,978	0,022	0,0004	0,0054	0,081
12	0,022	0,914	0,086	0,0015	0,0235	0,3525
18	0,049	0,809	0,191	0,0033	0,0523	0,7845
24	0,086	0,669	0,331	0,0056	0,0916	1,374

30	0,134	0,500	0,500	0,0085	0,1425	2,14
----	-------	-------	-------	--------	--------	------

Графічно залежність зображено на рис.2.5.

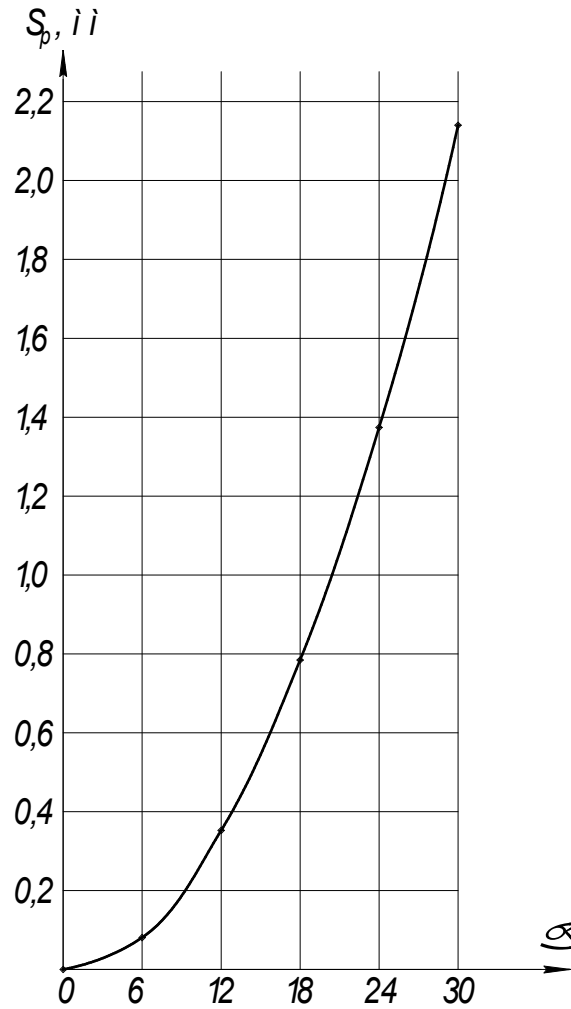


Рисунок 2.5 – Залежність ходу повзуна механізму відрізання цвяха від кута повороту колінчастого валу.

Визначимо також максимальні швидкості та прискорення повзунів.

Максимальна швидкість висаджувального повзуна:

$$V_{\max} = R\omega(1 + \lambda^2)\sqrt{1 - \lambda^2}, \quad (2.6)$$

де

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30} = \frac{3,14 \cdot 615}{30} = 64,37 \text{ 1/с.} \quad (2.7)$$

$$V_{\max} = 0,07 \cdot 64,37(1 + 0,226^2) \cdot \sqrt{1 - 0,226^2} = 4,61 \text{ м/с.}$$

Максимальне прискорення висаджувального повзуна:

$$a_{\max} = R\omega^2(1 + \lambda^2) = 0,07 \cdot 64,37^2(1 + 0,226^2) = 305 \text{ м/с}^2. \quad (2.8)$$

Максимальна швидкість повзуна відрізання цвяха:

$$V_{p.\max} = R_p \omega(1 + \lambda_p^2) \sqrt{1 - \lambda_p^2}, \quad (2.9)$$

$$V_{p.\max} = 0,015 \cdot 64,37(1 + 0,068^2) \cdot \sqrt{1 - 0,068^2} = 0,965 \text{ м/с}.$$

Максимальне прискорення повзуна механізму відрізання цвяха:

$$a_{p.\max} = R_p \omega^2(1 + \lambda_p^2) = 0,015 \cdot 64,37^2(1 + 0,068^2) = 62,4 \text{ м/с}^2. \quad (2.10)$$

2.2.2 Силовий розрахунок автомата

Технологічне зусилля висаджування цвяху визначається за формулою:

$$P_{np} = P_{noch} + \beta(S)^4, \quad (2.11)$$

де P_{np} - проміжне зусилля, Н.

$$P_{noch} = \sigma_T \cdot \left(1 + \frac{\mu}{3} \cdot \frac{D}{l_{zag}}\right) \cdot F, \quad (2.12)$$

де $\sigma_T = 850 \text{ Н/мм}^2$, межа міцності дроту;

$\mu = 0,3$, коефіцієнт тертя;

$D = 3,1 \text{ мм}$, діаметр дроту для висаджування цвяхів;

$l_{zag} = 4,95 \text{ мм}$, довжина заготовки;

$$F = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 3,1^2}{4} = 7,54 \text{ мм}^2, \text{ площа поперечного перетину.} \quad (2.13)$$

$$P_{noch} = 850 \cdot \left(1 + \frac{0,3}{3} \cdot \frac{3,1}{4,95}\right) \cdot 7,54 = 6810 \text{ Н}.$$

Згідно паспортних даних верстата максимальне зусилля висаджування цвяхів $P_{кин} = P_{\max} = 100 \text{ кН}$.

$$\beta = \frac{P_{\max} - P_{noch}}{(S_{\max})^4} = \frac{100000 - 6810}{3,1^4} = 1009,1. \quad (2.14)$$

Розраховуємо проміжні значення зусилля висаджування і зводимо в табл.2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок проміжних значень зусилля висаджування цвяхів

α	0°	3°	6°	9°	12°	15°
Величини						
S , мм	3,1	3,009	2,695	2,064	1,217	0
S^4 , мм ⁴	92,35	81,98	52,75	18,15	2,20	0
$\beta(S)^4$	93190	82726	53230	18315	2220	0
P_{np} , Н	100000	89536	60040	25125	9030	6810

Крутний момент на колінчастому валу від зусилля висаджування цвяхів визначаємо за формулою:

$$M_{KP} = P_{np} \cdot m_{K1} \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (2.15)$$

де P_{np} - проміжне зусилля висаджування;

m_{K1} - приведенне плече крутного моменту:

$$m_{K1} = R \left(\sin \alpha + \frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha \right) + f_1 [(1 + \lambda)r_a + r_0] + fr_b \lambda, \quad (2.16)$$

де $R = 0,07$ м, радіус кривошипа;

$\lambda = 0,226$ - коефіцієнт шатуна;

$f = 0,06$ - коефіцієнт тертя ковзання;

$r_a = 0,04$ м, радіус кривошипної шийки;

$r_b = 0,02$ м, радіус малої головки шатуна;

$f_1 = 0,01$ - коефіцієнт тертя приведений;

$r_0 = 0,04$ м, радіус корінних шийок колінчастого валу.

$$m_{K1} = 0,07 \cdot (\sin \alpha + 0,113 \sin 2\alpha) + 0,0012 \text{ м}.$$

Підставляємо проміжні значення кута α і розраховуємо крутний момент в залежності від зміни проміжного зусилля висаджування. Результати розрахунків зводимо у табл.2.4.

Таблиця 2.4 – Проміжні значення крутного моменту в залежності від зусилля висаджування цвяхів

α	A, $\sin \alpha$	$\sin 2\alpha$	Б, $\frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha$	B, $R(A+B)$	$m_{KI} =$ $= B + 0,0012$	P_{np}	$M_{kp} =$ $= P_{np} \cdot m_{KI}$
0	0	0	0	0	0,0012	100000	30
3	0,052	0,105	0,0119	0,0045	0,0057	89536	510
6	0,105	0,208	0,0235	0,0090	0,0146	60040	877
9	0,156	0,309	0,0349	0,0134	0,0146	25125	367
12	0,208	0,407	0,0460	0,0178	0,0190	9030	171
15	0,259	0,5	0,0565	0,0221	0,0233	6810	159

Розрахуємо зусилля необхідне для відрізання цвяха:

$$P = \pi \frac{d}{2} l \cdot 0,8 \sigma_B = \frac{0,2 \pi d^2}{\sin 20^\circ} \cdot \sigma_B = 1,8 d^2 \cdot \sigma_B = 1,8 \cdot 3,1^2 \cdot 850 = 14700 \text{ Н.} \quad (2.17)$$

За розрахункове приймаємо номінальне зусилля відрізання цвяха з паспортних даних верстата, $P = 19 \text{ кН}$.

Проміжне значення зусилля визначається за формулою:

$$P_{np} = \beta \cdot S^4, \quad (2.18)$$

де

$$\beta = \frac{P}{S^4} = \frac{19000}{2,14^4} = 906 \text{ Н/мм}^4. \quad (2.19)$$

Розрахунок проміжних значень зводимо у табл.2.5.

Таблиця 2.5 – Проміжні значення зусилля відрізання цвяху

α	0°	6°	12°	18°	24°	30°
Величини						
S, мм	2,14	2,059	1,7875	1,3555	0,766	0
S^4 , мм ⁴	20,98	17,98	10,21	3,38	0,34	0
P_{np} , Н	19000	16290	9250	3063	308	0

Крутний момент, що виникає на боковому валу від механізму відрізання визначаємо за формулою:

$$M_P = P_{np} \cdot m_{KP}, \quad (2.20)$$

де P_{np} - проміжне зусилля відрізання цвяху.

Приведене плече крутного моменту:

$$m_{KP} = R_p \left(\sin \alpha + \frac{\lambda_p}{2} \sin 2\alpha \right) + K[(1 + \lambda)r_a] + \lambda_p r_b \cdot K, \quad (2.21)$$

де $R_p = 0,015$ м, радіус кривошипа;

$\lambda_p = 0,068$ - коефіцієнт шатуна;

$K = 0,01$ - коефіцієнт тертя кочення;

$r_a = 0,035$ м, радіус кривошипної шийки;

$r_b = 0,015$ м, радіус шатунного пальця.

$$m_{KP} = 0,015 \cdot (\sin \alpha + 0,034 \sin 2\alpha) + 0,0004 \text{ м.}$$

Розрахунки крутного моменту на боковому валу від зусилля відрізання зводимо у табл.2.6.

Таблиця 2.6 – Крутний момент на боковому валу в залежності від зусилля відрізання

α	A, $\sin \alpha$	$\sin 2\alpha$	Б, $\frac{\lambda}{2} \sin 2\alpha$	В, $R(A + B)$	$m_{KP} =$ $= B + 0,0004$	P_{np}	$M_P =$ $= P_{np} \cdot m_{KP}$
0	0	0	0	0	0,0004	19000	7,6
6	0,105	0,208	0,0071	0,0017	0,0021	16290	34,2
12	0,208	0,407	0,0138	0,0034	0,0038	9250	35,2
18	0,309	0,588	0,0200	0,0050	0,0054	3063	16,5
24	0,407	0,743	0,0253	0,0065	0,0069	308	2,2
30	0,500	0,866	0,0295	0,0080	0,0084	0	0

З розрахунків видно, що крутний момент, який виникає на боковому валу

від механізму відрізання цвяху, набагато менший ніж на головному кривошипному валу від механізму висаджування цвяхів. Таким чином, для розрахунків конічних шестерень будемо враховувати найбільший крутний момент, що виникає на кривошипному валу.

2.2.3 Геометричний розрахунок зубчастих конічних

1. Розрахунок геометричних елементів зчеплення.

Міжосьовий кут передачі $\delta = 90^\circ$.

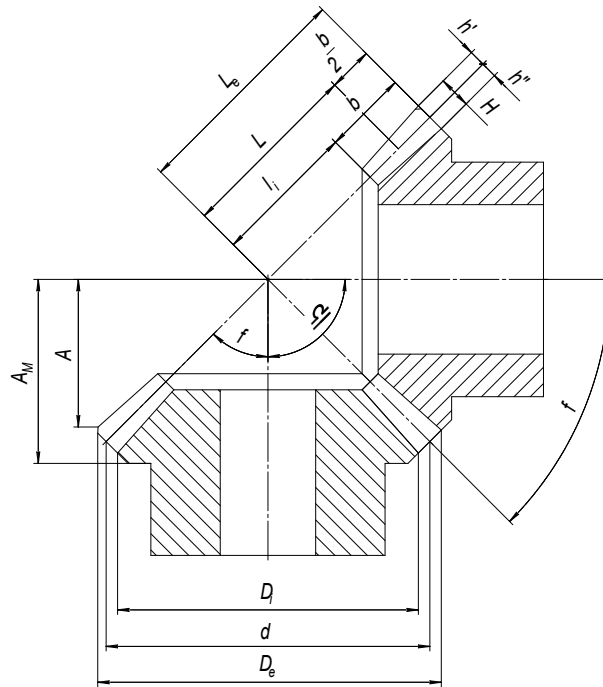


Рисунок 2.6 – Розрахункова схема конічних зубчастих коліс

Число зубців $Z_1 = Z_2 = 28$, аналогічно існуючій передачі.

Передаточне число зубчастої передачі $u = 1$.

Кут початкового конуса шестерні та колеса визначається за формулою:

$$f_1 = \arctg \frac{Z_1}{Z_2} = \arctg 1, \quad (2.22)$$

$$\operatorname{tg} f_1 = 1,$$

$$f_1 = f_2 = 45^\circ.$$

Кількість зубців еквівалентного циліндричного колеса:

$$Z_C = \sqrt{Z_1^2 + Z_2^2} = \sqrt{28^2 + 28^2} = 39,6. \quad (2.23)$$

Торцевий модуль $m_s = 5$.

Конусна відстань:

$$L_e = 0,5 \cdot m_s \cdot Z_C = 0,5 \cdot 5 \cdot 39,6 = 99 \text{ мм}. \quad (2.24)$$

Ширина зубчастого венця $b = 40$ мм.

Коефіцієнт ширини зубчастого вінця:

$$K_b = \frac{b}{L_e} = \frac{40}{99} = 0,404. \quad (2.25)$$

Середня конусна відстань:

$$L = L_e - 0,5b = 99 - 0,5 \cdot 40 = 79 \text{ мм}. \quad (2.26)$$

Мінімальна конусна відстань:

$$l_i = L_e - b = 99 - 40 = 59 \text{ мм}. \quad (2.27)$$

Діаметр різцевої головки, що використовується для нарізання коліс з коловими зубами $d_u = 200$ мм.

Кут нахилу зубців:

а) в середині ширини зубчастого вінця

$$\beta = 35^\circ.$$

б) у зовнішнього додаткового конуса

$$\begin{aligned} \sin \beta_e &= \frac{1}{d_u} \left[L_e + \frac{L(d_u \sin \beta - L)}{L_e} \right] = \\ &= \frac{1}{200} \cdot \left[99 + \frac{79 \cdot (200 \cdot \sin 35^\circ - 79)}{99} \right] = 0,005 \cdot \left[99 + \frac{79 \cdot (114,72 - 79)}{99} \right] = \\ &= 0,005 \cdot [99 + 28,5] = 0,6375. \end{aligned} \quad (2.28)$$

Таким чином

$$\beta_e = 39,61^\circ.$$

в) біля внутрішнього додаткового конуса

$$\sin \beta_i = \frac{1}{d_u} \left[L_i + \frac{L(d_u \sin \beta - L)}{L_i} \right] = \quad (2.29)$$

$$= \frac{1}{200} \cdot \left[59 + \frac{79 \cdot (200 \cdot \sin 35^\circ - 79)}{59} \right] = 0,005 \cdot \left[59 + \frac{79 \cdot (114,72 - 79)}{59} \right] =$$

$$= 0,005 \cdot [59 + 47,83] = 0,5342.$$

Таким чином

$$\beta_i = 32,29^\circ.$$

Модуль торцевий по середині ширини венця

$$m_{CP} = m_S \frac{1}{1 + 0,5 \frac{b}{L}} = 5 \cdot \frac{1}{1 + 0,5 \frac{40}{79}} = 3,99. \quad (2.30)$$

Модуль в нормальному перетині по середині ширини венця

$$m_{N,CP} = m_{CP} \cdot \cos \beta = 3,99 \cdot \cos 20^\circ = 3,75. \quad (2.31)$$

Кут зчеплення в нормальному перетині:

$$\alpha_N = 20^\circ \text{ (по ГОСТ 3058-54).}$$

Коефіцієнт висоти зуба плоского зуба по відношенню до модуля:

$$f_{OS} = 0,85.$$

Коефіцієнт радіального зазору:

$$C_{OS} = 0,2.$$

Глибина заходження зубів:

$$h_3 = 1,7m_S = 1,7 \cdot 5 = 8,5 \text{ мм.} \quad (2.32)$$

Повна висота зубців:

$$H = 1,9m_S = 1,9 \cdot 5 = 9,5 \text{ мм.} \quad (2.33)$$

Коефіцієнт тангенційної корекції по відношенню до m_S :

$$\tau = \pm 0,06.$$

Висота головки зуба:

$$h'_{1,2} = m_S \cdot f_{OS} = 5 \cdot 0,85 = 4,25 \text{ мм.} \quad (2.34)$$

Висота ніжки зуба:

$$h'' = H - h' = 9,5 - 4,25 = 5,25 \text{ мм.} \quad (2.35)$$

Діаметр ділильного кола:

$$d_{1,2} = m_s \cdot Z = 5 \cdot 28 = 140 \text{ мм.} \quad (2.36)$$

Діаметр кола виступів:

$$D_e = d_1 + 2h' \cos f = 140 + 2 \cdot 4,25 \cdot \cos 45^\circ = 146,01 \text{ мм.} \quad (2.37)$$

Діаметр кола впадин:

$$D_i = d_{1,2} - 2h'' \cos f = 140 - 2 \cdot 5,25 \cdot \cos 45^\circ = 132,6 \text{ мм.} \quad (2.38)$$

Кут ніжки зуба:

$$\gamma'' = \operatorname{arctg} \frac{h''}{L_e} = \operatorname{arctg} \frac{5,25}{99} = 0,053. \quad (2.39)$$

$$\gamma'' = 3,04^\circ.$$

Кут зовнішнього конуса:

$$f_e = f + \gamma'' = 45^\circ + 3,04^\circ = 48,04^\circ. \quad (2.40)$$

Кут внутрішнього конуса:

$$f_i = f - \gamma'' = 45^\circ - 3,04^\circ = 41,96^\circ. \quad (2.41)$$

Відстань по осі від вершини ділильного конуса до зовнішньої кромки венця:

$$A = L_e \cos f - h' \sin f, \quad (2.42)$$

$$A = 99 \cdot \cos 45^\circ - 4,25 \cdot \sin 45^\circ = 70 - 3 = 67 \text{ мм.}$$

Відстань по осі від вершини ділильного конуса до опорного торця:

$$A_M = A + K = 80 \text{ мм.} \quad (2.43)$$

де K - конструктивний розмір, вибирається у відповідності до креслення.

Коефіцієнт зміщення торця:

$$\varepsilon_L = \frac{L_e}{\pi \cdot m_s} \left(K_L \cdot \operatorname{tg} \beta - \frac{K_L^3}{3} \cdot \operatorname{tg}^3 \beta \right), \quad (2.44)$$

де

$$K_L = K_b \frac{1 - 0,5K_b}{1 - K_b} = 0,404 \cdot \frac{1 - 0,5 \cdot 0,404}{1 - 0,404} = 0,541. \quad (2.45)$$

$$\varepsilon_L = \frac{99}{3,14 \cdot 5} \left(0,541 \cdot \operatorname{tg} 35^\circ - \frac{0,541^3}{3} \cdot \operatorname{tg}^3 35^\circ \right) = 6,306(0,379 - 0,018) = 2,28.$$

Коефіцієнт профільного перекриття:

$$\varepsilon_s = 1,25.$$

Сумарний коефіцієнт перекриття:

$$\varepsilon = \sqrt{\varepsilon_L^2 + \varepsilon_S^2} = \sqrt{2,28^2 + 1,25^2} = 2,6. \quad (2.46)$$

Товщина зуба по дузі ділильного кола:

$$S_{as} = m_s \left(\frac{\pi}{2} + \tau \right) = 5 \left(\frac{3,14}{2} + 0,06 \right) = 8,15 \text{ мм}. \quad (2.47)$$

Товщина зуба по хорді ділильного кола:

$$S_{xn} = S_{as} G \left(1 - \frac{\Delta^2}{6} \right) \cos \beta_e, \quad (2.48)$$

де

$$G = 1 - \frac{S_{as}}{4L_e} \cdot \sin 2\beta_e = 1 - \frac{8,15}{4 \cdot 99} \cdot \sin 2 \cdot 39,61^\circ = 0,98, \quad (2.49)$$

$$\Delta = \frac{S_{as} \cdot \cos f}{m_s \cdot Z} = \frac{8,15 \cdot \cos 45^\circ}{5 \cdot 28} = 0,041. \quad (2.50)$$

$$S_{xn} = 8,15 \cdot 0,98 \left(1 - \frac{0,041^2}{6} \right) \cdot \cos 39,61^\circ = 6,15 \text{ мм}.$$

Висота до хорди ділильного кола:

$$h_x = G \left(h' + \frac{S_{as}^2 \cos f}{4d} \cos^4 \beta_e \right), \quad (2.51)$$

$$\begin{aligned} h_x &= 0,98 \cdot \left(4,25 + \frac{8,15^2 \cdot \cos 45^\circ}{4 \cdot 140} \cdot \cos^4 39,61 \right) = \\ &= 0,98 \cdot (4,25 + 0,03) = 4,195 \text{ мм}. \end{aligned}$$

2.2.4 Перевірочні розрахунки зубчастих коліс

Маючі геометричні параметри зубчастих коліс, які ми пропонуємо встановити на модернізований автомат, та максимальний крутний момент, що

виникає на колінчастому валу, проведемо перевірочні розрахунки на міцність спроектованих зубчастих коліс.

Вихідні дані:

1) Матеріал зубчастих коліс – Сталь 40Х;

2) Термічна обробка зубців шестерні – поверхневе закалювання, $HRC = 47...53$.

Спочатку визначаємо сили, що діють в зчепленні.

Колова сила на середньому діаметрі колеса визначається за формулою:

$$P = \frac{2M}{d(1 - 0,5K_b)} = \frac{2 \cdot 877}{0,14 \cdot (1 - 0,5 \cdot 0,404)} = 7850 \text{ Н.} \quad (2.52)$$

де $M = 0,5M_{KP,max}$, виходячи в умови врівноваження сил і моментів. Оскільки в нас на валу встановлено дві шестерні, які сприймають крутний момент.

Осьове зусилля:

$$P_a = P \left(\operatorname{tg} \alpha \cdot \frac{\sin f}{\cos \beta} + \operatorname{tg} \beta \cdot \cos f \right) = 7850 \cdot \left(\operatorname{tg} 20^\circ \cdot \frac{\sin 45^\circ}{\cos 35^\circ} + \operatorname{tg} 35^\circ \cos 45^\circ \right) = 6350 \text{ Н.} \quad (2.53)$$

Радіальне зусилля:

$$P_r = P_a = 6350 \text{ Н.} \quad (2.54)$$

Попередньо визначаємо допустимі напруження, що можуть виникнути у зубчастих колесах.

Допустимі контактні напруження для розрахунку на втому при тривалій роботі визначаються за формулою [17, 18]:

$$[\sigma_H] = (\sigma_{H \lim b} / S_H) Z_R K_{HL}, \quad (2.55)$$

де $\sigma_{H \lim b}$ - межа контактної витривалості активних поверхонь зубців, що відповідають базі випробувань змінними навантаженнями, МПа;

S_H - коефіцієнт безпеки;

K_{HL} - коефіцієнт довговічності;

Z_R - коефіцієнт, що враховує шорсткість спряжених поверхонь.

Величину $\sigma_{H \lim b}$ визначають за формулою:

$$\sigma_{H \lim b} = 17HRC + 200, \quad (2.56)$$

за умови, що зубчасте колесо виготовлено з вуглецевої або легованої сталі, та має поверхневу твердість $HRC = 40...50$ після поверхневого закалювання [17, 18].

Для нашого випадку:

$$\sigma_{H \lim b} = 17 \left(\frac{47 + 53}{2} \right) + 200 = 1050 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт безпеки $S_H = 1,2$, при поверхневому закалюванні [21, с.99].

Коефіцієнт довговічності $K_{HL} = 1$, для довго працюючих передач.

Значення коефіцієнта $Z_R = 0,95$, при $R_a = 2,5...1,25$ згідно ГОСТ 21354-81.

Таким чином

$$[\sigma_H] = (1050 / 1,2) \cdot 0,95 \cdot 1 = 831 \text{ МПа.}$$

Перевірочний розрахунок виконуємо за наступним рівнянням:

$$\sigma_H = Z_H Z_M Z_\varepsilon \sqrt{\frac{P}{d_1 \cdot b} \cdot \frac{u+1}{u} K_{H\beta} K_{H\nu} K_{H\alpha}} \leq [\sigma_H], \quad (2.57)$$

де $Z_H \approx 1,76 \cdot \cos \beta = 1,76 \cdot \cos 35^\circ = 1,44$ - коефіцієнт, що враховує форму спряження поверхонь зубів;

$Z_M = 275 \text{ МПа}^{1/2}$ - стала величина [21, с.120];

$Z_\varepsilon = \sqrt{1 / K_\varepsilon \varepsilon_S} = \sqrt{1 / 0,9 \cdot 1,25} = 0,942$ - коефіцієнт, що враховує сумарну довжину контактних ліній в залежності від профільного коефіцієнта перекриття $\varepsilon_S = 1,25$;

$K_{H\beta} = 1,12$ [21, с.106, табл.4.9];

$K_{H\nu} = 1,1$ [21, с.107, табл.4.10];

$K_{H\alpha} = 1,05$ [21, с.120, табл.4.16].

Підставляючи значення у формулу (2.57) отримуємо:

$$\sigma_H = 1,44 \cdot 275 \cdot 0,942 \cdot \sqrt{\frac{7850}{140 \cdot 40} \cdot \frac{1+1}{1} \cdot 1,12 \cdot 1,1 \cdot 1,05} = 710 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_H = 710 \text{ МПа} < [\sigma_H] = 831 \text{ МПа.}$$

Умова втомної міцності по контактним напруженням виконується.

Проведемо також розрахунок зубців шестерні на втомне руйнування при згинанні. Для цього визначаємо допустимі напруження на згинання:

$$[\sigma_F] = (\sigma_{F \lim b} / S_F) Y_R K_{FL} K_{FC}, \quad (2.58)$$

де $\sigma_{F\limb}$ - межа витривалості зубців при згині, що відповідає базі досліджень при нульовому циклі зміни напружень, МПа;

S_F - коефіцієнт безпеки;

Y_R - коефіцієнт, що враховує шорсткість перехідної поверхні зуба;

K_{FL} - коефіцієнт довговічності;

K_{FC} - коефіцієнт, що враховує вплив двостороннього прикладання навантаження.

$\sigma_{F\limb} = 750$ МПа [21, с.102, табл.4.7], для шестерні зі сталі 40Х з твердістю $HRC = 47...53$.

Коефіцієнт безпеки приймаємо рівним: $S_F = 2$.

Коефіцієнт шорсткості, в нашому випадку складає: $Y_R = 1,1$; при поверхневому закалюванні.

Коефіцієнт довговічності приймаємо рівним $K_{FL} = 1$ [21, с.101].

$K_{FC} = 0,8$, якщо прикладене навантаження діє з двох сторін.

$$[\sigma_F] = (750/2) \cdot 1,1 \cdot 1 \cdot 0,8 = 330 \text{ МПа.}$$

Перевірочний розрахунок виконує за рівнянням:

$$\sigma_F = Y_F Y_\varepsilon Y_\beta \frac{P}{b \cdot m_s} K_{F\beta} K_{Fv} K_{F\alpha} \leq [\sigma_F], \quad (2.59)$$

де $Y_F = 3,7$ - коефіцієнт форми зуба [21, с.114, табл.4.14], вибирається по еквівалентній кількості зубців $Z_C = 39,6$;

$Y_\varepsilon = 1/K_\varepsilon \varepsilon_S$ - коефіцієнт, що враховує перекриття зубців, $Y_\varepsilon = 1/0,9 \cdot 1,25 = 0,889$;

$Y_\beta = 1 - \frac{\beta}{140} = 0,75$ - коефіцієнт, що враховує кут нахилу зубців;

$K_{F\beta} = 1,3$ [21, с.106, табл.4.8];

$K_{Fv} = 1,13$ [21, с.107, табл.4.11];

$K_{F\alpha} = 0,91$ [21, с.120, табл.4.16].

Підставляємо значення коефіцієнтів та параметрів колеса у формулу (2.59), і отримуємо:

$$\sigma_F = 3,7 \cdot 0,889 \cdot 0,75 \cdot \frac{7850}{40 \cdot 5} \cdot 1,3 \cdot 1,13 \cdot 0,91 = 130 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_F = 130 \text{ МПа} < [\sigma_F] = 330 \text{ МПа.}$$

Умова втомного руйнування зубів від згину виконується.

З розрахунків можна зробити висновок, що колеса підібрані правильно, всі умови міцності витримуються, а коефіцієнт запасу міцності дозволить таким колесам працювати тривалий термін.

Беручи до уваги, що на підприємство дуже часто виставлялись скарги, щодо швидкого руйнування конічних зубчастих коліс з прямим зубом, встановлених на колінчастому валу, заміна їх на більш надійні з коловим зубом є доцільною та необхідною.

2.3 Модернізація механізму подачі

Подача дроту механізмом подачі виконується за допомогою коваделка 1 та підпружиненого зубильця 2, які встановлені на каретці 3, яка рухається по напрямним колонкам 4. Каретка отримує рух від важеля 5, що качається на вісі в горизонтальній площині з'єднаного з планшайбою 6 за допомогою пальця 7 та тяги 8. Для настроювання автомата на необхідну довжину цвяха використовується гвинт 9. При настроюванні необхідно ослабити гайку 10.

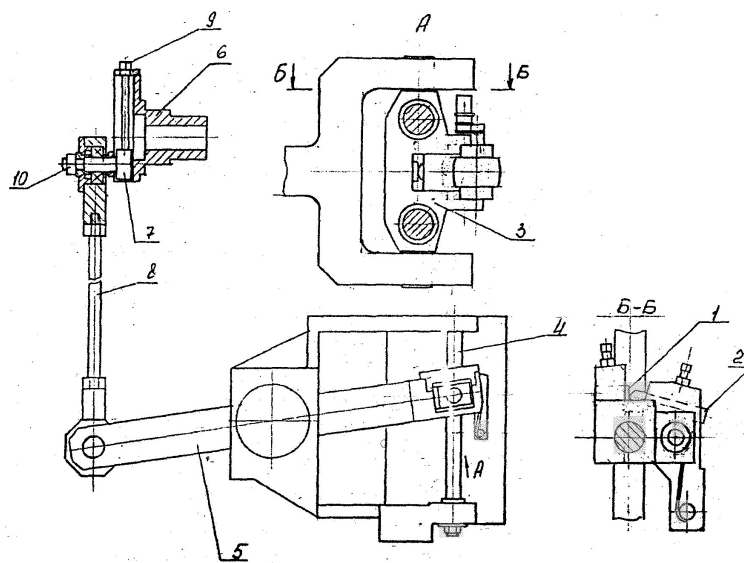


Рисунок 2.7 – Механізм подачі

Аналізуючи конструкцію механізму подачі, та принцип її роботи, було виявлено ряд суттєвих недоліків, які негативно впливають на точність та надійність роботи механізму в цілому.

Одним із суттєвих недоліків, виявлених під час аналізу, та при більш детальному вивченні кінематичної схеми, виявився підшипниковий вузол через який тяга 8 діє на важіль 5 під час подачі дроту.

В даному вузлі механізму на кінематичній схемі зображено кульковий шарнір, який як найкраще підходить для умов роботи механізму, оскільки важіль 5 здійснює коливальний рух у горизонтальній площині, а тяга 8 зворотно-поступальний, до того ж із змінним кутом, у вертикальній площині.

Таким чином, в точці з'єднання цих двох ланок механізму виникає складний процес зміщення ланок одна відносно одної.

В базовому верстаті, в місці спряження цих ланок, встановлено підшипниковий вузол з підшипником 42306 ГОСТ 8328-75. Даний підшипник по конструкції - підшипником з короткими циліндричними роликками, який допускає неспіввісність зовнішнього і внутрішнього кілець під кутом $0,5^\circ$. Але реально з конструкції і умов роботи видно, що це значення значно більше.

Максимальна довжина цвяха, що висаджується на автоматі – 80 мм (+5 мм для утворення головки цвяха), таким чином ексцентриситет на планшайбі 6 становить – $85/2 = 42,5$ мм. Довжина тяги – 979 мм. Звідси отримуємо, що зміна кута при роботі даного підшипника становить $\alpha = \arcsin 42,5/979 = \pm 2,5^\circ$. Таким чином, зрозуміло, що підшипник працює в складних умовах до яких він не придатний, а відповідно відбувається його прискорене зношування.

Ще одним недоліком є дуже велика складність цього вузла, оскільки підшипник потребує корпусу для закріплення та передачі зусилля на нього, а також встановлення вісі у вертикальній площині для його закріплення на важелі. Все це, значно підвищує вартість верстата загалом через велику матеріалоемність та складність деталей, що входять до складу вузла.

Для підвищення надійності автомата, та усунення цих недоліків, було проведено аналіз подібних механізмів з використанням літератури [21].

Нами було встановлено, що дійсно, для даних умов роботи найкраще всього підходить кульковий шарнір. Оскільки на даний час в нашій державі відсутній стандарт на виготовлення подібних вузлів, було проведено пошук іноземних промислових зразків, з метою стандартизації та уніфікації цього вузла автомату.

Одним з можливих варіантів заміни існуючого вузла є наконечники зі сферичними підшипниками виробництва німецького виробника «FLURO-Gelenklager GmbH». Каталог продукції та вимоги, що до застосування цих наконечників представлений у додатку Б.

Для розрахунку сферичного підшипника нам необхідно знати значення зусиль, що виникають в місці спряження тяги 8 та важеля 5. Основним зусиллям, яке буде виникати в цьому вузлі – це сила, яка необхідна для подачі дроту. А оскільки, дріт проходить через роликовий випрямляч, нам необхідно розрахувати силу для його протягування.

2.3.1 Визначення зусилля протягування дроту через роликовий випрямляючий пристрій

Зусилля необхідне для протягування дроту через два правильні пристрої встановлені на автоматі у взаємно перпендикулярних площинах визначається за формулою [2, с.143]:

$$F_{np} = 2(F_{\phi} + F_1 + F_2), \quad (2.60)$$

де F_{ϕ} - зусилля, що витрачається на пластичну деформацію дроту при виправленні, Н;

F_1 - зусилля, що витрачається на подолання тертя роликів о поверхню дроту, Н;

F_2 - зусилля, що витрачається на подолання тертя кочення в опорах правильних роликів, Н.

Зусилля, що витрачається на пластичну деформацію при виправленні, дорівнює:

$$F_{\phi} = \frac{M_T}{4D_p} = \frac{\sigma_T W_X}{4D_p} = \frac{0,6\sigma_B W_X}{4D_p}, \quad (2.61)$$

де $W_x = \frac{d^3}{6}$ - пластичний момент опору згину, $W_x \approx 1,7W$;

$\sigma_B = 850$ МПа – межа міцності дроту, що протягується (з паспортних даних верстата);

$d = 3,1$ - діаметр дроту, мм;

$D_p = 55$ - діаметр правильних роликів, мм.

$$W_x = \frac{3,1^3}{6} = 4,97.$$

$$F_\phi = \frac{0,6 \cdot 850 \cdot 4,97}{4 \cdot 55} = 11,52 \text{ Н.}$$

Зусилля, що витрачається на подолання тертя роликів о поверхню дроту:

$$F_1 = 2K \cdot \sum_{i=1}^5 P_i, \quad (2.62)$$

де $K = 0,01$ - коефіцієнт тертя кочення правильного ролика по дроту.

P_i - зусилля, що діє на i -й ролик при правці, Н:

$$\sum_{i=1}^5 P_i = \frac{8\sigma_T}{t} (2W_x + W), \quad (2.63)$$

де $t = 120$ мм – крок правильних роликів.

$$\sum_{i=1}^5 P_i = \frac{4,8 \cdot 850}{120} \left(2 \cdot 4,97 + \frac{4,97}{1,7} \right) = 438 \text{ Н.}$$

$$F_1 = 2 \cdot 0,01 \cdot 438 = 8,76 \text{ Н.}$$

Зусилля, що витрачається на подолання тертя кочення в опорах правильних роликів:

$$F_2 = f \frac{d_0}{D_p} \sum_{i=1}^5 P_i, \quad (2.64)$$

де $f = 0,02$ - коефіцієнт тертя, приведений для підшипників кочення;

$d_0 = 15$ - діаметр вісі роликів.

$$F_2 = 0,02 \cdot \frac{15}{55} \cdot 438 = 2,4 \text{ Н.}$$

$$F_{np} = 2(11,52 + 8,76 + 2,4) = 45,4 \text{ Н.}$$

Але нам також, необхідно визначити зусилля необхідне для розмотування дроту із бунта. Зусилля, необхідне для подолання інерції бунта дроту, визначається за формулою:

$$F_{I.Б.} = K_H \frac{D_3^2 + D_{BH}^2}{2D_3^2} M_B a_{\max}, \quad (2.65)$$

де $K_H = 1,05$ - коефіцієнт, що враховує ексцентричність намотування бунта;

$M_B = 1000$ кг – маса бунта (відповідно до паспортних даних автомата);

$D_3 \approx D_{BH} = 1$ м – діаметр бунта;

$a_{\max} = 8,5$ м/с² – максимальне прискорення подачі дроту (відповідно до паспортних даних автомата);

$$F_{I.Б.} = 1,05 \cdot \frac{1^2 + 1^2}{2 \cdot 1^2} 1000 \cdot 8,5 = 8930 \text{ Н.}$$

Таким чином, сумарне зусилля протягування дроту через правильний пристрій та зусилля розмотування бунта, становить:

$$F_{\Sigma} = F_{np} + F_{I.Б.} = 45,4 + 8930 = 8975 \text{ Н} \approx 9 \text{ кН.}$$

Враховуючи коефіцієнт безпеки, рівність довжини ланок важеля відносно осі коливання, та зусилля необхідні для подолання сил тертя в механізмі подачі, приймаємо зусилля, що виникають в сферичному підшипнику рівними $F_r = 11$ кН.

2.3.2 Рекомендації по застосуванню сферичного підшипника

Проводячи аналіз конструкції вузла передачі зусилля від тяги до важеля, ми прийшли до висновку про необхідність застосування наконечника зі сферичним підшипником. Найкращим замінником, з конструктивної точки зору, будуть наконечники серій К з в внутрішньою різьбою для кріплення тяги (див. додаток Б, стр.4).

Різьба в наконечнику виготовлена відповідно до стандарту ISO DIN і має 13 витків. Для збільшення міцності всіх стандартних наконечників із зовнішньою різьбою, різьба виконується методом накатування.

Дозволений максимальний кут обертання сферичних підшипників знаходиться в

межах 6° та 35° в залежності від серії та конструкції відповідно.

Таблиця 2.7 - Наконечники та сферичні підшипники ковзання серії К

Розмір	Кут обертання	Розмір	Кут обертання
2	16°	18	15°
3-4	14°	20	14°
5-6	13°	22-25	15°
8	14°	30	17°
10-12	13°	35	19°
14	16°	40	16°
16	15°	50	14°

На рис.2.8 показана стандартна ситуації для розрахунку.

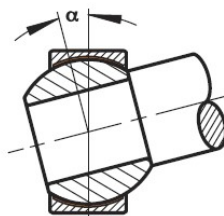


Рисунок 2.8 – Допустимий кут повороту сферичного підшипника

$$\alpha = \arcsin \frac{B}{dK} \cdot \arcsin \frac{M}{dK}, \quad (2.66)$$

де B - ширина кульки;

dK - діаметр кульки;

M - ширина наконечника (сферичного підшипника ковзання).

При встановленні сферичних підшипників ковзання існують певні обмеження: не допускається, ні вільний хід стержня всередині кулі, ні зовнішнього кільця приєднаного до корпуса. За таких умов гарантовано, що ковзання виникає на вузловій ковзаючій поверхні.

Для осьової фіксації сферичних підшипників ковзання можливо застосовувати наступні методи:

- блокування через кілька точок контріння;

- ущільнення з'єднання підшипника на поверхні через кромкову канавку;
- за допомогою пружинного стопорного кільця;
- запресуванням вкладишів на зовнішній поверхні втулки.

Для того, щоб зберегти сферичні підшипники ковзання використовують змазку. Наконечник зі сталлю, що обертається в спеціальній міді, чи сталлю в бронзі, чи сталлю в сталі потребує постійної змазки. Перший раз змазка повинна наноситись, коли встановлюється деталь. Інтервал між повторною змазкою залежить від впливу зовнішніх умов (температури, туману і т.д) і від механічного впливу (поверхні тиску, кількості періодичних навантажень, кола обертання, швидкості ковзання і т.д)

Підшипник серії К, який підлягає повторній змазці, змазують за допомогою прес-маслянки.

Визначення навантаження на підшипник визначається виходячи із специфічних даних, які залежать від характеристики використаного матеріалу. Їх використовують коли вибирають сферичні підшипники ковзання для певного навантаження, але вони повинні спрощуватись в залежності від несприятливих умов експлуатації.

Статичне навантаження C_0 визначає максимально допустиме статичне навантаження, яке наконечник і його найслабша точка поперечного перетину можуть витримувати без виявлення постійного викривлення.

Значення C_0 обчислюється з урахуванням відповідних специфікацій матеріалу і після перевірки ряду наконечників протягом дослідів на розрив, що проводяться за умов впливу оточуючої температури. 80% результатів межі текучості, отримані під час проведення тестів, показали необхідність застосування коефіцієнта безпеки - 1,25.

Статичне навантаження C_0 , також використовується для визначення максимального осьового навантаження, яке обмежується додатковим напруженням при вигині переважно в наслідок методу кріплення втулки.

Нижче зображено максимальне осьове навантаження, яке визначили

випробуванням під тиском.

$$F_a = F_{a,\max} = a \cdot C_0, \quad (2.67)$$

де $a \leq 0,4$ - для підшипників серії К, з внутрішньою різьбою.

Для сферичного підшипника ковзання C_0 визначає радіальне навантаження, яке діє не деформуючи спряжену поверхню.

Визначення динамічного навантаження C . Розрахунок використовують для визначення експлуатаційного строку сферичного підшипника ковзання за умов динамічного навантаження. Про це можна говорити коли вони коливаються, обертаються чи розкручуються під навантаженням. Визначене стандартне значення для максимального навантаження на поверхні для різноманітних комбінацій антифрикційних матеріалів зображено у таблиці 2.8, дозволені для коливального руху.

Таблиця 2.8 – Максимально допустиме навантаження на поверхню, кН

Р, Н/мм ²	Сталь/ мідь	Сталь/ бронза	Сталь/ м'яка сталь	Сталь/ тверда сталь	Сталь/плетен е бронзове полотно	Сталь/ плетений нейлон
	50	50	50	100	150	150

Сили під впливом динамічного навантаження. Виникають радіальні F_r чи радіальні і осьові сили F_a , коли куля обертається під кутом α , коливається під кутом β чи обертається відносно втулки.

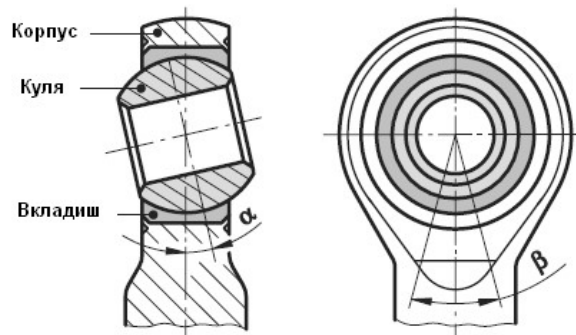


Рисунок 2.9 – Кут обертання та кут коливання

За умов постійного навантаження F_r , F_a динамічний еквівалент навантаження на підшипник складає:

$$F_\alpha = F_r + Y \cdot F_a \text{ кН}, \quad (2.68)$$

Таким чином: $F_\alpha \leq F_{r,\max}$, $F_a \leq F_{a,\max}$

Осьовий фактор Y залежить від коефіцієнта навантаження. Ця залежність представлена у табл.2.9.

Таблиця 2.9 – Осьовий фактор

Коефіцієнт навантаження F_a/F_r	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
Осьовий фактор Y	0,8	1	1,5	2,5	3

Вибір розміру підшипника.

Вибір, як правило роблять крок за кроком, повторюючи, якщо необхідно порівняння:

- 1) коефіцієнта навантаження залежного від нормальних мінімальних значень для коефіцієнта;
- 2) сили, що впливають на підшипник і запропонованого максимально дозволеного навантаження підшипника;
- 3) максимально дозволеного тиску на поверхню і тиску на поверхню на запропонованому підшипнику;
- 4) максимально дозволеної швидкості ковзання і швидкості ковзання запропонованого підшипника;
- 5) питомої характеристики підшипника з надрукованими у каталозі обмеженнями.

Коефіцієнт навантаження (C/F) – значення для певного використання підшипника, відповідно до формули:

$$(C/F)_{\text{існуюч}} \geq (C/F)_{\text{мін}} \quad (2.69)$$

Загальні мінімальні значення для (C/F) для різноманітних антифрикційних поверхонь, зазначених у табл.2.10, можуть використовуватись для визначення

необхідного коефіцієнта навантаження C , відповідно до формули:

$$C_{reg} \geq (C/F)_{\min} \cdot F_{існуюч}, \text{ кН} \quad (2.70)$$

За допомогою цього методу потрібний розмір підшипника можна вибрати з таблиці каталогу.

Таблиця 2.10 - Типові коефіцієнти навантаження

$(C/F)_{\min}$	Сталь/ мідь	Сталь/ бронза	Сталь/ сталь	Сталь/плетене бронзове полотно	Сталь/ плетений нейлон
	2	2	2	1,75	1,5

Коли існуюча сила, що впливає на підшипник є статичною, її можна використовувати для порівняння. Коли вона має динамічний характер, її можна обчислювати за допомогою формул

Але статичне чи динамічне навантаження завжди повинно бути менше ніж максимально дозволене навантаження, яке обчислюється з коефіцієнта статичного навантаження, відповідно до формули:

$$F_{r,\max} = C_0 f_B f_T, \text{ кН} \quad (2.71)$$

де $f_B = 0,5$ - коефіцієнт, що враховує динамічні навантаження;

$f_T = 1$ - температурний коефіцієнт (для більшості випадків).

Навантаження на спряженій поверхні може виражатись за допомогою формули:

$$p_{існуюч} = p_{\max} / (C/F)_{існуюч} \quad (2.72)$$

Воно повинно мати менше ніж середнє значення навантаження на поверхні, відповідно до антифрикційної комбінації матеріалів, зазначених у табл.2.8.

Існуюча середня швидкість ковзання v_m розраховується по формулі:

$$v_{m,існуюч} = 2 \cdot b \cdot f = \frac{d_k \cdot \beta \cdot f}{1000 \cdot 57,3 \cdot 60}, \quad (2.73)$$

використовуючи частоту обертання кривошипу K і відстані ковзання сферичного

підшипника ковзання G . (При одному оберті K вона відповідає подвійній дузі b між центром 1 і центром 2 рис.2.10, і таким чином подвійному максимально вібруючому куту β).

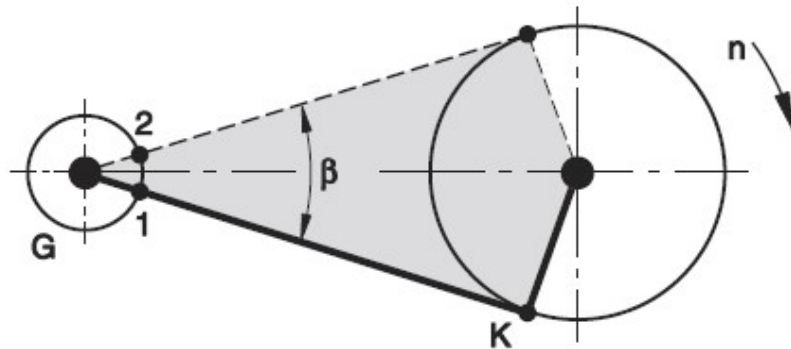


Рисунок 2.10 – Кут коливання в залежності від обертання кривошипа

У випадку де підшипник обертається повністю кут β повинен замінятись кутом 180° .

Розрахунок $p \cdot v$ може визначатись як специфічна властивість підшипника (P_L). Таким чином, використовують визначене значення теплопровідності сферичного підшипника ковзання на мм^2 , що переважно залежать від комбінацій антифрикційних матеріалів, змазки/використаного охолодження, тиску на поверхні та швидкості ковзання. Із збільшенням температури дозволений тиск на поверхні підшипника без обслуговування зменшується.

$$P_{L,\text{існуюч}} = p_{\text{існуюч}} \cdot v_{\text{існуюч}}, \text{ Вт/мм}^2 \quad (2.74)$$

Після вибору підшипника отримуємо наступне:

$$P_{L,\text{існуюч}} \leq P_{L,\text{max}}$$

Таблиця 2.11 – Максимальне значення специфічних властивостей

$P_{L,\text{max}}$, Вт/мм ²	Сталь/бронза, (мідь), (сталь)	Без обслуговування
	0,5	1,3

Розрахунок життєвого циклу підшипника.

У випадку статичного навантаження немає необхідності розраховувати період експлуатації. Допустимий ліміт 80% межі міцності дозволяє працювати підшипнику нескінченно.

У випадку динамічного навантаження розрахунок зносу підшипника ускладнений. Існує безліч факторів, інколи непередбачених, що не беруться до уваги. Таким чином, розрахунок зносу підшипника є наближеним. Наближене значення зносу підшипника збільшується пропорційно номінальному навантаженню. Додатковий вплив розраховується за допомогою введення коефіцієнтів.

Життєвий цикл роботи сферичного підшипника, наближено:

$$G_h \approx 3 \cdot f_L \cdot f_T \cdot f_G \cdot f_N \left(\frac{C/F}{v_m} \right)_{існуюч.}, \text{ год} \quad (2.75)$$

де f_L - напрямлення навантаження;

f_T - температурний фактор;

f_G - фактор ковзання;

f_N - фактор заміни змазки;

C/F - коефіцієнт навантаження;

v_m - середня швидкість ковзання.

Фактор напрямлення навантаження вказує напрямок навантаження однонаправлений, сталий, змінний чи коливальний.

Фактор ковзання враховує матеріал спряжених поверхонь.

Фактор заміни змазки враховує продовження терміну експлуатації, якщо змазування постійне. Чим більше поверхня тиску, тим частіше необхідно змащувати підшипник. Періодичність змащування залежить від умов навантаження, а тому може бути встановлена оператором.

2.3.3 Розрахунок і підбір сферичного підшипника

Вихідні дані для розрахунку:

- 1) Радіальне навантаження $F_r = 11$ кН.

- 2) Осьове навантаження $F_a = F_r \cdot \sin \alpha = 11 \cdot \sin 8^\circ = 1,53$ кН. ($\alpha = 8^\circ$ - відповідно до конструкції верстата, виходячи з найбільшої довжини висаджувального цвяха).
- 3) Динамічний еквівалент, що діє на підшипник:

$$F_\alpha = F_r + Y \cdot F_a = 11 + 0,9 \cdot 1,53 = 12,4$$
 кН.
- 4) Максимальний кут відхилення від заданого положення $\beta = 5^\circ$, при обертанні план-шайби.
- 5) Інтервал коливань $f = 615 / 2 = 308$ хв.⁻¹ (відповідно до умов роботи та паспортних даних автомата).
- 6) Температура зовнішнього середовища $T = +20^\circ$ С.
- 7) Змащування постійне.
- 8) Поверхні тертя - сталь/бронза.

1. Вибір типу наконечника.

Попередньо було вибрано наконечник серії К з внутрішньою різьбою G1 (стандартного типу).

2. Розміри.

З конструктивних міркувань, вибираємо наконечник розміром 20, оскільки його різьба має потрібні нам параметри (M20x1,5).

Розміри відповідно до каталогу:

$$dK = 34,92 \text{ мм}; C_0 = 49,5 \text{ кН}; C = 23,5 \text{ кН}.$$

1) необхідне статичне навантаження C_0 :

$$C_{0, \text{необх}} \geq \frac{F_\alpha}{f_B \cdot f_T} = \frac{12,4}{0,5 \cdot 1} = 24,8 \text{ кН}.$$

2) необхідне динамічне навантаження C :

$$C_{\text{необх}} \geq \left(\frac{C}{F} \right)_{\min} \cdot F_\alpha = 2 \cdot 12,4 = 24,8 \text{ кН}.$$

Умова (2) $C_{\text{необх}} < C$ не виконується, оскільки $24,8 > 23,5$.

Тому вибираємо наступний розмір сферичного підшипника з каталогу – 22.

$$dK = 38,1 \text{ мм}; C_0 = 57 \text{ кН}; C = 29 \text{ кН}.$$

Перевіряємо

$$C_{0, \text{прийн.}} = 57 \geq C_{0, \text{необх}} = 24,8 \text{ кН.}$$

$$C_{\text{прийн.}} = 29 \geq C_{\text{необх}} = 24,8 \text{ кН.}$$

$$F_{\alpha} = 12,4 \leq F_{\alpha, \text{max}} = C_0 \cdot f_B \cdot f_T = 57 \cdot 0,5 \cdot 1 = 28,5 \text{ кН.}$$

3. Перевірка тиску на поверхні.

$$p_{\text{існуюч}} = \frac{P_{\text{max}}}{\left(\frac{C}{F}\right)_{\text{існуюч}}} = \frac{50}{29/12,4} = 21,4 \text{ Н/мм}^2 < p_{\text{max}} = 50 \text{ Н/мм}^2.$$

4. Перевірка швидкості ковзання.

$$v_{m, \text{існуюч}} = \frac{dK \cdot \beta \cdot f}{1000 \cdot 57,3 \cdot 60} = \frac{38,1 \cdot 5 \cdot 308}{1000 \cdot 57,3 \cdot 60} = 0,017 \text{ м/с} < v_{\text{max}} = 0,25 \text{ м/с.}$$

5. Перевірка по особливих параметрах.

$$P_{L \text{існуюч}} = p_{\text{існуюч}} \cdot v_{m, \text{існуюч}} = 21,4 \cdot 0,017 = 0,364 \text{ Вт/мм}^2 < P_{L \text{max}} = 0,5 \text{ Вт/мм}^2.$$

6. Розрахунок терміну експлуатації сферичного підшипника.

$$G_h \approx 3 \cdot f_L \cdot f_T \cdot f_G \cdot f_N \cdot \left(\frac{C/F}{v_m}\right)_{\text{існуюч}} = 3 \cdot 2 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 3,25 \cdot \frac{2,34}{0,017} = 3355 \text{ год.}$$

При двозмінній роботі автомата, тривалість нормальної роботи сферичного підшипника, складатиме:

$$G = \frac{H}{G_h} = \frac{n \cdot t \cdot D}{G_h} = \frac{2 \cdot 7,2 \cdot 254}{3355} = 1,09 \text{ року.}$$

Слід зазначити, що підшипник встановлений на цвяховому автоматі, для передачі зусилля від тяги до важеля замінюють при малих ремонтах. Періодичність малих ремонтів відповідно до графіку планово-попереджувального ремонту складає 6 місяців при двозмінній роботі автомата. Таким чином, можна констатувати збільшення надійності даного вузла приблизно в 2,2 рази.

2.4 Висновки

На основі проведеного детального аналізу конструкції цвяхового автомату мод.АВ4115А запропоновано:

1) встановити на верстат механізм для відтискування зубильця. Завдяки цьому механізму поверхня дроту не буде пошкоджуватись, оскільки під час холостого ходу механізму подачі зубильце буде відводитись від поверхні дроту. Даний пристрій розроблено з врахуванням рекомендацій наведених в літературі та виходячи з загальної компоновки автомата і його окремих вузлів;

2) провести удосконалення приводних валів автомата. Для цього на правий боковий вал встановлено кулак механізму відтискання зубильця, а також замінені конічні зубчасті шестерні з прямим зубом на конічні шестерні з коловим зубом, які мають більш несучу здатність і забезпечують більш плавну і тиху роботу механізму в цілому. Проведено геометричний розрахунок шестерень, та проведені перевірочні розрахунки на міцність. Для визначення силових параметрів, під час роботи механізму, проведено кінематичний та силовий розрахунок автомата в цілому;

3) провести удосконалення механізму подачі. Для цього було замінено підшипниковий вузол, який не відповідав умовам роботи автомата на більш сучасний і надійний сферичний підшипник. Це дозволило підвищити надійність автомата в цілому, спростити його конструкцію та зменшити матеріалоємність.

3 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

3.1 Техніко-економічний аналіз вихідних даних

3.1.1 Службове призначення деталі «Фланець»

Службове призначення деталі «Фланець» - це обмеження осьового переміщення вала, встановленого на підшипниках цвяхового автомата мод. АВ4115А шляхом створення необхідного натягу або гарантованого осьового зазору між торцем фланця і торцем зовнішнього кільця підшипника (рис.1.1).

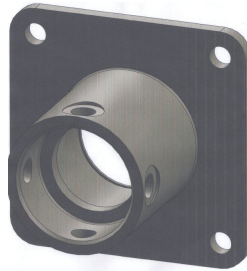


Рисунок 1.1 – 3D-модель деталі «Фланець»

Деталь «Фланець» відноситься до деталей типу тіл обертання, включає в себе зовнішні та внутрішні циліндричні поверхні, торці, фаски, пази і отвори, внутрішні канавки. Їх геометрична форма і розміри не викликають значної труднощі для обробки на металорізальних верстатах .

3.1.2 Матеріал деталі, хімічний склад і фізико-механічні властивості

Сталь 25 використовують у виробництві фланців, болтів, осей, валів, собачок, шайб, важелів, інших кріпильних і невідповідальних деталей – гвинтів, втулок тощо. Сталь популярна у виготовленні деталей із застосуванням хіміко-термічної обробки (цементация, нітроцементация, азотування), що забезпечує високу поверхневу зносостійкість і твердість, при невисокій міцності серцевини (табл.3.1).

Таблиця 3.1 - Механічні властивості сталі 25 після нормалізації

Межа плинності, Н/мм ² , не менше	Тимчасовий опір розриву, Н/мм ² , не менше	Відносне подовження, %, не менше	Відносне звуження, %, не менше
275	450	23	50

Цифра 25 розшифровується як сталь, що містить в своєму хімічному складі близько 0,25% вуглецю, а буква Л класифікує сталь як ливарну.

Гарячекатаний і кований сортовий прокат зі сталі 25 випускається відповідно до вимог стандарту ДСТУ 7809 (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Хімічний склад сталі 25 відповідно до ДСТУ 7809

С	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	S	P
вуглець	марганець	кремній	хром	нікель	мідь	сірка	фосфор
не більше							
0,22-0,30	0,50 - 0,80	0,17 - 0,37	≤ 0,25	≤0,25	≤0,30	≤0,04	≤0,035

В табл.3.3 наведені аналоги сталі 25, яка виготовляється в інших країнах.

Таблиця 3.3 - Аналоги сталі 25

США	1025, G10250, M1025
Німеччина	1.0406, 1.1158, C25, C25E, C26D, Ck25
Японія	S25C, S28C, SWRCH25K
Євросоюз	1.1158, 2C25, C25, C25E
Китай	25, 25Z, ML25

Сталь для виливків 25Л призначена для виробництва деталей загального машинобудування, а також деталі зварювально-литих конструкцій, що працюють

при температурі від - 40 до +450°C. Оброблення деталей із сталі 25 проводиться до хімічної або термічної обробки, оскільки підвищена твердість поверхневих шарів серйозно збільшує знос ріжучого інструменту.

Конструкції деталі зі сталі 25 мають достатньо високий термін експлуатації, відрізняються дешевизною матеріалу, швидко окупаються і мають низку інших експлуатаційних переваг.

3.2 Аналіз технологічності конструкції деталі «Фланець»

Деталь «Фланець» можна віднести до деталей типу втулок, оскільки вона характеризується наявністю внутрішніх і зовнішніх поверхонь обертання. Конструкція деталі досить проста. Робоче креслення деталі містить всі необхідні розрізи і перетини, показує її повну конфігурацію. На кресленні також проставлені розміри з відхиленнями, шорсткості поверхонь і технічні вимоги, що пред'являються до деталі «Фланець». У ній переважають в основному циліндричні поверхні, що дозволяє точно і стабільно вести обробку. До оброблюваних поверхонь деталі «Фланець» є вільний доступ інструментів. Деталь має хороші технологічні бази для зручної установки і кріплення на верстаті. Жорсткість деталі достатня для отримання точності 7-го квалітету. Розглядаючи конструкцію деталі «Фланець» з точки зору технологічності її виготовлення, відмічаємо наступне:

- всі поверхні деталі «Фланець» доступні і зручні при механічному обробленні;
- деталь «Фланець» жорстка. Це дозволяє застосовувати високі режими різання і великі зусилля для її закріплення;
- точність механічно оброблених поверхонь не перевищує 7 квалітет. Це дозволяє вести механічне оброблення деталі «Фланець» на верстатах нормальної точності;
- шорсткість механічно оброблених поверхонь не нижче $Ra = 1,6$ мкм, що дозволяє не проводити оздоблювальних дорогих операцій;

– виконання технічних вимог креслення деталі «Фланець» не становить труднощів при дотриманні принципу єдності і наступності баз.

З огляду на вищевикладене, можна зробити висновок, що конструкція деталі «Фланець» технологічна. Механічне оброблення деталі можливе із застосуванням універсальних верстатів або верстатів з ЧПУ, стандартного ріжучого інструменту і засобів вимірювання [23].

3.3 Визначення типу та організаційної форми виробництва

Технологічний процес виготовлення деталі «Фланець» розробляється з урахуванням типу виробництва. Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску виробів. У відповідності до стандартів однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій (K_{zo}), який визначається як відношення кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись протягом базового відрізка часу до загальної кількості робочих місць. Оскільки на даному етапі роботи ще невідомо не кількості операцій, не кількості робочих місць, то неможливо визначити коефіцієнт закріплення операцій [23, 24].

Попередньо тип виробництва на початковій стадії розробки технологічного процесу визначають залежно від річної програми ($N = 5000$ шт.), випуску і маси деталі (1,5 кг). Згідно табл.3.4 тип виробництва - серійний.

Таблиця 3.4 - Орієнтовні дані для попереднього визначення типу виробництва

Виробництво	Кількість деталей одного типорозміру, що обробляються за рік		
	Важкі (>100 кг)	середні (>10 до 100 кг)	легкі (<10 кг)
Одиничне	До 5	До 10	До 100
Дрібносерійне	5-100	10-200	100-500
Середньосерійне	100-300	200-500	500-5000
Крупносерійне	300-1000	500-5000	5000-50000
Масове	>1000	> 5000	>50000

Остаточно тип виробництва визначають за коефіцієнтом закріплення операцій на дільниці. Коефіцієнт закріплення - це відношення всіх деталей-операцій, які виконуються або повинні виконуватися на дільниці протягом місяця, до кількості робочих місць. Серійне виробництво характеризується випуском однакової продукції в невеликих масштабах - партіями. Робочі місця спеціалізуються на виконанні кількох операцій, для здійснення яких проводять переналагодження обладнання. В даному виробництві застосовуються універсальні засоби технологічного оснащення. Прийємо усереднене значення нормативного коефіцієнта завантаження обладнання 0,8

Для серійного виробництва кількість деталей в партії, яка одночасно запускається у виробництво визначається, за формулою [23]:

$$n = \frac{\alpha \times N}{F_p}$$

де α - днів - період запуску партії. Для забезпечення безперервності виробництва число днів, на яке необхідно мати запас готових деталей на складі в очікуванні збірки, називається періодичністю запуску. Рекомендується періодичність запуску: 3, 6, 12, 24 дня. Для дрібних деталей вагою до 100 кг $\alpha = 5 - 10$ днів. Норму запасу для зберігання готових деталей на складі приймаємо $\alpha = 5$ днів.

N - річна програма випуску, 5000 шт.

F_p - річний дійсний фонд часу роботи верстата, дні. $F_p = 253$ дня

$$n = \frac{\alpha \times N}{F_p} = \frac{5 \times 5000}{253} = 98,8.$$

Приймаємо $n = 100$ шт.

Форма організації робіт – предметна, обладнання може розташовуватися у послідовності виконання технологічних операцій.

3.4 Аналіз існуючого технологічного процесу

Поопераційний маршрут оброблення деталі існуючого технологічного процесу представлено в табл.3.5.

Таблиця 3.5 – Поопераційний маршрут оброблення деталі «Фланець»

№ операції	Назва та зміст операції	Назва та модель верстата
005	Заготівельна Заготовку отримують з круга $\varnothing 170$ сталі 25 ДСТУ 7809	Автомат відрізний кругло пильний мод. 8Г663-100
010	Токарна Підрізати торець, точити на $\varnothing 70$ витримуючи розмір 72, свердлити отвір $\varnothing 40$, розточити отвір $\varnothing 44$, розточити отвір $\varnothing 57$ витримуючи розмір 27, точити фаску $1 \times 45^\circ$. Перевстановити деталь і підрізати торець витримуючи розмір 79, розточити отвір витримуючи розмір 45, точити канавку $2^{+0,25}$ витримуючи розмір $42 \pm 0,1$, точити фаску $1 \times 45^\circ$.	Верстат токарно-гвинторізний мод. 1К62.
015	Фрезерна. Фрезерувати квадрат 120×120 , фрезерувати фаску $5 \times 45^\circ$.	Верстат універсально-фрезерний мод. FA-5A
020	Свердлильна. Свердлити чотири отвори $\varnothing 11$ по розмітці витримуючи розміри 13, 133, 94.	Верстат: вертикально-свердлильний мод. 2Н125
025	Свердлильна. Свердлити чотири отвори $\varnothing 12,1 \pm 0,1$ по розмітці витримуючи розміри 12.	Верстат: вертикально-свердлильний мод. 2Н125
030	Шліфувальна. Шліфувати $\varnothing 50$, шліфувати $\varnothing 57$.	Верстат універсально-шліфувальний мод. 3У133.
035	Контрольна Кінцевий контроль всіх розмірів	Стіл контролера

Технологічний процес, що розробляється, повинен бути прогресивним, забезпечувати високу продуктивність праці, необхідну якість деталі при мінімальних матеріальних і трудових витратах на його реалізацію та не надавати шкідливої дії на навколишнє середовище [23].

Ретельно проаналізувавши існуючий технологічний процес можна зробити висновок, що для умов серійного виробництва він є не раціональним і доцільно

запропонувати такі зміни:

- 1) для виконання токарної операції застосовуємо токарний верстат з ЧПК.
- 2) для свердлування отворів $\varnothing 12,1$ які виконуються по розмітці варто розробити кондуктор для свердління і застосовувати радіально-свердлильний верстат моделі 2М55, що дозволить швидше переходити від одного отвору до другого при свердлінні.

Аналіз базового заводського технологічного процесу оброблення деталі показав, що при виготовленні деталі переважають токарні операції. Застосування токарного верстату з ЧПК дозволяє забезпечити оброблення деталі з меншою собівартістю деталі, а також з більшою точністю. Додаткове оброблення точних поверхонь вимагає застосування шліфувального верстату.

3.5 Вибір заготовки та обґрунтування методу її отримання

При виборі отримання заготовки головним є забезпечення необхідної якості деталі при її мінімальній собівартості, а також необхідно прагнути до того, щоб форма і розміри заготовки наближалися до заданих в кресленні деталі.

На вибір способу отримання заготовки великий вплив роблять: конфігурація, розміри, маса, марка матеріалу, необхідна точність і якість поверхонь заготовки, тип виробництва.

Процеси виготовлення заготовок тісно зв'язані з їх наступною механічною обробкою для одержання деталей із заданими властивостями. Трудомісткість механічної обробки в основному залежить від точності виконання заготовок і від наближення їхньої конфігурації до конфігурації готових деталей. Правильний вибір заготовок є важливою задачею в боротьбі за зниження металоємності машин [30].

Вибір методу одержання заготовки в першу чергу залежить від типу виробництва, її матеріалу, конфігурації та технічних вимог.

В одиничному виробництві частіше всього вибирають заготовку – прокат різного профілю: круглий, квадратний, шестигранний та листовий, а також

приймаються прості поковки та відливки.

В серійному виробництві використовуються заготовки, які вже достатньо приближені до форми та розмірів готової деталі. Величина припусків приближена до нормативної на відміну від одиничного виробництва.

В масовому виробництві використовуються точні заготовки: штамповки калібровані, спеціальний профільний та калібрований прокат труби гарячекатані та холоднокатані, лиття відцентрове, під тиском та методом порошкової металургії.

На вибір способу одержання заготовки впливають такі фактори: марка матеріалу, його хімічно-механічні властивості, виробнича програма та тип виробництва, виробничі можливості заготовчого цеху заводу, а також конструктивна форма та розміри деталі [30].

При виборі способу одержання заготовки необхідно прагнути до того, щоб форма та розміри заготовки були максимально наближені до форми та розмірів деталі.

Оптимальний метод отримання заготовки визначається на основі всебічного аналізу усіх вищезазначених факторів та техніко-економічного розрахунку технологічної собівартості деталі.

Метод отримання заготовки, який забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі при мінімальній собівартості останньої рахується оптимальним [30].

Для визначення оптимального методу отримання заготовки виконуємо розрахунок технологічної собівартості виготовлення заготовок, вартість заготовок та економічний ефект.

Зробимо порівняльний розрахунок двох методів отримання заготовки.

Порівняємо два методи отримання заготовки: перший метод - виготовлення заготовки з прокату гарячекатаного звичайної точності; другий метод лиття в піщано- глиняну форму.

Витрати на заготовку з прокату визначаються за формулою

$$M = QS - (Q - q) \frac{S_{eid}}{1000}$$

де Q - маса заготовки $Q = 11,5$ кг;

S - базова вартість 1 кг матеріалу, $S = 16.98$ грн,

q - маса готової деталі, $q = 1,55$ кг.;

$S_{відх}$ - вартість 1 кг відходів, $S_{відх} = 5.0$ грн,

$$M = 11,5 \times 16.98 - (11,5 - 1,55) \times 5.000 = 145,52 \text{ грн.}$$

Розрізка заготовок поштучно

$$C_{o.з.} = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{ум}}{60 \cdot 100}$$

де $C_{нз}$ - приведені затрати на заготівельні операції коп/год,

$T_{ум}$ - штучний час виконання заготівельної операції,

$$C_{o.з.} = \frac{1550 \times 25}{60 \times 100} = 6.25.$$

Вартість заготовки з прокату

$$S_{заг1} = 145,52 + 6,25 = 151.77 \text{ грн.}$$

Вартість заготовки литтям в піщано-глиняну форму визначається за формулою:

$$S_{заг2} = ((S_{баз} / 1000) Q k_m k_c k_e k_M k_n - (Q - q) S_{відх} / 1000)$$

де $S_{баз}$ - базова вартість 1 кг заготовок. $S_{баз} = 45,0$ грн;

$S_{відх}$ - вартість 1 кг відходів, $S_{відх} = 5,0$ грн;

Q - маса заготовки, $Q = 2,6$ кг;

q - маса готової деталі, $q = 1,55$ кг;

k_m - коефіцієнт класу точності, $k_m = 1,05$ [24, с.37];

k_c - коефіцієнт групи складності $k_c = 0,86$ [24, с.36, табл. 12];

k_e - коефіцієнт маси $k_e = 0,5$ [24, с.36, табл. 13];

k_M - коефіцієнт марки матеріалу, $k_M = 1$ [24, с.37];

k_n - коефіцієнт об'єму виробництва, $k_n = 0,5$ [24, с.35, табл. 12]

$$S_{заг2} = (45 \times 2.6 \times 1,05 \times 0,86 \times 0,5 \times 1 \times 0,5) - (2.6 - 1,54) \times 5 = 21.11 \text{ грн.}$$

$$C_{o.з.} = \frac{C_{н.з.} \cdot T_{ум}}{60 \cdot 100}$$

$C_{oз}$ - технологічна собівартість заготівельних операцій,

$$C_{o.з.} = \frac{2550 \times 30}{60 \times 100} = 12,75.$$

Вартість заготовки отриманої литтям

$$S_{заг2} = 21.11 + 12,75 = 33,86 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_{заг} = (S_{заг1} - S_{заг2})N$$

де $S_{заг1}$, $S_{заг2}$, - вартість заготовок які порівнюємо.

N - річна програма випуску.

$$E_{заг} = (151.77 - 33.86) \cdot 5000 = 589550 \text{ грн.}$$

Отримання заготовки литтям в піщано-глиняну форму забезпечує технологічність виготовлення з неї деталі при мінімальній собівартості є оптимальним.

3.6 Вибір технологічних баз

Визначення технологічних баз відповідальний етап проектування технологічного процесу механічного оброблення, тісно пов'язаний з побудовою самого процесу оброблення заготовки. При призначенні технологічних баз слід дотримуватися таких рекомендацій [23,24]:

- чорнову базу можна використовувати лише один раз;
- як чорнові бази в першу чергу беруться поверхні, які не підлягають механічній обробці у готовій деталі, мають достатню площу, без літників, розтинів штампів та інших дефектів. Якщо усі поверхні деталі обробляються, то за чорнову базу беруть поверхні, що мають найменші припуски;
- чистові бази повинні бути представлені точними, достатніми за площею поверхнями, які мають координатні зв'язки з іншими поверхнями;
- чистові технологічні бази за можливості повинні збігатися з основними конструкторськими та вимірювальними базами (принцип суміщення баз);
- одні і ті самі чистові технологічні бази за можливості повинні використовуватися на множині операцій (принцип постійності баз);
- технологічні бази за можливості повинні забезпечувати просте та зручне базування та закріплення заготовки;

– технологічні бази за можливості повинні забезпечувати багатоінструментальну обробку поверхонь;

– технологічні бази за можливості повинні забезпечувати обробку найбільшої кількості поверхонь за один установ.

Якщо всі варіанти забезпечують задану точність та продуктивність виробництва, то вибирається схема базування та закріплення з точки зору найбільш простого та дешевого використання верстатів та технологічного оснащення.

Технологічна база - база, яка використовується для визначення положення заготовки чи виробу в процесі виготовлення або ремонту. Від правильного вибору технологічних баз у вирішальному ступені залежить точність механічного оброблення деталі.

Технологічні бази можуть бути чорновими, чистовими, допоміжними і додатковими. Чорнова технологічна база - неопрацьована поверхня звичайно прийнята для установки деталі на перших операціях.

При обробленні заготовок, отриманих литтям необроблені поверхні в якості баз можна використовувати тільки на перших операціях. При дальшій обробці це не допускається. В якості технологічних баз приймаються поверхні з розмірами, які забезпечують більшу точність базування і закріплення заготовки у пристосуванні. Ці поверхні повинні мати більш високі квалітети точності, найменшу шорсткість, не мати ливарних прибутків, литників та інших дефектів.

Якщо в заготовках обробляються усі поверхні, в якості технологічних баз для першої операції приймати поверхні з найменшими припусками. Тим самим при послідуєчій обробці виключається можливість виявлення на заготовках «чорноти». База для першої операції повинна вибиратися з врахуванням забезпечення кращих умов оброблення поверхонь, які застосовуються в послідуєчому в якості технологічних баз.

При виборі баз для чистового оброблення потрібно знати, що найвища точність оброблення досягається при умові використання на усіх операціях механічного оброблення одних базових поверхонь, тобто при додержанні

принципу єдності баз [23,27].

При чистовому обробленні підтримуються принципу сполучення баз, відносно якому в якості технологічних базових поверхонь використовуються конструкторські та вимірювальні бази. При спільності технологічної та вимірювальної баз похибка базування рівна нулю. Бази для кінцевого оброблення повинні мати найвищу точність розмірів та геометричної форми, а також найменшу шорсткість поверхні. Вони не повинні деформуватися під дією сил різання, затиску і власної маси деталі. Вибрані технологічні бази повинні спільно із затискуючими улаштуваннями забезпечити надійне закріплення деталі та незмінність її положення в період оброблення. Вибрані бази та метод базування повинні знайти більш просту і надійну конструкцію пристосування, зручність установки і знімання оброблюваної деталі [23,27].

При визначенні базових поверхонь необхідно, щоб останні забезпечували добру стійкість і надійність встановлення заготовок, тобто були достатньо розвинуті.

Проаналізувавши конструктивні властивості заготовки можна назначити такі бази:

Установча база, яка використовується на першій операції, називається чорновий базою. Першою операцією оброблення деталі буде токарна. Для цієї операції чорновими базами будуть зовнішня поверхня заготовки [23,27].

Установча база, яка утворилася в результаті чорнової обробки і використовується для закріплення заготовки при подальшій обробці, називається чистової базою.

Допоміжна технологічна база - це оброблена поверхня, утворена на деталі по технологічним міркуванням але не необхідна, конструкцією самої деталі [23,27]. Вона застосовується для спрощення виконання процесу оброблення деталі, і підвищення точності. У нашому випадку в якості установчої бази на токарних, фрезерних і свердлильних операціях є зовнішня поверхня $\varnothing 70$. При цьому дотримується принцип сталості баз, що дозволить забезпечити необхідну точність оброблення деталі на даних операціях.

3.7 Вибір технологічного маршруту оброблення деталі «Фланець»

Проектування технологічних процесів починається з розробки маршруту обробки деталі «Фланець» на підставі аналізу типового та існуючого технологічного процесу з урахуванням вимог креслення деталі і програми випуску [23].

При складанні маршруту виготовлення деталі «Фланець» необхідно враховувати такі положення:

- в першу чергу слід обробляти поверхні, які служитимуть технологічними базами для подальших операцій;
- потім слід обробляти поверхні, з яких знімається найбільший шар металу;
- обробка решти поверхонь ведеться в послідовності, зворотному ступені їх точності, тобто чим точніше повинна бути поверхня, тим пізніше вона обробляється;
- не рекомендується одночасна чорнова і чистова обробка поверхонь на одному і тому ж верстаті;
- термічна обробка, як правило, виробляється перед обробними операціями;
- максимально використовувати принцип концентрації операцій і переходів, тобто зосередити в одній операції обробку можливо більшого числа поверхонь;
- операцію контролю намічати після тих етапів обробки, де підвищена кількість браку, перед складними і дорогими операціями, перед термообробкою, після остаточної обробки деталі.

Застосовані методи обробки залежать від вимог, що пред'являються до поверхонь деталі по точності, шорсткості і взаємному їх розташуванню. Забезпечити виконання вимог, що пред'являються, можна різними методами. При цьому слід враховувати габаритні розміри, точність і якість заготовки, властивість матеріалу, наявність устаткування, собівартість обробки та інші чинники. При побудові маршруту обробки поверхні виходять з того, що кожен подальший

метод повинен бути точніше попереднього, а їх кількість – мінімальним. Маршрут оброблення окремих поверхонь встановлюють виходячи з вимог і робочого креслення і властивостей заготовки [23,27].

Послідовність методів оброблення поверхні на першому переході вибирають в залежності від способу отримання заготовки та її точності.

Встановлюють методи кінцевої оброблення поверхні в залежності від технічних вимог, які ставляться до цієї поверхні.

Назначають методи оброблення поверхні на проміжних переходах на основі вже вибраного першого і останнього методів оброблення.

Слід пам'ятати, що кожному методу кінцевої оброблення, передують декілька попередніх методів. На чорнових операціях точність поверхні підвищується на 2...3 квалітети, на чистових на 1-2, враховуючи всі ці рекомендації можна визначити маршрут механічної оброблення на кожену поверхню.

Вирішальним чинником при виборі устаткування є забезпечення заданої точності і якості оброблюваних поверхонь при максимальній продуктивності праці. При виборі устаткування необхідно враховувати наступні чинники [23,27]:

- 1) вид обробки, для якої призначений верстат;
- 2) габарити робочої зони верстата, визначаючи найбільші розміри оброблюваної заготовки;
- 3) забезпечувана верстатом точність обробки;
- 4) відповідність верстата по продуктивності заданій програмі випуску деталей;
- 5) відповідність верстата по потужності;
- 6) можливість роботи на оптимальних режимах різання;
- 7) можливість механізації і автоматизації виконуваної обробки.

Верстати загального призначення підбирати по каталогах і довідниках з вказівкою в технологічному процесі типу і моделі.

Вибираємо для токарного оброблення – токарно-гвинторізний з ЧПК. Для свердління чотирьох отворів $\varnothing 11$ мм – радіально-свердлильний верстат з застосуванням кондуктора. Для інших отворів $\varnothing 12,1$ мм – універсально-фрезерний. Для оброблення квадрату також універсально-фрезерний верстат. Для

оброблення поверхні $\varnothing 52H7$ використовуємо шліфувальний верстат з повідковим патроном. При обробленні деталі «Фланець» використовується, як спеціальний так і універсальний ріжучий й абразивний інструменти.

Для побудови маршруту технологічного процесу механічного оброблення деталі «Фланець» зобразимо її схематично (рис.3.2) з позначенням поверхонь, що обробляються.

Рішення про вибір того чи іншого варіанту технологічного процесу механічного оброблення деталі приймають після їх техніко-економічного обґрунтування [23, 27].

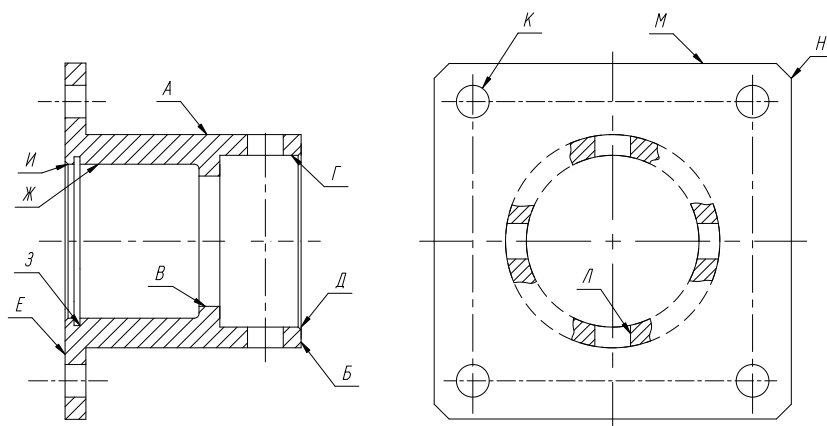








Рисунок 3.2 - Позначення поверхонь деталі «Фланець»

Запропонований технологічний маршрут механічного оброблення деталі «Фланець» приведено в табл.3.6.

Таблиця 3.6 - Маршрут механічного оброблення деталі «Фланець»

№ операції	Назва та короткий зміст операції	Базові поверхні	Назва та модель верстата
005	<p>Токарна</p> <p>Підрізати торець Е</p> <p>Розточити попередньо поверхню В</p> <p>Розточити остаточно пов. В</p> <p>Розточити попередньо поверхню Ж</p> <p>Розточити остаточно пов. Ж</p> <p>Точити фаску $1 \times 45^\circ$-пов. И</p> <p>Точити канавку З</p>	А, Д	<p>Токарно гвинторізний верстат 16K20</p> 

010	Токарна з ЧПК Підрізати торець Д Точити попередньо поверхню А Точити остаточно пов. А Розточити попередньо поверхню Г Розточити остаточно пов. Г Точити фаску 1x45°	Ж, Е	Токарний верстат з ЧПУ16K20Ф3 
015	Фрезерна Фрезерувати поверхню М (4 місця) Фрезерувати поверхню Н (4 місця)	А	Горизонтально-фрезерний верстат 6P82Г 
020	Свердлильна Свердлити 4 отвори К	А	Радіально-свердлильний верстат 2M55 
025	Свердлильна Свердлити 4 отвори Л	А, Д	Радіально-свердлильний верстат 2M55 
030	Внутрішньо шліфувальна Шліфувати поверхню Ж	А	Верстат внутрішньо шліфувальний 3M227В 
035	Контрольна. Кінцевий контроль всіх розмірів		Стіл контролера

3.8 Розроблення технологічних операцій

Між операційні переміщення деталей виконуються з використанням тари та ручних візків. На візок загрузають не більше двох одиниць тари з деталями.

Жінкам дозволяється підіймати тару з деталями вагою до 7 кг. Вагою більше 14 кг вдвох. При між операційному переміщенні необхідно дотримуватись вимог, що до охорони праці та промислової санітарії. Всі робочі місця повинні бути оснащені прикріпними столиками. Загальна вага тари з деталями, яка застосовується для міжцехового транспортування не повинна перевищувати 1000 кг. Рівень завантаження в тару деталей не повинен перевищувати рівня борту тари більше ніж на 100 мм.

Видалення стружки і чистку станків проводять крочком та щіткою при відключені обладнання.

В розробленому технологічному процесі механічного оброблення деталі «Фланець» в якості технологічного обладнання використовуються високопродуктивні сучасні прогресивні верстати. За одну установку можливе механічне оброблення декількох поверхонь. Це сприяє підвищенню точності оброблення.

Оскільки виробництво серійне, то впровадження високопродуктивного устаткування є одним із основних варіантів забезпечення високої продуктивності, підвищення якості оброблюваної деталі, а також зменшення частки допоміжного часу, що витрачається на зміну режимів різання, переходом з оброблення однієї поверхні на іншу, зміною інструмента, що звичайно має місце при послідовній обробці декількох поверхонь на універсальних металорізальних верстатах [23,27].

При виборі типу і конструкції ріжучого інструменту враховуються: характер виробництва; метод оброблення; тип верстата; розмір, конфігурація і матеріал оброблюваної заготовки; якість поверхні і точність обробки, що вимагаються. Основні відомості про ріжучий інструмент приведені в [28,29]. Прийнятий ріжучий інструмент повинен задовольняти вимогам точності оброблення і продуктивності технологічного процесу та мінімальної вартості.

Паралельно з вибором ріжучих інструментів вибирають допоміжний інструмент (якщо без нього не обійтися). Перевага віддається стандартним і нормалізованим допоміжним інструментам – перехідним конусам Морзе, цангам, оправкам для фрез тощо [28,29].

При заповненні технологічних карт у відповідній графі або рядку необхідно указувати по всіх переходах найменування допоміжного інструменту, а також назву ріжучого інструменту, основні його розміри, марку матеріалу і геометрію ріжучої частини.

Вибір засобів технічного контролю регламентований стандартами. Він повинен бути заснований на забезпеченні заданих показників процесу контролю і аналізу витрат на його реалізацію. Обов'язковими показниками процесу контролю є: точність вимірювань, достовірність, трудомісткість і вартість контролю.

Вибір вимірювальних засобів залежить від точності контрольованих параметрів і масштабу виробництва. При виборі вимірювальних інструментів і приладів враховувати точність їх свідчень і погрішність вимірювань, яка не повинна перевищувати 30 % допуску на вимірюваний розмір.

При проектуванні технологічного процесу необхідно прагнути до того, щоб необхідна точність розмірів забезпечувалася технологічно, без засобів контролю [23,27].

3.9 Визначення припусків та допусків на розміри заготовки

Знаходимо припуски на обробку і проміжні граничні розміри для обробки поверхні $\varnothing 52H7$ мм деталі «Фланець». Заготовка отримана литтям. Схема установки деталі - закріплення в трикулачковому токарному патроні.

План механічного оброблення поверхні $\varnothing 52H7$ мм, відповідно до вимог креслення та з урахуванням економічної точності обробки:

- 1) заготовка;
- 2) розточування чорнове;
- 3) розточування чистове;
- 4) шліфування.

Значення параметрів $R_z + T$ для литих заготовки $R_z + T = 200$ мкм, [24, с.65, табл. 27] після механічного оброблення – $R_z = 10$ мкм, $T = 20$ мкм. [24, с.67, табл. 29]

При механічному обробленні деталі «Фланець» із затисканням в трикулачковому патроні з упором в торець похибка установки на поверхню, що обробляється дорівнює нулю ($\varepsilon_y = 0$).

Сумарне значення просторових відхилень поверхні що обробляється відносно базової визначається за формулою:

$$\rho_{кор} = \sqrt{\rho_{кор}^2 + \rho_{см}^2}$$

Величину короблення отвору визначаємо по формулі:

де K_y - коефіцієнт уточнення $K_y = 0,04$ [24, с.74]

$$\rho_{кор} = \sqrt{(\Delta_k d)^2 + (\Delta_k l)^2}$$

де Δ_k - питома кривизна $\Delta_k = 0,7$ [24, с.72, табл. 32]

D - діаметр поверхні $D = 41,2$ мм, l – довжина поверхні що обробляється.

$$\rho_{кор} = \sqrt{(0,7 \cdot 52)^2 + (0,7 \cdot 45)^2} = 48.13 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{см} = \delta_g = 100 \text{ мкм}$$

$$\rho_{кор} = \sqrt{48.13^2 + 100^2} = 110.98 \approx 111 \text{ мкм.}$$

Залишкова похибка після обробки, мкм:

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_{кор}$$

$$\rho_{ост1} = 111 \cdot 0,06 = 6,66 \approx 7 \text{ мкм.}$$

$$\rho_{ост2} = 111 \cdot 0,04 = 4,44 \approx 5 \text{ мкм.}$$

Значення мінімального припуску:

$$2z_{\min} = 2(R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1})$$

Мінімальний допуск при розточуванні:

Чорновому

$$2z_{\min} = 2(200+111) = 2 \cdot 311 = 622 \text{ мкм.}$$

Чистовому

$$2z_{\min} = 2(50+50+7) = 2 \cdot 107 = 214 \text{ мкм.}$$

Шліфуванні

$$2z_{\min} = 2(30+30+5) = 2 \cdot 65 = 130 \text{ мкм.}$$

Чистове розточування $d_{\max} = 52.03 - 0.13 = 51.9 \text{ мм.}$

Чорнове розточування $d_{\max} = 51.9 - 0.214 = 51.686 \approx 51.7 \text{ мм.}$

Заготовка $d_{\max} = 51.686 - 0.622 = 51.064 \approx 51,01 \text{ мм.}$

$$d_{\text{msn}} = 51.9 - 0.05 = 51.85 \text{ мкм.}$$

$$d_{\text{msn}} = 51.7 - 0.17 = 51.53 \text{ мкм.}$$

$$d_{\text{msn}} = 50.3 - 0.4 = 49.9 \text{ мкм.}$$

Граничні значення припусків:

Для шліфування

$$2z_{\min}^{\text{np}} = 52.03 - 51.9 = 0.13 = 130 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} = 52.0 - 51.85 = 0.15 = 150 \text{ мкм}$$

Для чистового

$$2z_{\min}^{\text{np}} = 51.9 - 51.7 = 0,2 = 200 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} = 51.85 - 51.53 = 0.32 = 320 \text{ мкм.}$$

Для чорнового

$$2z_{\min}^{\text{np}} = 51.7 - 50.3 = 1.4 = 1400 \text{ мкм.}$$

$$2z_{\max}^{\text{np}} = 51.53 - 49.9 = 1.63 = 1630 \text{ мкм.}$$

Результати розрахунку заносимо в табл.3.7.

Таблиця 3.7 - Данні по розрахунку припусків на поверхню $\varnothing 52H7$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 52^{+0,03}$	Елементи припуску, мкм				Розрахунковий припуск $2z_{\min}$, мкм	Розрахунковий розмір d_p , мм.	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні значення припусків, мкм	
	R_z	T	ρ	ε				d_{\min}	d_{\max}	$2z_{\min}^{np}$	$2z_{\max}^{np}$
Заготовка	200		111	0		51,04	400	49.9	50.3		
Розточування чорнове	50	50	7	0	2·308	51.7	170	51.53	51.7	1400	1630
Розточування чистове	30	30	5	0	2·107	51.9	50	51.85	51.9	200	320
шліфування	10	20	-	0	2·65	52.0	30	52.0	52.03	130	150
Всього										1730	2100

Колонка "Розрахунковий розмір" заповнюється, починаючи з найменшого кінцевого розміру (52 H7) шляхом послідовного віднімання розрахункового мінімального припуску для кожного технологічного переходу до відповідного розрахункового розміру.

Загальні допуски $2z_{O\min}$ та $2z_{O\max}$ рахуємо додаючи проміжні припуски.

$$2z_{O\min} = 130 + 200 + 1400 = 1730 \text{ мкм.}$$

$$2z_{O\max} = 150 + 320 + 1630 = 2100 \text{ мкм.}$$

Перевірка правильності розрахунків.

$$z_{\max}^{np} - z_{\min}^{np} = 150 - 130 = 20 \text{ мкм.}; \delta_3 - \delta_4 = 50 - 30 = 20 \text{ мкм.}$$

$$z_{\max}^{np} - z_{\min}^{np} = 320 - 200 = 120 \text{ мкм.}; \delta_2 - \delta_3 = 170 - 50 = 120 \text{ мкм.}$$

$$z_{\max}^{np} - z_{\min}^{np} = 1630 - 1400 = 230 \text{ мкм.}; \delta_1 - \delta_2 = 400 - 170 = 230 \text{ мкм.}$$

Загальний номінальний припуск:

$$z_{ном} = z_{O\min} + B_3 - B_0 = 1730 + 200 - 50 = 1880 \text{ мкм.}$$

$$d_{зном} = d_{дном} - z_{оном} = 52.0 - 1.88 = 50.12 \approx 50.1 \text{ мм.}$$

3.10 Розрахунок та вибір режимів різання

Встановлення режимів обробки є найвідповідальнішим етапом, що визначає продуктивність технологічного процесу і трудомісткість обробки [28, 29].

Режими механічного оброблення можуть визначатися аналітичним розрахунком за формулами теорії різання або за таблицями довідників. Вибрані або розраховані режими обробки необхідно відкоригувати за паспортними даними металообробного верстата [28, 29].

3.10.1. Аналітичний розрахунок режимів різання при точінні чорновому поверхні $\varnothing 70$ мм

1. Вибір інструмента.

Вибираємо різець токарний контурний з механічним кріпленням клин-прихватом трьохгранних пластин із твердого сплаву [25, с.130.Т.26].

$$\varphi=93^\circ; \alpha=6^\circ; b \times h=20 \times 20 \quad \varphi_1=10^\circ; \lambda=2^\circ; r=0,4 \text{ мм.}; \gamma=10^\circ$$

2. Глибина різання $t = 0,5$ мм.

3. Подача $S = 0,6$ мм/об.

4. Швидкість різання

$$V = K_V \cdot C_V / (T^m \cdot t^x \cdot S^y)$$

де C_V , m , x , y – змінні параметри; $C_V=292$, $x=0,3$, $y=0,15$, $m=0,18$ [25, с.269, т. 17], T -стійкість різця, $T=60$ хв.

K_V - поправочний коефіцієнт

$$K_V = K_{MV}, K_{nv}, K_{IV},$$

де K_{nv} - коефіцієнт, що враховує вплив стану поверхні деталі, $K_{nv}=0.9$ [25, с.263, т.6]

K_{IV} - коефіцієнт, що враховує вплив інструмента, $K_{IV}=1$ [25, с.263, т.6].

K_{MV} - коефіцієнт, що враховує вплив матеріалу заготовки.

$$K_{MV} = Kr (750/\sigma_b)^{n_V},$$

де Kr , n_V - коефіцієнти; $Kr = 1$, $n_V = 1$ [25, с.262, т.2].

$$K_{MV} = 1 \times (750/430)^1 = 1,74.$$

$$V = 1,74 \cdot 292 / (60^{0,18} \cdot 0,5^{0,3} \cdot 0,6^{0,15}) = 257,3 \text{ м/хв.}$$

5. Частота обертання

$$n = (1000 \times V) / (\pi d) = (1000 \times 257,3) / (3,14 \times 70) = 1170 \text{ об/хв.}$$

По паспорту станка приймаємо $n = 1250$ об/хв.

Дійсна швидкість головного руху:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 1250}{1000} = 274,9 \text{ об/хв}$$

6. Визначення сили різання

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p \quad (2.18)$$

де C_p , x , y , n - зміні параметри, $C_p = 384$, $x = 0.9$, $y = 0.9$, $n = -0.15$ [25, с.273, т.22]

K_p - поправочний коефіцієнт

$$K_p = K_{mp} \times K_{\varphi p} \times K_{\gamma p} \times K_{\lambda p} \times K_{rp}, \quad (2.19)$$

де $K_{\varphi p}$, $K_{\gamma p}$, $K_{\lambda p}$, K_{rp} - коефіцієнти, що враховують якість обробленої поверхні,

$$K_{\varphi p} = 0.885, K_{\gamma p} = 1, K_{\lambda p} = 1, K_{rp} = 1;$$

K_{mp} - коефіцієнт, що враховує якість обробленої поверхні,

$$K_{mp} = (\sigma_b/750)^n,$$

$$K_{mp} = (430/750)^{0,75} = 0,66.$$

$$K_p = 0.885 \times 0.66 \times 1 = 0,5841.$$

$$P_z = 10 \times 384 \times 0,5^{0,9} \times 0,6^{0,9} \times 275^{-0,15} \times 0,5841 = 333.8 \text{ Н.}$$

7. Потужність різання

$$N_p = (P_z \times V) / (1020 \times 60) = (333,8 \times 275) / (1020 \times 60) = 1,49 \text{ кВт.}$$

8. Перевірка можливості оброблення на верстаті 16К20Ф3

$$N_{\text{шт}} > N_p$$

$$N_{\text{шт}} = N_{\text{ДВ}} \times \eta = 11 \times 0,87 = 9,57 \text{ кВт.}$$

Так як $N_{\text{шт}} = 9,57 \text{ кВт} > N_p = 1,49 \text{ кВт}$ то обробка на даному верстаті

можлива

9. Час оброблення

$$T_m = \frac{(L + \Delta + Y)i}{s_o \cdot n}$$

де Δ - величина врізання, $\Delta = 1 \text{ мм.}$

Y - величина перебігу, $Y = 1 \text{ мм.}$

L - довжина оброблення, $L = 72 \text{ мм.}$

i – кількість переходів, $i = 1$

$$T_m = \frac{(72 + 1 + 1)1}{0,12 \cdot 1250} = 0,48 \text{ хв.}$$

3.10.2 Аналітичний розрахунок режимів різання на свердлування отвору $\varnothing 11$

Механічне оброблення виконується на радіально-свердильному верстаті мод. 2М55. Ріжучий інструмент свердло $\varnothing 11 \text{ мм.}$ з швидкорізальної сталі Р6М5.

Визначаємо глибину різання:

$$t = 0,5D$$

$$t = 0,5 \cdot 11 = 5,5 \text{ мм.}$$

Подача при свердлінні отворів без обмежуючих факторів обирається максимально допустимою по міцності свердла $t = 0,34 \text{ мм/об.}$ [25, с. 277, табл.25].

Швидкість різання визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v$$

де коефіцієнт $C_v = 9,8$ і показники ступеню $q = 0,4$; $y = 0,5$; $m = 0,2$ [25, с. 278, табл. 28], T – період стійкості інструменту.

Приймаємо $T = 45$ [25, с. 279, табл. 30], K_v - загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, враховуючий фактичні умови різання:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Hv} \cdot K_{lv}$$

де K_{Mv} - коефіцієнт на матеріал що обробляється [25, с. 261, табл. 1, табл. 2].

$$K_{Mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_{\epsilon}} \right)^{nv}$$

K_{Hv} - коефіцієнт на інструментальний матеріал $K_{Hv} = 1$ [25, с. 263, табл. 6],

K_{lv} - коефіцієнт враховуючий глибину свердлення $K_{lv} = 1$ [25, с. 280, табл. 31].

$$K_{Mv} = 1 \cdot \left(\frac{750}{430} \right)^{-0,9} = 0,6$$

$$K_v = 0,6 \times 1 \times 1 = 0,6$$

$$v = \frac{9,8 \cdot 11^{0,4}}{45^{0,2} \cdot 0,34^{0,5}} \cdot 0,6 = 12,29$$

Число обертів шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 12,29}{3,14 \cdot 11} = 355,35 \text{ об/хв.}$$

По паспорту верстата приймаємо $n = 315$ об/хв

Дійсну швидкість головного руху визначаємо за формулою:

$$v = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 315}{1000} = 10,89 \text{ об/хв}$$

Крутний момент розраховується по формулі:

$$M_{кр} = 10 C_M D^q s^y K_p$$

де K_p та C_M - довідникові коефіцієнти, q та y - показники степені.

$C_M = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ [25, с. 281, табл. 32]

Коефіцієнт враховуючий фактичні умови оброблення, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки що оброблюється та визначається із виразу:

$$K_p = K_{MP}$$

Значення коефіцієнта K_{MP} приведені у [25, с. 264, табл. 9].

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

Приймаємо $n = 1$

$$K_{MP} = \left(\frac{430}{750} \right)^1 = 0,57$$

$$M_{kp} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 11^2 \cdot 0,34^{0,8} \cdot 0,57 = 10,04 \text{ Нм}$$

Осьова сила P_o , H визначається за формулою;

$$P_o = 10 C_p D^q s^y K_p$$

Де $C_p = 68$, $q = 1,0$, $y = 0,7$. [25, с. 281, табл. 32]

$K_p = K_{MP}$ і рівний значенню K_{MP} для крутного моменту.

$$M_k = 10 \cdot 68 \cdot 11^1 \cdot 0,34^{0,7} \cdot 0,57 = 2003,6 \text{ Н.}$$

Потужність різання N , кВт визначається по формулі

$$N_e = \frac{M_{kp} n}{9750} = \frac{10,04 \cdot 315}{9750} = 0,32$$

де n - частота обертання інструмента.

Розрахунок основного машинного часу оброблення T_m , хв.

$$T_m = \frac{L_{px}}{n s_o}$$

$$L_{px} = 7 + 5 = 12 \text{ мм}$$

$$T_m = \frac{12}{315 \cdot 0,34} = 0,112 \text{ хв.}$$

3.10.3 Розрахунок режимів різання на фрезерну операцію табличним способом

Фрезерування фаски $5 \times 45^\circ$ (4 місця), ширина фрезерування $b = 7$ мм. Обробка ведеться на консольно-фрезерному верстаті 6Р82Г. Ріжучий інструмент: фреза торцева насадна $\varnothing 100$, $L = 50$ мм, $d = 40$ мм, $z = 18$, матеріал - Р6М5.

1. Визначення глибини різання

Глибину різання приймаємо $t = 2,5$ мм.

2. Розрахунок подачі

При чорновому фрезеруванні призначаємо подачу на зуб за рекомендаціями [28],

$$S_z = 0,1 \text{ мм/зуб.}$$

3. Визначення стійкості інструмента за нормативами [28], $T_p = 60$ хв.

4. Визначення швидкості різання.

Швидкість різання при фрезеруванні визначаємо за рекомендаціями [28],

$$v = v_{табл} \cdot K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (2.32)$$

де $v_{табл}$ – швидкість фрезерування, що визначається за [28], $v_{табл} = 37$ м/хв;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від розмірів оброблення визначається за [28],
 $K_1 = 1,15$;

K_2 – коефіцієнт, що залежить від матеріалу, який обробляється визначається за [28], $K_2 = 0,8$;

K_3 – коефіцієнт, що залежить від стійкості і матеріалу інструмента визначається за [28], $K_3 = 0,8$.

$$v = 37 \cdot 1,15 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 27,23 \text{ хв.}$$

5. Розрахунок числа обертів шпинделя і коригування його за паспортом верстата.

За знайденою швидкістю різання розраховують частоту обертання шпинделя

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 27,23}{3,14 \cdot 180} = 48,26 \text{ об / хв,}$$

де d – діаметр фрези, мм.

Знайдене число обертів шпинделя замінюємо найближчим з наявних на даному верстаті $n_{np} = 50$ об/хв.

6. Уточнення швидкості різання

Визначаємо дійсну швидкість різання

$$v_{\delta} = \frac{\pi \cdot d \cdot n_{np}}{1000} = \frac{3,14 \cdot 180 \cdot 50}{1000} = 28,26 \text{ м / хв.}$$

7. Визначення хвилинної подачі

$$S_{x\delta} = S_z \cdot z \cdot n_{\delta},$$

де z -число зубів фрези, $z=24$;

$$S_{x\delta} = 0,1 \cdot 24 \cdot 50 = 120 \text{ хв.}$$

8. Визначення потужності різання

Потужність різання визначаємо за [28],

$$N_{рез} = E \cdot \frac{v \cdot b_{max} \cdot z}{1000} \cdot K_1 \cdot K_2,$$

де E – величина, яка знаходиться за таблицею, $E = 0,5$;

b_{max} – максимальна ширина фрезерування, $b_{max} = 7$ мм;

K_1 – коефіцієнт, який залежить від матеріалу, що обробляється, $K_1 = 1$;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від типу фрези і швидкості різання, $K_2=1$.

$$N_{рез} = 0,5 \cdot \frac{28,26 \cdot 7 \cdot 18}{1000} \cdot 1 \cdot 1 = 1,78 \text{ кВт.}$$

9. Перевірка правильності вибору верстата за потужністю.

Вибраний режим різання повинен задовольняти умові:

$$N_e \leq N_{\delta} \cdot \eta$$

де N_{δ} – потужність електродвигуна обраного металорізального верстата;

η - ККД верстата, $\eta=0,8$.

Оскільки $1,78 \leq 7,5$, то можемо зробити висновок, що механічне оброблення на даному верстаті можливе..

10. Визначення машинного часу

Визначаємо машинний час за формулою:

$$T_M = \frac{L_{P.X.}}{n \cdot S}$$

де, $L_{P.X.}$ — довжина робочого ходу супорта [28],

$$L_{p.x} = L_{рез} + y + L_{дон} = 4,5 + 80 + 0 = 92,5 \text{ мм.}$$

$$T_M = \frac{92,5}{120} = 0,77 \text{ хв.}$$

3.10.4 Розрахунок режимів різання на інші операції за допомогою ЕОМ

Розрахунки ведемо за допомогою програмного комплексу на ЕОМ. Данні по розрахунку заносимо в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 - Данні по режимам різання визначені за допомогою ЕОМ

№ опер.		Назва переходу	t, мм	S, мм/об мм/хв	V, $\frac{м}{хв}$	n, $\frac{об}{хв}$	T _М , хв.	T, хв.	T _{шт-к} , хв.
005		Підрізати торець Е	1,5	0,4	392,5	1250	1,307	120	2,738
		Розточити отвір В до Ø43,3	1,5	0,21	346,2	1250			
		Розточити отвір В до Ø44	0,5	0,05	206	910			
		Розточити отвір Ж до Ø51,3	1,5	0,21	274,9	1250			
		Розточити отвір Ж до Ø52 ^{+0,03}	0,5	0,05	206	910			
		Зняти фаску 1x45 в отворі Ж	1,4	0,16	150	634			
		Точити канавку 3,0	1,5	0,16	150	630			
010		Підрізати торець Б	1,5	0,4	392,5	1250	1,115	120	2,603
		Точити А до ø70 _{-0,7}	0,5	0,12	274,9	1250			
		Розточити отвір Г до Ø57	0,5	0,05	206	910			
		Зняти фаску 1x45 в отворі Г	1,4	0,16	150	630			
15		Фрезерувати квадрат 120-0,8	1,3	0,1	47,1	120	3,05	45	4,809

		Фрезерувати фаски 5x45°	2,5	0,1	28,26	50	0,77	45	
020		Свердлити 4 отвори Ø11	5,5	0,12	10,89	315	0,112	45	0,849
025		Свердлити 4 отвори Ø12	0,9	0,05	14,15	315	0,35	45	1,256
		Розвернути 4 отвори до Ø12,1 ^{+0,1}	0,1	1	11,8	250		40	
030		Шліфувати Ж до Ø50H7	0,1	-	290	1200	0,388	30	2,154

3.11 Розрахунок технічних норм часу при виконанні операцій

Одну операцію, а саме 005 розраховуємо аналітично, а інші розраховуємо і заносимо в табл. 3.6. В серійному виробництві норма штучно-калькуляційного часу, $T_{шт-к}$ визначається за формулою:

$$T_{шт-к} = \frac{T_{n-3}}{n} + T_{шт}$$

де T_{n-3} - підготовчо - заключний час на обробку;

$$T_{n-3} = 14 + 2 + 7 = 23 \text{ хв. [24, с.216, т. 6.5]}$$

n - кількість деталей в налагодженій партії, шт.

$$n = \frac{N \cdot a \cdot 2}{254}$$

де, N - річний випуск обсягу деталей;

a - періодичність запуску $a = 12$ днів;

$$n = \frac{5000 \cdot 12 \cdot 2}{254} = 472,5 \cdot шт.$$

$T_{шт}$ - штучний час на обробку деталі;

$$T_{шт} = T_o + T_{дон} + T_{обс} + T_{відп}$$

де, T_o - основний час оброблення:

$$T_o = T_M = \frac{L_{p.x.}}{S_m}$$

де, $T_o = T_M = 1,307$ хв.;

$T_{доп}$ - допоміжний час оброблення.

$$T_{доп} = (T_{вст} + T_{зо} + T_{кер} + T_{вим})$$

де, $T_{вст}$ - час на встановлення і зняття деталі, хв.;

$$T_{вст} = 0,10 \text{ хв} \quad [24, \text{с.199, т. 5.5}]$$

$T_{з.о}$ - час на закріплення і відкріплення деталі, хв.;

$$T_{з.о} = 0,24 \text{ хв.} \quad [24, \text{с.201, т. 5.7}]$$

$T_{кер}$ - час на прийоми управління, хв.;

$$T_{кер} = 0,11 \text{ хв} \quad [24, \text{с.205, т. 5.9}]$$

$T_{вим}$ - час на вимірювання деталі, хв.;

$$T_{вим} = 0,2 \text{ хв} \quad [24, \text{с.206, т. 5.10}]$$

k - коефіцієнт серійності. $k = 1,85$ [24, с.101].

$$T_{доп} = (0,10 + 0,24 + 0,11 + 0,2) \cdot 1,85 = 1,203 \text{ хв.}$$

Визначаємо час на обслуговування робочого місця - $T_{обс}$:

$$T_{обс} + T_{від} = \left(\frac{T_o + T_{доп}}{100} \right) \cdot P_{відп}$$

де, $T_{від}$ - час на відпочинок і на особисті потреби.

$P_{відп}$ - норматив часу на обслуговування робочого місця, відпочинок та природні потреби.

$$P_{відп} = 8\% \quad [24, \text{с.214, т. 6.5}]$$

$$T_{обс} + T_{від} = \left(\frac{1,203 + 1,307}{100} \right) \cdot 8 = 0,2 \text{ хв.}$$

$$T_{ум} = 1,307 + 1,203 + 0,2 = 2,71 \text{ хв}$$

Визначення норми штучно-калькуляційного часу за формулою:

$$T_{ум-к} = \frac{13}{472} + 2,71 = 2,738 \text{ хв.}$$

Визначені технічні норми часу на інші операції приведені в табл. 3.9

Таблиця 3.9 - Норми часу по операціям

Операція	T_o	$T_{вст}$	$T_{зо}$	$T_{кер}$	$T_{вим}$	$T_{дон}$	$T_{об}+T_{від}$	$T_{шт}$	$T_{пз}$	$T_{шт-к}$
005	1,307	0,10	0,24	0,11	0,2	1,203	0,2	2,71	13	2,738
010	1,115	0,08	0,12	0,12	0,36	1,258	0,19	2,563	19	2,603
015	3,05	0,2	0,26	0,13	0,15	1,369	0,354	4,773	17	4,809
020	0,16	0,1	0,08	0,08	0,07	0,61	0,062	0,832	8	0,849
025	0,164	0,1	0,26	0,1	0,07	0,981	0,092	1,237	9	1,256
030	0,388	0,15	0,32	0,11	0,28	1,591	0,158	2,137	8	2,154

3.12 Керуюча програми для верстата з ЧПК

Верстати з числовим програмним керуванням (ЧПК) призначені для високопродуктивної комплексної обробки заготовок різної складності. Під керуванням верстатом прийнято розуміти сукупність впливів на його механізми, яке забезпечує виконання технологічного циклу оброблення, а під системою керування – пристрій або сукупність пристроїв, які реалізують ці впливи [23, 27].

Числове програмне керування – це управління, при якому програму задають у вигляді записаного на будь-який носій масиву інформації. Керуюча інформація для верстатів з ЧПК є дискретною і її оброблення в процесі керування здійснюється цифровими методами. Управління технологічними циклами найчастіше здійснюється за допомогою програмованих логічних контролерів, які реалізуються за принципами цифрових електронних обчислювальних пристроїв.

Верстати з ЧПК поєднують точність спеціалізованих верстатів і високу продуктивність порівняно з верстатами загального призначення (у 2-5 разів).

Однак верстати з ЧПК значно складніші звичайних, вартість їх досить висока і перевищує вартість універсальних верстатів у 1,2-8 разів [23, 27].

В умовах серійного виробництва можливість використання інтенсивних технологій на основі паралельної або паралельно-послідовної концентрації технологічних переходів, були обмежені значними втратами на переналадку. Широке застосування сучасних верстатів ЧПК оснащених інструментальними магазинами, забезпечують значну інтенсифікацію процесу механічної обробки завдяки різкому скороченню допоміжного часу до (3...4 раз) [23, 27].

Операційний ескіз оброблення деталі «Фланець» на верстаті з ЧПК моделі 16К20Ф3 в абсолютній системі координат представлено в графічній частині дипломної роботи, а керуюча програма розміщена в додатку до дипломної роботи.

3.13 Висновки

На основі аналізу існуючого технологічного процесу базового заводу, проаналізоване робоче креслення деталі «Фланець», виконано техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки і технологічного процесу оброблення, що підтвердило економічність прийнятого варіанту.

Виконані розрахунки припусків на механічне оброблення, що забезпечують раціональне використання металу на виготовлення деталі. Розраховані режими оброблення які забезпечують високу точність і якість оброблених поверхонь. Розроблений комплект технологічної документів на технологічний процес механічного оброблення деталі «Фланець» і програма для виконання операції на токарному верстаті з ЧПУ 16К20Ф3.

4 ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

4.1 Сучасні методи підвищення зносостійкості деталей машин

У різних галузях промисловості експлуатація деталей машин і конструкцій відбувається під дією зовнішніх факторів, які притаманні специфічним умовам їх роботи. Серед таких факторів, що відображають особливості експлуатації, найчастіше проявляються ті чи інші види зношування, які, в решті решт, суттєво скорочують ресурс роботи деталей машин і конструкцій.

Довговічність машин і механізмів багато в чому визначається зносостійкістю застосовуваних в їх конструкції деталей. Численні дослідження показують, що до 70-80% відмов машин відбувається через зношування вузлів тертя. У сучасному виробництві призначення і технологічне забезпечення параметрів стану поверхонь деталей недостатньо обґрунтовано, що призводить або до завищення вимог і дорожчання машин, або до їх заниження і зниження надійності [31, 32].

Існує досить велика кількість різних технологічних методів підвищення якості поверхонь деталей. Один з способів підвищення зносостійкості деталей - підбір матеріалів, з яких вони виготовляються. Однак, застосовуючи даний метод, можна лише знизити швидкість зношування, але не управляти самим процесом.

Широке застосування мають термодифузійні методи:

1) цементация - насичення поверхні вуглецем, здійснювана при витримки деталі в печі-камері при температурі вище точки аустенітного перетворення 8-12 годин в середовищі карбюратора. Зміст вуглецю в поверхні - максимум 1,7% для деталей, що працюють без удару;

2) термодифузійне хромування, в результаті якого вміст хрому в поверхні становить до 60%, але зменшується до 0% на глибині частки міліметра. При цьому твердість по Бринеллю до 900 одиниць, збільшується стійкість до азотної кислоти.

Серед способів підвищення зносостійкості без зміни розмірів можна

відзначити, крім об'ємного гартування, поверхневе гартування струмами високої частоти (СВЧ), при якому нагрів деталі здійснюється за рахунок вихрових струмів при переміщенні уздовж неї мідного індуктора з підведенням до нього СВЧ. Процес може бути автоматизований, дозволяє отримати необхідну глибину загартованого шару, практично без деформації деталі та окалини. Дозволяє використовувати замість легованих сталей звичайні вуглецеві інструментальні сталі. Особливо сприятливе гартування СВЧ для зубчастих коліс: забезпечує тверду зносостійку поверхню і м'яко-в'язку серцевину.

Збільшення довговічності деталей машин, що труться немислимо без застосування методів розрахунку на знос, в яких враховуються фізико-механічні характеристики матеріалів тертьових тіл, режими роботи вузла тертя (навантаження, швидкість), зовнішні умови тертя (навколишнє середовище, температура, мастило) а також конструктивні особливості.

Висока зносостійкість деталей, що швидко зношуються - запорука забезпечення надійності і довговічності машин.

4.2 Підвищення зносостійкості поверхонь тертя комбінованим лазерним легуванням

Більшість деталей цвяхового автомату мод. АВ4115А працює під дією динамічних знакозмінних навантажень, а також під дією сил тертя, що виникають в процесі роботи, між спряженими поверхнями деталей. Тому важливе значення при проектуванні і виробництві автоматів займає питання підвищення зносостійкості його деталей та вузлів.

В останній час активно розробляються і впроваджуються в промисловість комбіновані методи поверхневого зміцнення сплавів. Широкий інтерес до таких технологій пояснюється можливістю отримати дуже високі зносостійкі властивості поверхні виробів. Суттєвим недоліком практично всіх видів хіміко-термічної обробки є необхідність нагрівання виробів до високих температур та тривала витримка при цих температурах, і відповідно, великі енерговитрати.

Одним з можливих методів отримання поверхневих шарів з високими зносостійкими властивостями може бути комбіноване лазерне легування. Спочатку проводять легування поверхні нітридоутворюючими елементами, а потім азотування всього легованого шару. В роботах [31-35] показано, що поверхневе легування низько вуглецевої сталі із вмістом 0,1–0,3 мас.% вуглецю нітридоутворюючими елементами з наступним азотуванням значно підвищує твердість та зносостійкість робочих поверхонь деталей також у порівнянні з азотованими нітралями. Крім цього, така технологія дає можливість локально зміцнити і сформувати опірні поверхні з регулярним рельєфом за типом Шарпі [34, 35].

Для дослідження використовували сталь 20 (0,2 мас.% С) та 38Х2МЮА, насичуючи їх поверхню хромом, молібденом та алюмінієм в імпульсному та безперервному режимах випромінювання. Перед лазерною обробкою на поверхню зразків сталей наносили насичуючу обмазку. Структура і властивості зміцненого шару залежать від типу легуючого елемента, тому всі дослідження проводили для кожного легуючого елемента окремо.

На рис.4.1 і 4.2 показано розподіл твердості та знос зразків сталей 20 та 38Х2МЮА.

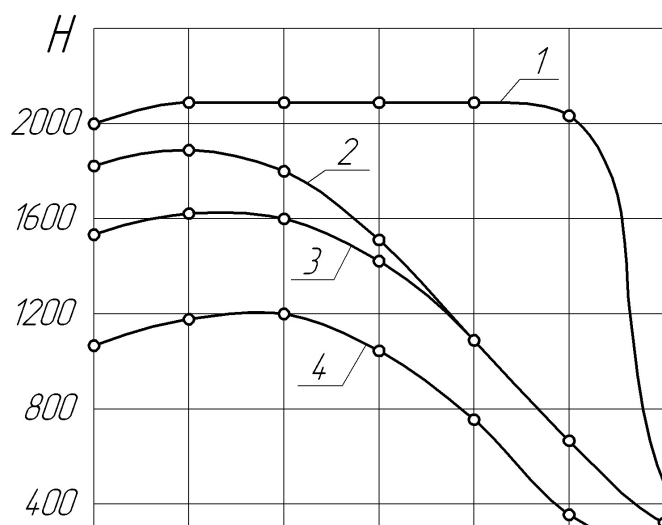


Рисунок 4.1 - Розподіл твердості в зміцнених зонах сталі 20 після лазерного легування алюмінієм (1), хромом (2), молібденом (3) та азотування при 570°C протягом 4,5 год.

Технологічні параметри лазерного легування – густина потужності випромінювання і кількість обмазки, що наноситься на оброблювану поверхню. Із збільшенням густини потужності випромінювання товщина легованої зони росте для всіх досліджених легуючих елементів, причому зони, леговані алюмінієм, завжди мають найбільшу товщину, а насичені молібденом – найменшу. Це пояснюється різними теплофізичними властивостями порошків Al та Mo. Суттєвий вплив на товщину легованої зони чинить кількість нанесеної на оброблену поверхню насичуючої обмазки. Оптимальна кількість обмазки, що наноситься на оброблювану поверхню, 22–30 мг/см². При легуванні поверхні металу у безперервному режимі, лазерним випромінюванням до 1 кВт, найбільш технологічним параметром для зміни щільності потужності являється швидкість переміщення лазерного променя $v_{л}$. Збільшення $v_{л}$ від 0,5 до 1,4 м/хв. призводить до зменшення розмірів легованих зон від 800–900 до 200–300 мкм.

Мікрорентгеноспектральним аналізом зразків сталі 20 встановлено, що концентрація легуючих елементів залежить від $v_{л}$. При $v_{л} = 10$ –20 мм/с спостерігаємо максимум концентрацій в зоні ЛХТО для всіх легуючих елементів. При $v_{л} < 10$ мм/с зменшення концентрації елементів після ЛХТО пов'язано з більшими розмірами оплавлених зон, а при $v_{л} > 20$ мм/с – з вигоранням значної частини легуючої обмазки до плавлення оброблюваного матеріалу.

Локальним мікрорентгеноспектральним аналізом зйомкою в характеристичних випромінюваннях відповідних елементів встановлено, що легуючі елементи в зонах ЛХТО розподілені рівномірно як після імпульсної, так і після безперервної обробки. При цьому вміст легуючих елементів в першому випадку коливається в залежності від їх виду від 2 до 5 мас.%, а у другому – від 5 до 17 мас.%.

Виявлено деяке збіднення легуючими елементами області безпосередньо біля межі оплавленої зони з матрицею. Мікротвердість в зонах ЛХТО розподілена рівномірно і відповідає 500 – 800 Н та 300 – 1200 Н після лазерної обробки в імпульсному та безперервному режимах відповідно. Методом рентгеноструктурного аналізу визначено фазовий склад сталі 20 після легування

досліджуваними нітридоутворюючими елементами. В зонах ЛХТО формується твердий розчин заміщення легуючих елементів в Fe_2 . При легуванні молібденом спостерігається значне збільшення параметрів ґратки твердого розчину, оскільки відмінність атомних радіусів заліза та молібдену велика. Концентрація молібдену в зоні ЛХТО складає 8 мас.%. На дифрактограмах, знятих з поверхні легованої зони, знайдено інтерметаліди $FeMo$ та Fe_7Mo_6 . Це можна пояснити найбільш значним збільшенням твердості поверхні при легуванні молібденом.

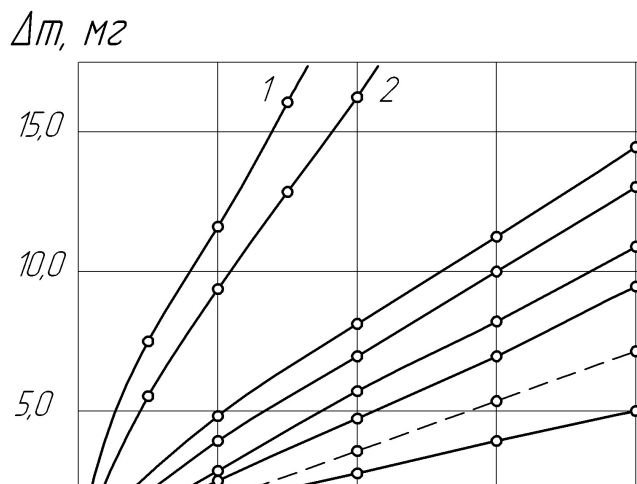


Рисунок 4.2 - Знос зразків сталей 20 (суцільні лінії) та 38Х2МЮА (штрихова лінія (7)) після різних обробок (Δm – зменшення маси зразка, L – шлях тертя):
 1 – нормалізація (початковий стан); 2,7 – азотування, 3 - 5 – лазерне легування (ЛХТО): (3 – алюмінієм, 4 – хромом, 5 – молібденом); 6 – 9 – комбіноване зміцнення (ЛХТО + азотування): (6 – молібденом, 8 – хромом, 9 – алюмінієм)

Концентрація Al в зоні ЛХТО не перевищує 5 %. При розчиненні Al в зоні легування утворюється твердий розчин заміщення, причому внаслідок більшої різниці атомних розмірів Al та Fe, параметр решітки твердого розчину значно збільшується, про що свідчить зміщення дифракційних максимумів Fe.

Після ЛХТО та короткочасного азотування ($t = 570^{\circ}C$, $\tau = 4,5$ год.) максимальну мікротвердість мають зони, леговані алюмінієм (рис.3.1). Азотування поверхні сталі, легованої Cr та Mo, за аналогічними режимами призводять до утворення зміцнених шарів з плавним зменшенням мікротвердості

за товщиною.

Металографічним аналізом встановлено, що азотований шар, отриманий без попередньої ЛХТО, складається із нітридної зони, що формується на поверхні у вигляді білої смуги товщиною 15 – 20 мкм і дифузійного підшару азотування із структурою азотованого фериту, що характеризується підвищеною травленістю внаслідок виділення надлишкової γ' - фази.

При азотуванні поверхні сталі 20, легованої Cr спостерігається виділення дисперсних нітридів Cr_2N . Відпуск при 250°C сприяє подальшому підвищенню мікротвердості, із чого можна зробити висновок, що при підвищенні температури і збільшенні тривалості витримки концентрація розчиненого азоту підвищується і внаслідок чого збільшується кількість нітридів, що виділяються при охолодженні в дисперсній формі. У процесі відпуску при 600°C відбувається коагуляція виділених нітридів, що призводить до знеміцнення поверхневого шару.

При азотуванні сталі, поверхнево легованої алюмінієм, формується структура, що складається із легованих α та γ' - фаз. При азотуванні сталі, попередньо легованої молібденом, утворюються леговані молібденом нітридні фази на основі заліза. При цьому молібден входить до складу нітридів в невеликій кількості, залишаючись в твердому розчині або утворюючи з іншими елементами інтерметалідні фази. Цим пояснюється невисока твердість зміцненого шару, легованого молібденом.

В результаті тривалих випробувань на зносостійкість виявлена суттєва відмінність триботехнічних характеристик поверхонь, легованих різними нітридоутворюючими елементами з використанням лазерного нагріву, і поверхонь, отриманих комбінованою обробкою. Встановлено, що зносостійкість низьковуглецевої сталі, утвореної за комбінованою технологією, в 12 раз вище зносостійкості азотованої сталі 20 та в 1,2 - 2 рази вище зносостійкості сталі 38ХМЮА, азотованої за аналогічними режимами (рис.3.2).

Підвищення зносостійкості в умовах сухого тертя обумовлено високою мікротвердістю зміцнених зон і формуванням рельєфу поверхні по типу Шарпі. Найбільша зносостійкість досягається легуванням поверхні сталі алюмінієм з

наступним азотуванням [35].

4.3 Висновки

При проведенні досліджень технології комбінованого лазерного легування установлено, що:

1) поверхнєве зміцнення, що включає легування при лазерному нагріві та наступне азотування, дозволяє отримати зносостійкість у 1,5 – 3 рази вище, ніж у азотованих сталей типу 38Х2МЮА;

2) найбільша мікротвердість (2000 Н) та зносостійкість низьковуглецевих сталей досягається азотуванням поверхні, легованої алюмінієм;

3) після нанесення лазером хромових доріжок без перекриття з наступним азотуванням при 510-540°C впродовж 25-30 год. Зносостійкість низьковуглецевої сталі підвищується у 1,5 рази.

Виходячи з вище зазначено, можемо рекомендувати застосування даного методу підвищення зносостійкості для деталей дротово-цвяхового автомата, що працюють у важких умовах тертя.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз можливих небезпечних і шкідливих виробничих факторів

цвяхового автомата мод.АВ4115А

При експлуатації дротово-цвяхового автомата мод.АВ4115А необхідно врахувати такі небезпечні і шкідливі фактори: підвищений рівень вібрації, шуму, рухомі частини виробничого устаткування, підвищена напруга в електричному ланцюзі, гострі краї.

Вібрація виникає внаслідок роботи електродвигуна, коробки швидкостей, механізму висаджування головки цвяха, механізму відрізання цвяху, а також механізму подачі і інших рухомих частин автомата. Під дією вібрації порушується нормальна робота, адже для більшості внутрішніх органів людини власні частоти лежать в діапазоні 6-9 Гц. Коливання робочих місць з вказаними частотами є досить небезпечними, оскільки можуть викликати механічні пошкодження і навіть розрив внутрішніх органів. Систематична дія загальної вібрації на верстаті, характеризується високим рівнем віброшвидкості, може бути причиною вібраційного захворювання - порушення фізіологічних функцій організму, обумовлених переважно дією вібрації на центральну нервову систему. Ці порушення проявляються у вигляді головного болю, запаморочення, поганого сну, зниженою працездатністю, поганого самопочуття, порушення серцевої діяльності [36,37].

Вібрація може не визивати больових відчуттів, але перешкоджає проведенню виробничих процесів.

Один з видів вібрації, який виникає є локальна вібрація. Вона викликає спазми судин, які починаються з кінців пальців і розповсюджуються на всю кисть, передпліччя, захоплює судини серця. Внаслідок чого погіршується постачання кінцівок кров'ю. Одночасно спостерігається дія вібрації на нервові скінчення, сухожилльні м'язи, відкладення солей в суглобах кисті рук, пальців. Всі вказані

зміни підсилюються в холодний, і зменшуються в теплий період року. Тому необхідно дотримуватись норм температурного режиму в теплий і в холодний період року.

Для зменшення дії вібрації на організм людини необхідно виконати:

- зменшення вібрації шляхом дією на джерело вібрації;
- раціональний підбір маси і жорсткості коливачів;
- вібродемферування коливальних конструктивних елементів шляхом збільшення дисипативних сил;
- динамічне погашення коливачів.

Шум, навіть коли він невеликий, створює значне навантаження на нервову систему людини, створює на нього психологічне навантаження. Під дією шуму, що перевищує 85-90 дБА, в першу чергу знижується слухова чутливість на високих частотах. Сильний шум шкідливо впливає на працездатність робітника. Робітник, що працює при шумі звикає до нього, але тривалість дії сильного шуму викликає втому, може призвести до втрати слуху, порушення травлення, відбувається зміна об'єму внутрішніх органів [36,37].

Діючи на кору головного мозку, шум викликає, прискорює процес дратування, послаблює увагу і гальмує психологічні реакції.

Методи боротьби із шумом:

- зниження шуму в джерелі його утворення;
- зміна напрямку потоку шуму;
- раціональне проектування об'єкта.

Також небезпечним фактором є підвищена напруга в електромережі, тому що виникає небезпека ураження робітника електричним струмом. Знаючи, що при проходженні через тіло людини, електричний струм здійснює термічну, електротермічну і біологічну дію.

Термічна дія проявляється в опіках окремих частин тіла, нагрів кровеносних судин, нервів і інших тканин.

Біологічна дія проявляється в дратуванні і збудженні живих тканин

організму. Воно супроводжується скороченням м'язів.

Електротермічна дія проявляється в розкладанні крові і інших рідких рідин, що призводить до порушення фізико-хімічного складу.

Основні причини ураження електричним струмом:

- випадкове торкання до струмоведучих частин обладнання;
- поява напруги на металевих конструктивних частинах електрообладнання в результаті пошкодження ізоляції;
- поява напруги на відключених струмоведучих частинах на яких працюють робітники внаслідок помилкового включення обладнання;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання провідника на землю.

Основними заходами захисту від ураження струмом є [36,37]:

- 1) забезпечення недоступності струмоведучих частин, які знаходяться під напругою, від випадкового зіткнення;
- 2) електричне розділення мережі;
- 3) зменшення небезпеки при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електрообладнання, використання заземлення, занулення, захисним відключенням, використання електрозахисних засобів.

5.2 Захист від рухомих частин виробничого устаткування

Основними вимогами щодо охорони праці, при проектуванні машин і механізмів є: безпека для робітника, надійність і зручність експлуатації, ергономіка. Вимоги безпеки визначаються системою стандартів безпеки праці.

Безпечність виробничого обладнання забезпечується вибором принципів його роботи, кінематичних схем, конструктивних рішень (в тому числі форм корпусів, складальних одиниць і деталей) робочих тіл, параметрів робочих органів, використання різних засобів захисту. Останні по можливості повинні вписуватись в конструкцію проектного об'єкту. Засоби захисту повинні бути, як правило, багатофункціонального типу, тобто вирішувати декілька завдань

одночасно[36,37].

Так конструкція машин і механізмів, станин верстатів повинно забезпечувати не тільки огороження небезпечних елементів, а також зниження рівня шуму і вібрації.

При наявності в агрегаті електропривода останній повинен бути виконаний у відповідності з Правилами пристроїв електричних установок.

Надійність машин і механізмів визначається випадковістю порушення нормальної роботи обладнання. Такі порушення можуть бути причиною аварій, а також травм.

При проектуванні і експлуатації технологічного обладнання необхідно передбачити можливість застосування пристроїв, які виключають можливість контакту робітника в робочій зоні.

Огороджувальні засоби захисту - перешкоджають появу робітника в небезпечній зоні. Використовуються для ізоляції систем привода машин і агрегатів, робочих зон.

Конструктивні рішення огороджувальних пристроїв багатоцільові. Вони залежать від виду обладнання, розташування робітника в робочій зоні, специфіка небезпечних і шкідливих факторів. Огороджувальні пристрої поділяються на три групи: стаціонарні, рухомі, і переносні.

Стаціонарні огороження періодично демонтуються для здійснення допоміжних операцій (змащування, проведення контрольних вимірів). Їх виготовляють таким чином, щоб вони пропускали виріб, а не руки робітника через невеликий розмір відповідного технологічного прийому. Таке огороження може бути повним, коли локалізується небезпечна зона разом з машиною, або частковим, коли ізолюється тільки небезпечна зона об'єкту. Прикладами повного огороження є огороження розподільчих пристроїв електрообладнання, вентиляторів, корпуса електродвигунів [36,37].

Рухоме огороження представляє собою пристрій, заблокований з робочими органами механізму. Воно закриває доступ в робочу зону при настанні небезпечного моменту. Решту часу доступ у вказану зону відкритий. Широке

розповсюдження такі огорожувальні пристрої отримали в верстатобудуванні.

Переносні огороження є тимчасовими. Їх використовують при ремонтних, налагоджувальних роботах.

Конструкція і матеріали огорожувальних пристроїв визначаються особливостями даного обладнання і технологічного процесу. Огороження виконують у вигляді зварних або литих кожухів, жорстких суцільних щитів, решіток, сіток на жорсткому каркасі. Розміри очок в сітчастому і решітковому огороженні розраховуються по формулі:

$$a = \frac{b}{(6 + 5c)}, \quad (5.1)$$

де b - відстань від огороження до небезпечної зони, мм.

В якості матеріалу огороження використовують метали, пластмаси, дерево. При необхідності нагляду за роботою об'єкта огорожувальні пристрої виготовляють з прозорих матеріалів.

Щоб витримати навантаження від частин, що відлітають при обробці і при випадкових діях обслуговуючого персоналу, огороження повинні бути достатньо міцними і добре закріпленими.

Блокуючі пристрої - виключають можливість проникнення робітника в небезпечну зону або усувають небезпечний фактор на час перебування робітника в цій зоні. Велике значення цього методу захисту має при огороженні небезпечних зон і там, де роботу можна виконати при знятому або відкритому огороженні. По принципу дії блокуючі пристрої діляться на механічні, електричні, гідравлічні, фотоелектричні, комбіновані.

Механічне блокування представляє собою систему забезпечуючи зв'язок між огороженням і гальмівним і пусковим пристроєм.

Електричне блокування використовують на електроустановках з напругою від 500 Вт і вище, а також на різних видах технологічного обладнання з електроприводом.

5.3 Розрахунок системи захисного заземлення

Захисне заземлення примусове електричне з'єднання з землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, що можуть виявитися під напругою [36, 37].

Призначення захисного заземлення – усунення небезпеки ураження людей електричним струмом з появою напруги на конструктивних частинах електроустаткування, тобто при замиканні на корпус. Принцип дії захисного заземлення – зниження до безпечних значень напруг дотику і кроку, обумовлених замиканням на корпус. Це досягається зменшенням потенціалу заземленого устаткування, а також вирівнюванням потенціалів за рахунок підйому потенціалу підставки, на якій стоїть людина, до потенціалу, близького за значенням до потенціалу заземленого устаткування. На рис.5.1 показані принципові схеми захисного заземлення.

Сфера застосування захисного заземлення - трифазні трипроводні мережі напругою до 1000 В з ізольованою нейтраллю і вище 1000 В з будь-яким режимом нейтралі. Заземлюючим пристроєм називається сукупність заземлювача - металевих провідників, що знаходяться в безпосередньому контакті з землею, і заземлюючих провідників, що з'єднують частини електроустановки з заземлювачем. Розрізняють два типи заземлюючих пристроїв: виносне (або зосереджене) і контурне (або розподілене).

Виносний заземлюючий пристрій, характеризується тим, що його заземлювач винесено за межі площадки, на якій розміщене заземлюване устаткування, або зосереджений на деякій частині цієї площадки.

Контурний заземлюючий пристрій характеризується тим, що його одиночні заземлювачі розміщують по контуру (периметру) площадки, на якій знаходиться заземлюване устаткування або розподіляють по всій площадці по можливості рівномірно.

Безпека при контурному заземлювачі забезпечується вирівнюванням потенціалу на території, що захищається, шляхом відповідного розміщення

одиначних заземлювачів.

Всередині приміщень вирівнювання потенціалу відбувається природним шляхом через металеві конструкції, трубопроводи, кабелі і подібні їм провідні предмети, зв'язані з розгалуженою мережею заземлення.

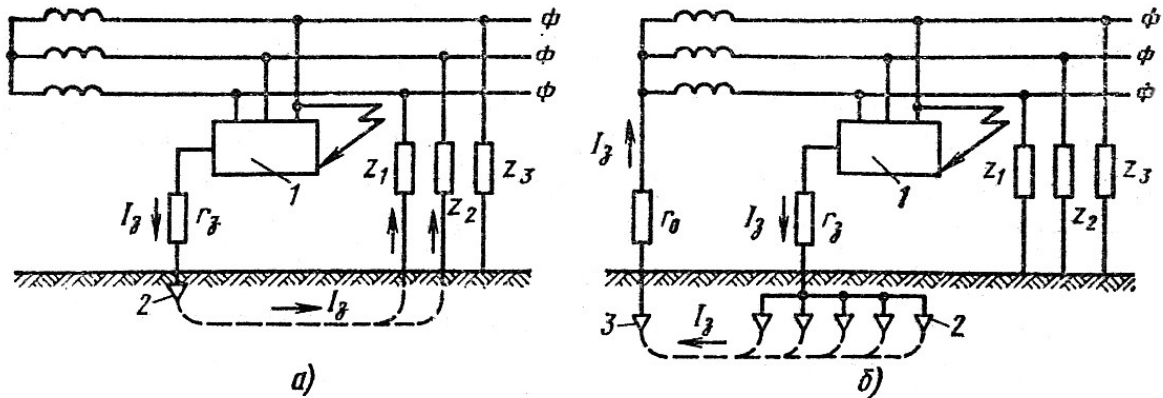


Рисунок 5.1 - Принципові схеми захисного заземлення:

а – в мережі з ізолюваною нейтраллю до 1000 В и вище; б – у мережі з заземленою нейтраллю вище 1000 В; 1 - заземлене устаткування; 2 - заземлювач захисного заземлення; 3 - заземлювач робочого заземлення; r_3 r_0 - опір відповідно захисного і робочого заземлень; I_3 - струм замикання на землю.

Розрізняють заземлювачі штучні, призначені винятково для цілей заземлення, і природні - металеві предмети, що знаходяться в землі, для інших цілей. Для штучних заземлювачів застосовують звичайно вертикальні і горизонтальні електроди. Як вертикальні електроди використовують сталеві труби діаметром 3-5 см і сталеві кутники розміром від 40×40 до 60×60 мм довжиною 2,5 - 3 м. В останні роки знаходять застосування сталеві прутки діаметром 10 - 12 мм і довжиною до 10 м. Для зв'язку вертикальних електродів і в якості самостійного горизонтального електрода використовують смугову сталь перетином не менш 4x12 мм і сталь круглого перетину діаметром не менш 6 мм.

У якості природних заземлювачів можна використовувати: прокладені в землі водопровідні й інші металеві трубопроводи, за винятком трубопроводів горючих рідин, горючих або вибухонебезпечних газів, а також трубопроводів,

покритих ізоляцією для захисту від корозії; металеві конструкції й арматуру залізобетонних конструкцій будинків і споруд, що мають з'єднання з землею; свинцеві оболонки кабелів, прокладені в землі. Природні заземлювачі володіють, як правило, малим опором розтіканню струму, і тому використання їх в цілях заземлення дає велику економію.

5.3.1 Розрахунок захисного заземлення цвяхового автомата

Заземлюючий пристрій призначений для захисного заземлення обладнання, що живиться від електричної мережі напругою 380V виконано у вигляді вертикальних електродів довжиною l , заглиблених у землю і з'єднанні між собою штабою шириною B . Для вертикальних електродів використано сталеві труби діаметром d . Відстань від поверхні землі до верхнього краю електрода t_0 . Відношення відстаней між вертикальними електродами L до довжини l рівне k .

Крім того, відомо вид ґрунту і спосіб розміщення електродів. Необхідно визначити кількість вертикальних електродів необхідних для виконання заземлюючого пристрою, та його загальний опір [38].

Вихідні дані:

- 1) вид ґрунту - суглинок;
- 2) довжина вертикального електрода - $l = 3$ м;
- 3) діаметр вертикального електрода - $d = 0,035$ м;
- 4) відношення довжини електрода до відстані дорівнює $k = 1$;
- 5) відстань від заземленої поверхні до верхнього краю вертикального електрода - $t_0 = 0,55$ м.

Електроди розміщені в ряд. Схема захисного заземлення показана на рис.5.2.

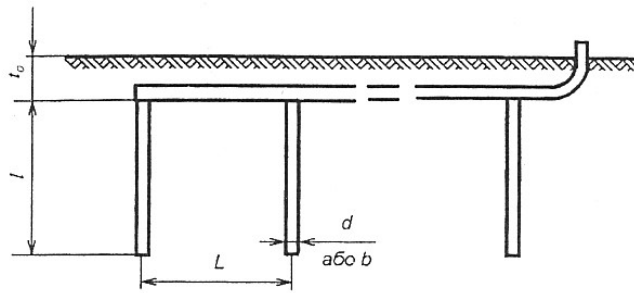


Рисунок 5.2 - Схема захисного заземлення

Визначаємо t - відстань від поверхні землі до середини вертикальних заземлювачів [38]:

$$t = t_0 + \frac{l}{2} = 0,55 + \frac{3}{2} = 2,05 \text{ м} \quad (5.2)$$

Встановлюємо допустиме значення опору розтікання струму заземлюваного пристрою $R_{\text{дон}} = 4 \text{ Ом}$.

Знаходимо опір розтікання струму одного заземлювача, при заданій схемі визначаємо за формулою:

$$R_{\text{e.од.}} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right), \quad (5.3)$$

де ρ - питомий опір розтікання струму, для виду ґрунту суглинок $\rho = 100(\text{Ом/м})$.

$$R_{\text{e.од.}} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \left(\ln \frac{2 \cdot 3}{0,035} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 2,05 + 3}{4 \cdot 2,05 - 3} \right) = 31,3 \text{ Ом.}$$

Розрахуємо в першому наближенні необхідну кількість вертикальних електродів за формулою:

$$n^1_{\text{e}} = \frac{R_{\text{e.од.}}}{R_{\text{дон}}} = \frac{31,3}{4} = 7,8 \text{ шт.} \quad (5.4)$$

Приймаємо в першому наближенні $n^1_{\text{e}} = 8 \text{ шт.}$

Вибираємо кількість вертикальних електродів з врахуванням коефіцієнта використання:

$$n^{11}_{\text{e}} = \frac{R_{\text{e.од.}}}{R_{\text{дон}} \cdot \eta_{\text{e}}}, \quad (5.5)$$

де η_{e} - коефіцієнт використання вертикальних електродів при їх розміщенні в ряд 8 електродів при відношенні відстані між ними і довжиною $k = 1$, $\eta_{\text{e}} = 0,605$.

$$n^{11}_e = \frac{31,4}{4 \cdot 0,605} = 12,9 \text{ шт.}$$

В другому наближенні приймаємо $n^{11}_e = 5$ шт.

Розрахуємо відстань між електродами із співвідношення $k \frac{L}{l}$, звідки:

$$L = k \cdot l = 1 \cdot 3 = 3 \text{ м.} \quad (5.6)$$

Розраховуємо довжину горизонтальної штаби

$$L_{um} = 1,05(n_e - 1) \cdot L \quad (5.7)$$

$$L_{um} = 1,05(5 - 1) \cdot 3 = 12,6 \text{ м}$$

Розраховуємо опір розтікання струму горизонтальної штаби, як одиничного горизонтального заземлювача за формулою:

$$R_{uu} = \frac{\rho}{2\pi \cdot l} \cdot \ln \frac{l^2}{d \cdot t_0} \quad (5.8)$$

$$R_{uu} = \frac{100}{2 \cdot 3,14 \cdot 12,6} \cdot \ln \frac{12,6^2}{0,035 \cdot 0,55} = 11,3 \text{ Ом.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтальної штаби $\eta_{uu} = 0,74$, оскільки кількість електродів 5 розміщених в ряд і відношення довжини і відстані електродів $k = 1$.

Визначаємо опір розтікання струму всього заземлюючого пристрою за формулою:

$$R_{заз} = \frac{R_e \cdot R_{uu}}{R_e \cdot \eta_{uu} + R_{uu} \cdot \eta \cdot \eta_e}, \quad (5.9)$$

$$R_{заз} = \frac{31,3 \cdot 11,3}{31,3 \cdot 0,74 + 11,3 \cdot 5 \cdot 0,49} = 3,8 \text{ Ом.}$$

$$R_{заз} = 3,8 \text{ Ом} < R_{дон} = 4 \text{ Ом.}$$

Умова виконується, значить розрахунки виконано вірно.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Під час роботи над дипломною роботою було проведено удосконалення цвяхового автомата мод. АВ4115А з метою підвищення точності та довговічності роботи. Для цього було проведено аналіз конструкції базового автомата, з метою виявлення його недоліків, та проведено аналітичний на патентний огляд обладнання аналогічного призначення. Визначенні напрямки модернізації автомата.

В конструкторському розділі розглянута детально принцип роботи вузлів дротово-цвяхового автомата. З метою підвищення якості готової продукції запропоновано встановити на верстат механізм для відтискування зубильця. Завдяки цьому механізму поверхня дроту не буде пошкоджуватись, оскільки під час холостого ходу механізму подачі зубильце буде відводитись від поверхні дроту. Даний пристрій розроблено з врахуванням рекомендацій наведених в літературі та виходячи з загальної компоновки автомата і його окремих вузлів. Проведено модернізацію приводних валів автомата. Для цього на правий боковий вал встановлено кулак механізму відтискання зубильця, а також замінені конічні зубчасті шестерні з прямим зубом на конічні шестерні з коловим зубом, які мають більш несучу здатність і забезпечують більш плавну і тиху роботу механізму в цілому. Проведено геометричний розрахунок шестерень, та проведені перевірочні розрахунки на міцність. Для визначення силових параметрів, під час роботи механізму, проведено кінематичний та силовий розрахунок автомата в цілому. Проведено модернізацію механізму подачі. Для цього було замінено підшипниковий вузол, який не відповідав умовам роботи автомата на більш сучасний і надійний сферичний підшипник. Це дозволило підвищити надійність автомата в цілому, спростити його конструкцію та зменшити матеріалоємність.

В технологічному розділі виконано аналіз існуючого технологічного процесу базового заводу, проаналізоване робоче креслення деталі «Фланець», виконано техніко-економічне обґрунтування вибору заготовки і технологічного процесу оброблення, що підтвердило економічність прийнятого варіанту.

Виконані розрахунки припусків на механічну обробку, що забезпечує раціональне використання металу на виготовлення деталі, розраховані режими обробки які забезпечують високу точність і якість обробки. Розраховані режими різання на дві операції. Розроблені комплект документів на маршрутний технологічний процес механічного оброблення деталі і програма для виконання операції на токарному верстаті з ЧПУ 16K20Ф3.

В дослідницькому розділі дипломного проекту проведено аналіз сучасних методів підвищення зносостійкості, а саме метод комбінованої обробки, що включає лазерне легування поверхні з наступним її азотуванням. Цей метод лазерної хіміко-термічної обробки дозволяє підвищувати зносостійкість низьковуглецевих сталей до рівня легованих сталей, що піддають азотуванню з метою підвищення їх зносостійкості. Запропоновано використовувати даний метод обробки для підвищення зносостійкості деталей дротово-цвяхового автомата, що працюють в умовах тертя.

В розділі з охорони праці приведено аналіз небезпек і шкідливих виробничих факторів, що виникають під час роботи дротово-цвяхового автомата. Запропоновано методи захисту від рухомих частин працюючого обладнання. Проведено розрахунки захисного заземлення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кваліфікаційна робота: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності 131 «Прикладна механіка» / А. І. Гордєєв В. П. Ткачук, В. В. Милько, О. В. Романішина. – Хмельницький: ХНУ, 2023. – 40 с.
2. Кузнечно-прессовое оборудование для изготовления изделий из проволоки: Курс лекций / С.А. Василишин. – Хмельницький: ТУП, 2000 – 260 с.
3. Василишин С. А. Устаткування для виготовлення виробів з дроту: Монографія / С. А. Василишин. - Хмельницький.: ТУП, 2001. - 225 с.
4. Холодная объемная штамповка. Справочник под ред. Навроцкого Г.А. - М.: Машиностроение, 1973. - 498 с.
5. Ковка и штамповка: Справочник. В 4-х томах. Под ред. Е.И. Семенова. – М.: Машиностроение, 1987 – т.3. Холодная объемная штамповка / Под ред. Г.А. Навроцкого, 1987. - 384 с.
6. А.с. №961831, SU. Автомат для изготовления гвоздей
7. А.с. №1121085, SU. Гвоздильный автомат.
8. Патент № 4970, UA. Механізм затиску цвяхового автомату.
9. Патент № 4984, UA. Механізм затиску дроту цвяхового автомату.
10. Патент №5470 UA. Цвяховий автомат.
11. Патент № 31439, UA. Дрото-цвяховий автомат.
12. Патент №37297, UA. Дрото-цвяховий автомат.
13. Патент №53571, UA. Цвяховий автомат.
14. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике. Справочное пособие. В 7-ми томах. – М.: «Наука», 1979.
15. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навч. посібник / А. В. Гайдамака ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". – Харків : Планета – Принт, 2020. – 275 с.
16. Мінняйло А.В., Тіщенко Л.М. Деталі машин: Підручник. – Київ: Агроосвіта, 2013. – 448 с.
17. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища шк. , 2013.- 556 с.

18. Прикладна механіка та основи конструювання: навч. посібник / Костюк В. С., Валиулін Г. Р., Костюк Є.В. – К.: Видавничий дім "Кондор", 2018. – 226 с
19. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2-е вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФО-П Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
20. Березовский Ю.Н. и др. Детали машин: Учебник для машиностроительных техникумов. Под ред. Н.А. Бородина. – М.: Машиностроение, 1983. – 384 с.
21. Булгаков В.М, Черниш О.М., Адамчук В.В., Березовий М.Г., Яременко В.В. Теорія механізмів і машин. Підручник. К.: Видавництво КОМПРИНТ, 2015.– 547 с.
22. Прикладна механіка / [Булгаков В.М, Адамчук В.В., Черниш О.М., Березовий М.Г., Калетнік Г.М., Яременко В.В. – К.: Центр учбової літератури, 2020.– 906 с.
23. Григурко І. О. та ін. Технологія машинобудування. Дипломне проектування: Навч. посібник для ВНЗ / Григурко І.О., Брендуля М.Ф., Доценко С.М. – Львів: Новий Світ – 2008.– 767 с.
24. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А., Курсовое проектирование по технологии машиностроения, Минск, Высшая школа, 1983, - 256 с.
25. Справочник технолога-машиностроения. В 2-ох т., Т1. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985. - 656с.
26. Справочник технолога-машиностроения. В 2-ох т., Т2. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова.-М.: Машиностроение, 1985. - 654с.
27. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник / Юрчишин І.І. та ін. Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. - 528 с.
28. Ревнівцев М.П. Режимы різання на металообробних верстатах у машинобудуванні: Навч. посіб. / М.П.Ревнівцев, Н.П. Паршина. – К.: Видавництво А.С.К., 2006. – 416 с.
29. Мазур М.П. Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І.Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосьолов, Ф.Я. Якубов; під заг. ред. М.П. Мазура. – 3-е вид.

перероб. і доп. – Львів : Новий світ-2000, 2018. – 471 с.

30. Проектування і виробництво заготовок / підручник. – К.: НТУУ «КПІ», 2014. – 353 с.

31. Коган Я.Д., Чудина О.В. Комбинированное упрочнение мало- и среднеуглеродистых сталей//Лазерная технология: Сборник. Вильнюс, 1987. С.49.

32. Лахтин Ю.М., Чудина О.В., Крапошин В.С. Комплексная лазерная Химико-термическая обработка малоуглеродистых сталей // Методы повышения конструктивной прочности металлических материалов: Материалы семинара. М.: МДНТП, 1988. С. 116 – 117.

33. Чудина О.В. Особенности формирования упрочненного слоя при лазерном легировании стали с последующим азотированием // Повышение надежности и долговечности материалов и деталей машин на основе новых методов термической и химико-термической обработки: Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции (г.Хмельницкий), 1988. С.132-133.

34. Лахтин Ю.М., Коган Я.Д., Чудина О.В. Математическая модель диффузионного насыщения азотом гетерофазной матрицы, полученной лазерным легированием // Современное оборудование и технология термической обработки металлических материалов. Материалы семинара. М.: МДНТП, 1989. С.146-150.

35. Чудина О.В. Комбинированное поверхностное упрочнение стали (лазерное легирование + азотирование) // Metallovedenie i termicheskaya obrabotka metallov. № 3, 1994. С. 2-5.

36. Охорона праці в галузі машинобудування Пістун І.П., Стець Р.Є., Трунова І.О. / навчальний посібник (стереотипне видання) / Університетська книга, 2023 – 556 с.

37. Охорона праці в галузі машинобудування : навчальний посібник / І. П. Пістун, Р. Є. Стець, І. О. Трунова. - Суми : Університетська книга, 2023. – 556 с.

38. Жидецький В.Ц. Практикум із охорони праці / В.Ц. Жидецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін. // Л.: Афіша, 2000. – 348 с.