

Хмельницький національний університет
Факультет: Інженерії, транспорту та архітектури
Кафедра: Технології машинобудування

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти магістра

Проектування конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих

ПЛИТ
Назва теми

Рівень вищої освіти: другий (магістр)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

Шифр і назва галузі знань

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

Шифр і назва спеціальності

Спеціалізація: Технології машинобудування

Назва

Освітня програма: Технології машинобудування

Назва

Шифр 23484

Виконав студент 2 курсу група ПМТм-23-1

Шифр

Підпис

Ростислав
ЙОЛТУХІВСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник к.т.н., доцент
Науковий ступінь, звання

Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер _____

Підпис

Сергій БИСЬ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:
Завідувач кафедри технології
машинобудування _____
Назва

Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Дата

Хмельницький 2024

Галузь знань 13 Механічна інженерія

Шифр і назва

Спеціальність 131 Прикладна механіка

Шифр і назва

Освітня програма Технології машинобудування

Спеціалізація Технології машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технології машинобудування

1 . 09 . 2024 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Йолтухівському Р. В.

Тема роботи: **Проектування конструкції верстата лазерного розкрою
деревоволокнистих плит**

керівник проекту (роботи) Ткачук В.П. к.т.н., доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 10.09.2024 року № 1

2 Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру 10.12.2024 р

3 Вихідні дані до проекту (роботи): Обзор літературних джерел. Креслення деталі.

4 Зміст пояснювальної записки: Вступ. Загальний розділ. Технологічний розділ. Конструкторський розділ. Дослідницький розділ. Охорона праці. Висновки.

5 Перелік графічного матеріалу: 1 Загальний лист – 1 лист А1; 2.Кресленник верстату – 1 лист А1; 3. Кресленник везлів верстату – 2 лист А1; 4. Кресленник заготовки – 1 лист А2; 5. Кресленник деталі – 1 лист А2; 3. 6. Карта наладки верстата з ЧПК – 1 лист А1; 7. Верстатний пристрій - 1 лист А1; 6. Контрольний пристрій – 1 лист.

6 Дата видачі завдання 10.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
Розділ I	30.09.2024	
Розділ II	20.10.2024	
Розділ III	30.11.2024	
Розділ IV	15.12.2024	

Студент

Ростислав Йолтухівський
Підпис

Ростислав ЙОЛТУХІВСЬКИЙ
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник проекту (роботи)

Віталій Ткачук
Підпис

Віталій ТКАЧУК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Завідувачу кафедри
Технології машинобудування
Ткачуку В.П.
здобувача вищої освіти
студента Йолтухівського Р. В.
факультету інженерії, транспорту та
архітектури, гр. ПМТм-23-1

ЗАЯВА

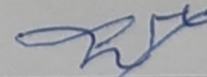
З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2024), згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений. Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на плагіат оповіщений 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 (Strike Plagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

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

25.11.24

дата



підпис

РЕЦЕНЗІЯ

на дипломну магістерську роботу Йолтухівського Р. В. «Проектування конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит»

Тема дипломної магістерської роботи Йолтухівського Р. В. є інженерно цікавою і актуальною для сучасного виробництва. Робота скерована на розроблення конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит.

Автором в роботі вирішені наступні задачі: запропоновано нову конструкцію верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит, запропоновано технологічний процес виготовлення деталі Кронштейн, спроектовано свердлувальний верстатний пристрій, та контрольний пристрій для забезпечення операції контролю відповідальної поверхні деталі.

Графічна частина виконана на високому рівні із застосуванням програмного продукту SolidWorks. Креслення та пояснювальна записка відповідають вимогам ДСТУ.

У розділі охорони праці наведено загальні вимоги безпеки при роботі на лазерних установках. Проведено розрахунок заземлюючого пристрою верстата.

Виходячи з результатів, які містяться в дипломній магістерській роботі та виконанні її на високому технічному рівні, робота рекомендується до захисту та заслуговує оцінки добре, а здобувач Йолтухівський Р. В. заслуговує присудження ступеня магістра за спеціальністю 131 - Прикладна механіка.

Професор кафедри «Трибології
автомобілів та матеріалознавства»

Хмельницького національного

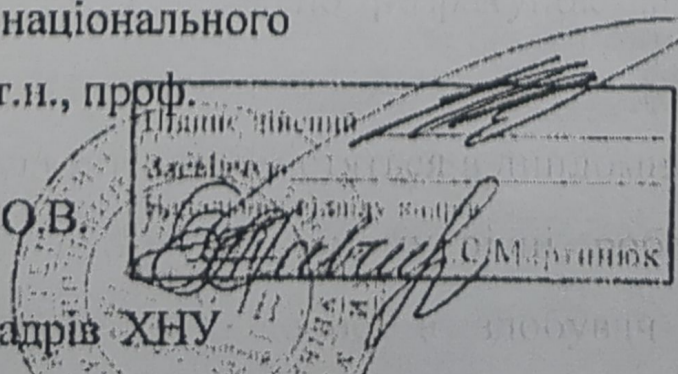
університету д.т.н., проф.

Підпис Дихи О.В.

Засвідчую

Начальник відділу кадрів ХНУ

Диха О.В.



ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатами звіту/звітів подібності щодо роботи, продукованими програмно-технічним засобом (ами) перевірки текстів на плагіат:

Назва кваліфікаційної роботи Проектування конструкції верстака з горизонтальною розкладкою деревноволокнистого листа
 Автор Сологубівський Р.В.

Освітня програма Технологія машинобудування
 Спеціальність: 131 Підприємство меблів

Науковий керівник: Джогуч В.П.
 Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом (далі – зазначаються підстави віднесення запозичень до правомірних, якщо потрібно). Робота приймається до захисту.	+
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи (далі – зазначаються детальні та аргументовані підстави віднесення запозичень до правомірних). Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована.	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота може бути допущена до захисту після того як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження: рівень унікальності тексту
високий

Дата

Завідувач кафедри [Підпис] Віталій ТКАЧУК
 Підпис Ім'я, прізвище

Гарант освітньої програми [Підпис] Віталій ТКАЧУК
 Підпис Ім'я, прізвище

Керівник кваліфікаційної роботи [Підпис] Віталій ТКАЧУК
 Підпис Ім'я, прізвище

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ГОЛОВІ ЕКЗАМЕНАЦІЙНОЇ КОМІСІЇ

Направляється студент Йолтухівський Ростислав Володимирович на захист дипломного проекту (роботи)
(прізвище, ім'я, по батькові)

за спеціальністю 131 - Прикладна механіка

На тему: Проектування конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит

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

Декан факультету _____

(підпис)

ВІКТОР
АЛЕКСАНДРЕНКО
(ім'я, прізвище)

ДОВІДКА УСПІШНОСТІ

Йолтухівський Р. В. 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 36,36 %, В 18,18 %, С 27,27 %, D 18,18 %, Е 0,00 %.

Методист факультету _____

(підпис)

(ім'я, прізвище)

ВИСНОВОК КЕРІВНИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ) ТА ОБГРУНТУВАННЯ ОЦІНКИ

Студент Ростислав Йолтухівський вчасно приступив до виконання магістерської роботи та систематично урочював на її виконання. Проявив глибокі знання у галузі машинобудування зокрема конструювання та проектування технологічних процесів. Загальна робота виконана згідно із завданням та заслуговує оцінки "Відмінно".

Оцінка дипломного проекту (роботи) _____

Керівник дипломного проекту _____

(підпис)

Віталія ТКАЧУК
(ім'я, прізвище)

" 25 " 11 2023 р.

ВИСНОВОК КАФЕДРИ ПРО ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ (РОБОТУ)

Дипломний проект (роботу) розглянуто. Студент Йолтухівський Р. В. допускається до захисту цього проекту (роботи) в екзаменаційній комісії.

Завідувач кафедри _____

(назва)

технологій машинобудування

(підпис, ім'я, прізвище)

В. Ткачук

" 25 " жовтня 2023 р.

Анотація 3

**Проектування конструкції верстата лазерного розкрою
деревоволокнистих плит**

Автор Ростислав ЙОЛТУХІВСЬКИЙ

Керівник проекту: Віталій ТКАЧУК

Об'єм пояснювальної записки 73 стор. Графічна частина 7,5 листів А1.

Спеціальність: 131 Прикладна механіка.

Актуальність роботи Розроблення конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит є актуальною технічною задачею.

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу розкрою деревоволокнистих плит лазерним розкроєм.

Предмет дослідження – технологічний процес розкрою деревоволокнистих плит.

Об'єкт дослідження – конструкція верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит.

Методи дослідження. Використання аналітичних методів побудови та дослідження у SolidWorks.

Наукова новизна одержаних результатів.

Удосконалено технологічний процес лазерного розкрою деревоволокнистих плит за допомогою нової конструкції верстата.

Практичне значення

1. Розроблено нову конструкцію верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит.

Ключові слова: верстат лазерного розкрою деревоволокнистих плит, проектування, програмний продукт.

Автор проекту:

Ростислав ЙОЛТУХІВСЬКИЙ

2024 р.

/Підпис/

/Дата/

Designing the structure of a machine for laser cutting of wood fiber boards

The author is Rostyslav YOLTUHIVSKY

Project manager: Vitaly TKACHUK

The volume of the explanatory note is 73 pages. Graphic part of 7,5 A1 sheets.

Specialty: 131 Applied Mechanics.

The relevance of the work The development of the structure of the machine for laser cutting of wood fiber boards is an urgent technical task.

The purpose of the work is to improve the technological process of cutting fiberboards.

The subject of research is the technological process of cutting fiberboard.

The object of the research is the design of a laser cutting machine for wood fiber boards.

Research methods. Use of analytical research methods in SolidWorks.

Scientific novelty of the obtained results.

The technological process of laser cutting of fiberboards has been improved with the help of a new design of the machine.

Practical significance

1. A new design of a machine for laser cutting of fiberboards has been developed.

Key words: laser cutting machine for fiberboards, design, software product.

Author of the project:

Rostyslav YOLTUHIVSKY

/Signature/

/Date/2024

<i>№ рядка</i>	<i>Формат</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кількість</i>	<i>Примітка</i>
1			Документація загальна		
2					
3					
4	A4	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.00.00 ПЗ	Розрахунково-пояснювальна записка	73	
5	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.01.00.00.СК	Кресленик верстату	1	
6	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.02.00.00.СК	Креслентк вузлів верстату	1	
7	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.03.02.00.00	Кресленик заготовки	1	
8	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.03.01.00.00	Кресленик деталі	1	
9	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.03.00.00.СК	Пристрій для зняття фасок	1	
10	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.04.00.00	Карта наладки	1	
11	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.01.01.00.00	Загальний лист	1	
12	A2	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.02.04.00.00.СК	Контрольний пристрій	1	
13	A1	ДРМ.ПМ.ФІТА.24.01.02.00.00	Аналіз конструкцій верстатів	1	
14					
15					

					ДРМ. ПМ.ФІТА.24.00.00ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата			
Розробив.		Йолтухівський			Літера	Аркуш	Аркушів
Перевірив		Ткачук					
Н. Контр.		Бись			Відомість роботи		
Затвердив		Ткачук					

ЗМІСТ

арк.

Зміст	6
Вступ	8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ЛАЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ РОЗКРОЮ ТА ГРАВІЮВАННЯ.....	10
1.1 Призначення машини для лазерного гравірування.....	10
1.2 Технологічні можливості лазерних гравірувальних верстатів.....	13
1.3 Мета роботи	20
1.4 Висновки до розділу 1 та задачі досліджень.....	20
РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ.....	21
2.1 Призначення верстата	21
2.2 Структурна схема верстата та технічна характеристика.....	21
2.3 Розроблення конструкції та зборка базового вузла.....	23
2.4 Розроблення конструкції та зборка моторного вузла	25
2.5 Система керування рухом.....	29
2.6 Розроблення конструкції та зборка лазерного вузла.....	30
2.7 Опис системи ЧПК верстата	33
2.8 Проектування верстатного пристрою для зняття фасок на фрезерному верстаті з ЧПК VF-1.....	37
2.8.1 Вибір установчих елементів, схеми базування та способу закріплення деталі в пристрої.....	37
2.8.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою.....	38
2.8.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність.....	40
2.8.4 Розрахунок пристрою на точність.....	41
2.8.5 Розробка технічних умов на пристрій, компонування та опис його роботи.....	42
2.9 Проектування контрольного пристрою	43
2.10 Висновки до розділу 2.....	42

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ	44
3.1 Технологія виготовлення креслення деталі.....	44
3.2 Аналіз технологічних вимог на деталь	45
3.3. Характеристика матеріалу деталі	46
3.4 Вибір способу отримання заготовки.....	47
3.5 Вибір обладнання та інструменту	48
3.6 Пректування маршруту порізки і написання g-коду.....	51
3.7 Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн».....	53
3.8 Розрахунок режимів різання.....	54
3.9 Технічне нормування операції.....	57
3.10 Висновки до розділу 3.....	60
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	61
4.1 Загальні вимоги безпеки при роботі на лазерних установках.....	61
4.2 Розрахунок заземлення верстата.....	63
4.3 Висновки до розділу 4.....	69
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71
ДОДАТКИ.....	73

ВСТУП

Верстатобудування є однією з основних галузей машинобудування, технічні умови якого визначають рівень розвитку економіки країни в цілому. Постачаємо обладнання на всі підприємства машинобудівного комплексу. Багато моделей машин виробляють сотні компаній по всьому світу. За останні роки значно зросло виробництво верстатів у Японії, Німеччині, Китаї, Італії, Південній Кореї. Посилення конкуренції на світовому ринку металорізальних верстатів змушує компанії впроваджувати інновації та адаптуватися до новітніх технологій відповідно до мінливих стандартів.

Високотехнологічні галузі покладаються на верстати з ЧПК, оскільки вони вимагають високої точності та високоякісної продукції.

«Різання є однією із найчастіше застосовуваних технологічних операцій із використанням лазерів – на його частку припадає близько 30...35 % всіх промислових застосувань лазерів. Лазерне різання є практично у всіх галузях промисловості: від авіакосмічного, судно- та автомобілебудування до високоточного приладобудування та медицини.

Воно однаково успішно використовується як для різання габаритних виробів (деталей кузовів, будівельних конструкцій, вузлів літальних апаратів тощо), так і для виготовлення мініатюрних виробів з високою точністю (фільтри, прокладки, медичні імпланти тощо)» [1, 2].

«Порівняно з традиційними методами лазерне різання як металевих, так і неметалевих матеріалів має ряд істотних переваг. В першу чергу це велике різноманіття оброблюваних виробів; можливість отримання тонких розрізів завдяки гострому фокусуванню лазерного променя; мала зона термічного впливу випромінювання; мінімальний механічний вплив на матеріал; хімічна чистота процесу різання; висока продуктивність методу. Унікальні фізичні властивості лазерного випромінювання – висока монохроматичність і когерентність, низька розбіжність випромінювання і його високі питомі енергетичні характеристики дозволили створити перспективний вид висококонцентрованого джерела енергії, який знайшов широке застосування в

різних галузях науки і техніки, промисловості і, зокрема, в машинобудуванні і приладобудуванні»[2].

«Лазерні технології останнім часом знаходять все більш широке застосування в промисловості, тому що розвиток сучасного виробництва зумовлює все зростаюче впровадження наукомістких технологій. Використання лазерної обробки матеріалів дозволяє забезпечити високу якість одержуваних виробів, задану продуктивність процесів, екологічну чистоту, а також економію людських і матеріальних ресурсів. В результаті використання лазерного променя для обробки матеріалів з'являється можливість внесення докорінних змін у технологію виготовлення виробів» [2].

Ділянка, що нагрівається, може бути при цьому розм'якшеною, рекристалізованою, розплавленою, нарешті, її можна випаровувати. Дозуючи теплові навантаження шляхом регулювання потужності і тривалості лазерного опромінення, можна забезпечити практично будь-який температурний режим і реалізувати різні види обробки. Лазерний нагрів використовується для поверхневого гартування і легування металів, для плавлення при зварюванні, для плавлення і випаровування з викидом парів при різанні і свердлінні.

Автоматизація процесів, підвищення продуктивності виробництва та зниження загальних витрат, розширення верстатів сучасним обладнанням, розробка високоякісних інструментів і підвищення довговічності та якості машин є ключовими пріоритетами сучасної промисловості. Це тенденція, що розвивається. Ці тенденції сприяють зростанню попиту на сучасне металообробне обладнання з використанням систем ЧПК.

Високотехнологічні галузі покладаються на верстати з ЧПК, оскільки вони вимагають високої точності та високоякісної продукції.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ СУЧАСНИХ ЛАЗЕРНИХ ВЕРСТАТІВ ДЛЯ РОЗКРОЮ ТА ГРАВІЮВАННЯ

1.1 Призначення машини для лазерного гравірування

Надійні та універсальні машини для лазерного гравірування можуть задовольнити різноманітні виробничі потреби [4-8, 11-13].

Його активно використовують рекламні компанії, виробники сувенірів, дизайнери, компанії, що займаються упаковкою, штемпельно-наклейковою продукцією.

Можливості використання лазера залежить від потужності випромінювача та розмірів робочої поверхні.

Обробка поверхні вимагає меншої потужності лазера, ніж різання.

Існують портативні верстати для біжутерії та рукоділля, для розкрою габаритних виробів, для обробки тканин і листових матеріалів, від великих моделей до величезних розкрійних комплексів.

Виробництво зовнішньої та внутрішньої реклами, меблів, поліграфія, сувенірні магазини, підприємства легкої промисловості та багато інших галузей не обходяться без потужних і точних лазерних гравірувальних машин.

Безконтактний спосіб нанесення зображення підходить для обробки як чутливих, так і високоміцних твердих поверхонь.

Лазери дозволяють легко відображати текст, зображення та фотографії на бланках.

Лазерні гравірувальні машини також підходять для наскрізного різання, різання форми, свердління та обробки отворів складної форми.

Лазери можуть різати майже будь-які неметалічні матеріали, але їх продуктивність обмежена лише товщиною заготовки.

Ідеальний інструмент для різання м'яких, пористих, крихких і тонких матеріалів, таких як текстиль, паперові вироби та піна.

Лазерний гравірувальний верстат - це пристрій, який значно покращує та уможлиблює процес нанесення зображень на поверхню виробів.

Цей спосіб декорування та ідентифікації речовин використовувався з давніх часів.

Таким чином, під час використання пристрою все ще можуть виникати критичні та некритичні помилки.

Справжнім прогресом у роботі лазерних гравірувальних машин стала поява фрезерного обладнання, яке керується системами числового програмного керування.

Маленькі настільні машини взяли на себе все робоче навантаження та виконували роботу набагато швидше та ефективніше.

Фрезерні верстати з ЧПК не тільки швидко працюють, але й роблять ідеально однакові гравірування за траєкторією, заданою в програмі, що мінімізує кількість помилок і неточностей і робить виробництво виробів більш плавним, тепер це можливо.

Фрезерний верстат з ЧПК виробляє якісну роботу, але поступається лазерним за рівнем деталізації і швидкості нанесення.

Однак у таких пристроїв все ж є недоліки, які не заважають їм зберігати попит.

По-перше, яким би тонким і гострим не був різець, він не зможе ідеально відтворити всі нюанси і контури складного зображення.

Похибка в роботі фрезерного гравера становить близько 0,5 мм, тому з його допомогою неможливо відтворити мініатюрні картини або дрібні написи.

Лазерний гравірувальний верстат хоч і є пристроєм з програмним управлінням, але все ж відноситься до розряду нової техніки і буде більш-менш масово використовуватися буквально через 5-10 років.

Вихід на ринок таких пристроїв, як 3D-принтери, токарно-фрезерні обробні центри, лазерні гравірувальні машини та системи обробки з числовим програмним керуванням, значно знизив вартість розробки прототипів і виведення на ринок окремих простих апаратних проектів.

Використання систем ЧПК підвищує ефективність лазерних гравірувальних машин, дозволяючи їм використовувати прості алгоритми для вибору та/або редагування об'єктів, яким це потрібно.

Це допомагає скоротити час обробки.

Використання лазерних вимірювальних систем широко поширене і дозволяє інженерам отримувати точну кількісну інформацію про геометричні розміри, форму та положення контрольованих об'єктів.

Особливо у роботі використовується TL-лазер, який дозволяє безконтактно вимірювати довжину та діаметр інструменту, індивідуальну геометрію зуба та знос під час обертання з номінальною швидкістю у двох координатах ($\pm X$, $+Z$). Це досягається за допомогою лазерного пристрою на основі кіберінтегрованої інформаційно-вимірювальної системи, яка активно контролює виробництво штампованих деталей.

В основі запропонованого рішення лежить використання оптичних методів вимірювання та автоматичного контролю налагодження обробки деталей. Відмінністю є використання активних лазерних каналів пристрою.

Експериментально встановлено, що використання волоконних лазерів з різною шириною імпульсу видаляє шар фарби з поверхонь літака.

Змінюючи потужність лазера, можна досягти різного ступеня очищення для різної кількості шарів фарби. Діаметр лазерного променя настільки малий, що щілини, створені між частинами або отвори, часто не ширші за людську волосину. Це лише початок великого списку переваг лазерної технології.

Однією з переваг є відсутність недоліків.

Якщо трохи перебільшити, то єдиним недоліком є те, що вартість такого пристрою все одно не дуже бюджетна. Але навіть у домашніх майстернях маленькі лазерні верстати вже не новина.

Якість лазерного гравіювання настільки бездоганна, що її також використовують для створення штампів і наклейок.

Хоча лазерні гравірувальні машини можна використовувати універсально, вони призначені для вузькоспеціалізованих завдань.

Лазерна версія цього інструменту не контактує безпосередньо з деталлю, а спалює матеріал променем високої енергії. Цей інструмент виконує наступні функції: гравірування на камені, дереві, металі і навіть склі.

Наприклад, подібна робота виконується у виробництві сувенірів. Видалення покриття, включаючи шліфування фарби та шліфування дрібних предметів і важкодоступних місць за допомогою насадок, таких як повстяні диски, наждачний папір і контактні кільця.

Виконує тонке та точне різання деревини та металу.

Цей інструмент широко використовується серед ювелірів, оскільки дозволяє точно обробляти матеріали.

Лазерний гравірувальний верстат особливо використовується для маркування металевих частин, наклейок, штампів, банальних знаків тощо.

1.2 Технологічні можливості лазерних гравірувальних верстатів

Технологічні можливості залежать від типу лазерного верстата. На сьогоднішній день виділяють такі основні типи, як: світлодіодні, волоконні та газові.

«Лазерне різання деревноволокнистої плити забезпечує високу точність обробки. Промінь лазера розрізає заготовлю і оплавляє краї. хвилини. Високоточне лазерне різання ДВП застосовується при необхідності виготовити:

- заготовлі для виробництва сувенірної продукції;
- предмети побутового призначення;
- аксесуари для оздоблення інтер'єру;
- ажурні ґрати;

та інші вироби.

Абревіатура МДФ з англійської означає Medium Density Fibreboard - дрібно-дисперсійна фракція середньої щільності. По суті, це плита з дуже дрібної тирси і досить чистий екологічний продукт.

Фрезерування МДФ і ДСП схожі через схожу структуру матеріалів, але різниця все ж таки є. у будинках, де вологість підвищена (до 80%), межею для звичайних дерев'яні вироби завжди є показник 60%.

Лазерне різання МДФ і ДСП і фрезерування проводяться за допомогою ЧПУ, але в їх основі абсолютно різні інструменти. залежно від матеріалу, що необхідно різати: кульові, конусні, профільні, кінцеві.

Перевага лазерного різання в тому, що кількість відходів мінімізована, при фрезерному свердлінні - залишається тирса, але це не несе великої шкоди об'єму готових виробів. листові матеріали, вона не чинить тиску на матеріал, тому сировину не фіксують на верстаті (крім шкіри та тканини).

Як правило, більш щільна, ніж фанера, деревоволокниста плита середньої щільності (МДФ, дрібнодисперсна фракція) являє собою конструкційний продукт з деревини, що отримується шляхом подрібнення залишків твердої або м'якої деревини на деревні волокна, комбінування їх з воском і формування панелей шляхом застосування високої температури тиску. Подібно до фанери, при лазерному різанні. Деревноволокнистих плит середньої щільності (МДФ) можна зробити що завгодно.

Потужний та точний лазерний промінь випаровує деревину, в результаті чого виходять чисті та гладкі краї, що вимагають мінімальної подальшої обробки.

Лазерне різання зводить до мінімуму відходи матеріалу за рахунок оптимізації схеми розрізів, що робить її більш екологічною.

Лазерне різання ідеально підходить для швидкого прототипування та тестування конструкцій перед переходом до масового чи індивідуального виробництва.

Лазерне різання МДФ - безконтактний процес, що виключає необхідність заміни або заточування інструменту» [4-6].



Рисунок 1.1 – Світлодіодний лазер

Світлодіодні LED голови найменші, найслабші, найдешевші та найпростіші у використанні. Їх застосування обмежується гравіюванням, чи порізкою картону. Це гарне рішення для домашніх міні майстерень, чи ознайомлення в навчальних цілях.

Газові CO₂ лазери. Вуглекислотний лазер — лазер на вуглекислому газі (CO₂ лазер), один з перших типів газових лазерів. Винайдений в 1964 році.

Вуглекислотний лазер — один з найпотужніших лазерів з безперервним випромінюванням на початок XXI століття. ККД лазера може досягати 20%.

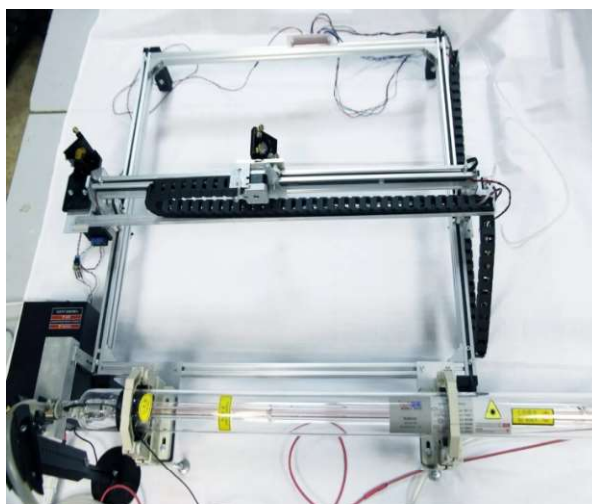


Рисунок 1.2 – Настільний газовий лазерний верстат

На рисунку 1.2 показано лазерний верстат CO₂ відкритого типу, видно блок розпалу, систему керування, лазерну трубу та систему дзеркал із соплом.

Використовуються для гравіювання (в тому числі гуми і пластиків), різання (органічного скла, фанери і металів), зварювання металів (в тому числі металів з дуже високою теплопровідністю, таких як алюміній і латунь), в медицині [6-7].

Вуглекислотні лазери випромінюють в інфрачервоному діапазоні з довжиною хвилі від 9,4 до 10,6 мкм.

Лазер складається з герметичної трубки з вуглекислим газом як робочим тілом і оптичного резонатора. Накачування енергії проводиться за допомогою електричних розрядів в газі. Під дією струму атоми газу переходять в збуджений стан з наступним випромінюванням фотона.

Оптичний резонатор, виконаний з двох дзеркал на торцях трубки, визначає напрямок випромінювання. Частина потоку фотонів відбирається з лазера через одне з дзеркал, зроблене напівпрозорим, і формує корисне випромінювання, інша частина відбивається всередину лазера та сприяє випромінюванню.

Активним середовищем вуглекислотних лазерів є газоподібна суміш вуглекислого газу (CO₂), азоту (N₂), гелію (He). Іноді в суміш також додається водень (H₂) або ксенон (Xe). Домішки необхідні для зниження потенціалу запалювання газу в лазері, забезпечення так званого ефекту Пеннінга. Співвідношення концентрацій газів в суміші залежить від його конкретної реалізації. Концентрації CO₂ і N₂ в суміші звичайно становлять 5-20%.

Вуглекислотні лазери невеликої (десятки Вт) є предметом конструювання аматорів. Для такого лазера потрібне активне водне охолодження, що робить його більш громістким.

Зразки різання та гравіювання на CO₂ лазерах потужністю

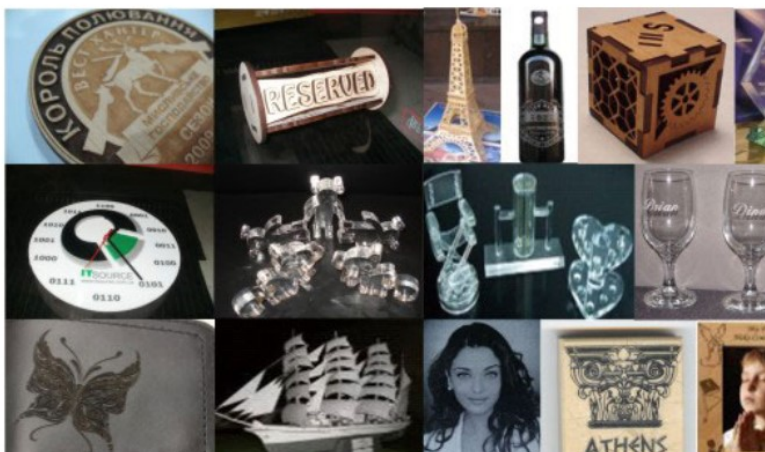


Рисунок 1.3 – Зразки різання та гравіювання на CO₂ лазерах потужністю до 150 Вт

Волоконні лазери — це особливий тип лазера, у якому передача променя та лазерна порожнина об'єднані в єдину систему всередині оптичного волокна, а промінь генерується всередині волокна, на відміну від традиційних лазерів, де промінь генерується зовні та спрямовується всередину.



Рисунок 1.4 – Волоконний лазерний верстат

Волоконна лазерна технологія, особлива категорія твердотільних лазерів, пропонує багато переваг перед іншими лазерними технологіями. Конструкція волоконного лазера монолітна.

Виробляє високоякісний промінь в одному режимі.

Волоконний лазер складається з: інжекторний насос; зовнішня оболонка; внутрішня оболонка; серцевина зі сплаву. Сердечники волокна використовуються для направлення лазерного світла певної довжини хвилі через волокно.



Рисунок 1.5 – Волоконний лазер ріже сталь

Дуже високе посилення виникає, коли лазерне світло зазнає тривалого періоду взаємодії.

Для подальшого покращення продуктивності вхідний сигнал накачування лазера має бути сильнішим, що вимагає використання більшої кількості напівпровідникових лазерів як джерела світла.

Зразки маркування:



Рисунок 1.6 – Зразки маркування волоконним лазерним верстатом

Зразки:



Рисунок 1.7 – Зразки різки волоконним лазерним верстатом

Волоконні лазери мають ряд переваг.

У порівнянні з іншими типами лазерів він характеризується високою продуктивністю, надійністю та стабільністю.

Волоконний лазер забезпечує високу якість променя.

Він також компактний, портативний і відносно простий у використанні.

Має високу оптичну та електричну ефективність.

Пов'язана загальна вартість володіння значно нижча, а система набагато менш чутлива до суворих умов навколишнього середовища та змін. Користувачі можуть вибрати довжину хвилі та точно контролювати промінь волоконного лазера.

Недоліком використання волоконних лазерів є небажані нелінійні оптичні ефекти при високих енергіях імпульсу. Якщо матеріал товстий або волокнистий, швидкість різання також буде меншою.

Волоконні лазери широко використовуються в багатьох галузях промисловості, таких як автомобілебудування, медицина, електроніка та виробництво, а також у багатьох сферах застосування, таких як свердління, зварювання, різання та маркування.

1.3 Мета роботи

Мета роботи полягає у вдосконаленні технологічного процесу розкрою деревоволокнистих плит з розробкою конструкції верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит у програмному продукті SolidWorks, а також розроблення технологічного процесу виготовлення окремої деталі із застосуванням сучасного верстатного обладнання ЧПК.

1.4 Висновки до розділу 1

Переваги лазерного різання МДФ

1. Складність конструкцій. Лазерне різання дозволяє створювати неймовірно складні конструкції, які можна вирізати з широкого спектру матеріалів, що неможливо при інших процесах різання.

2. Неперевершена точність. Лазерне різання - це високоточний спосіб різання МДФ. Він дозволяє виконувати високоточні розрізи, залишаючи гладку поверхню.

3. Безконтактний процес. Лазерне різання впливає тільки на нагріту область та усуває ризик садна або пошкодження навколишньої області фанери.

4. Безпека. Лазерне різання - найбезпечніший метод, оскільки використовуваний лазерний промінь щільно закритий у світловій ящику.

5. Екологічність. Лазерне різання - це екологічно чистий процес, який значно знижує кількість відходів матеріалу в порівнянні з процесами механічного різання традиційними деревообробними інструментами.

РОЗДІЛ 2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

2.1 Призначення верстату

Лазерні верстати мають величезний робочий потенціал, що дозволяє їм успішно вирішувати найрізноманітніші завдання. Таке сучасне обладнання складається з високотехнологічних елементів і комплектуючих з високоякісних матеріалів. Вони широко застосовують програмні методи для контролю та налаштування параметрів. Все це дозволяє таким пристроям працювати в трьох вимірах і виконувати найскладніші операції порізки та гравіювання.

Всі роботи, які виконуються на цьому обладнанні, виконуються якісно і з найвищою точністю. Верстат може виконувати складну графіку в різних формах зображення за допомогою програм обробки. Виготовлення, гравіювання та контурування сувенірної продукції. Крім того, щоб верстат працював безперебійно, він також оснащений комп'ютерною системою керування.

2.2 Структурна схема верстата та технічна характеристика

Вибираємо структурну схему верстата, що передбачає в його конструкції три основні вузли, з яких складається верстат.

Першим – базовий, базовим вузлом є рама, що складається з алюмінієвого, верстатного профілю розміром 20x40 мм, та сталевих направляючих рейок HIWIN20 з каретками.

Другим вузлом буде система керування Arduino Uno, що керує кроковим двигунами NEMA17 і переміщує за допомогою пасової передачі оптику.

Третій вузол – лазерний. Лазерна труба CO₂, що розпалюється за допомогою блоку розпалу і через систему лінз і дзеркал проектує потік фотонів високої інтенсивності, за рахунок чого і відбувається обробка матеріалів.

На рисунку (2.1) показана структурна схема верстата.



Рисунок 2.1 – Структурна схема верстата

Перед проєктуванням конструкції верстата необхідно встановити технічні вимоги до самого верстату, які занесені у табл.2.1.

Таблиця 2.1 Вимоги до технічної характеристики верстата

Характеристика	Порізка
Робоча площа, мм	600x500
Переміщення рухомого модуля, мм:	
вздовж осі X	600
вздовж осі Y	500
Споживана потужність	AC100-240V
Система підтримки	Windows XP, 7, 8, 10
Формати з якими працює верстат	Jpg, mpeg, svg, g-код
Матеріал верстату	Алюміній, сталь, скло
Робоча напруга, В	30000
Робочий струм, мА	16
Потужність лазера, Вт	40
Програмне забезпечення для управління системою	Laser GRBL
Точність гравіювання, мм	0.01
Матеріал, який оброблює	Дерево, ДВП, шкіра, пластик, скло
Габаритні розміри, мм	800x800x240
Маса, кг	17

2.3 Розроблення конструкції та зборка базового вузла

Конструювання основних вузлів виконується у програмному продукті SolidWorks [25].

Базовий вузол – основа, збирається першим і саме він визначає габарити і робочу зону верстата, має бути міцним і жорстким, аби забезпечити правильну роботу оптики і надійність, оскільки при гравіруванні на швидкостях 7000мм/с інерція є доволі значною зважаючи на масу поперечної балки, двигуна і лазерного сопла, що закріплені на ній.

Конструкція проектується таким чином, аби робоче поле відповідало параметрам стандартно листа ДВП розміром 1220x2440, таким чином при розкрої його на листи 600x480 отримаємо оптимальні заготовки, з великим запасом по деталям і мінімальним залишками при розкрої на форматно-розкрійному верстаті.



Рисунок 2.2 – Загальний вигляд рами верстата

Для визначення довжини профіля візьмемо поперечні $800-2*40-60=660$ мм, де 60 мм буде запасом, аби сопло не вдарилось об раму, оскільки програмно обмежити переміщення Arduino неможливо і CNC плати не передбачають встановлення кінцевиків.

Довжина рейки HIWIN буде $660 + 60=720$, де 60 – ширина каретки, на якій встановлено лазерне сопло.

Для повздовжніх профільних труб візьмемо візьмемо 800мм, що вказано в габаритах верстата, таким чином $800-500=300$ мм, що достатньо для комфортного розміщення двигунів, труби та електроніки на двох поперечних профілях.

Довжини направляючих рейок визначимо як $(2000-720)/2=640$ мм, де 2000 – кратність продажу направляючі x, 720- довжина попередньо розрахованої направляючої по X. шириною пропилу можна знехтувати. 640 мм з надлишком перекриють ширину каретки, хід верстата по осі Y.

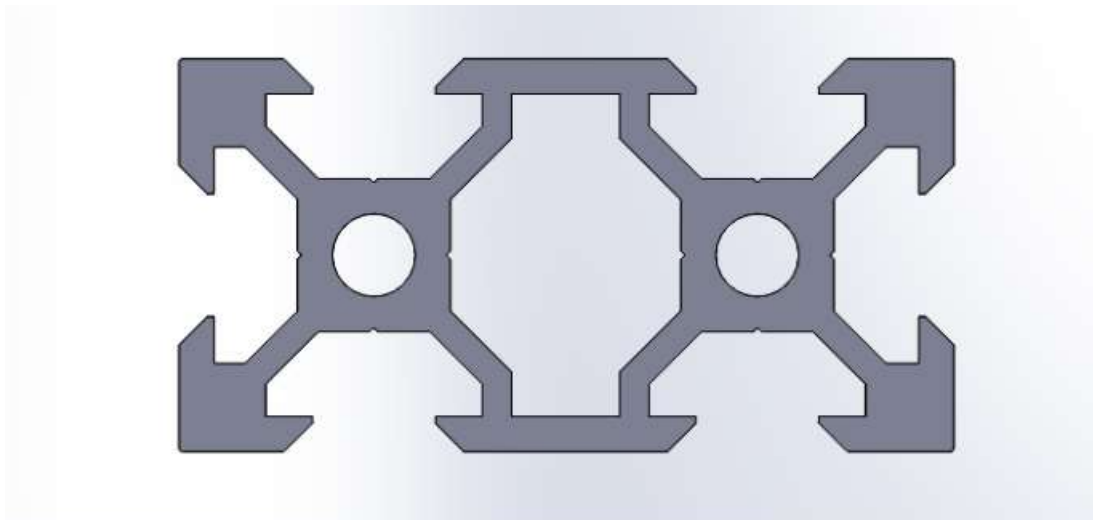


Рисунок 2.3 – Верстатний профіль 20x40мм

Кріпитись між собою профіль буде куточками до спеціальних втулок болтами.

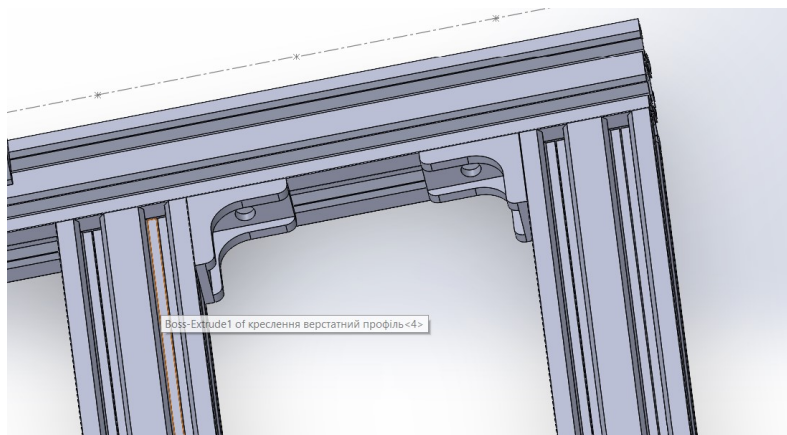


Рисунок 2.4 – Кріплення рами

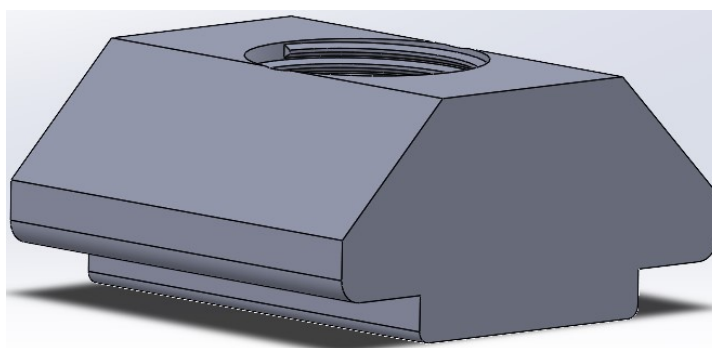


Рисунок 2.5 – Втулка профіля з різьбою М5

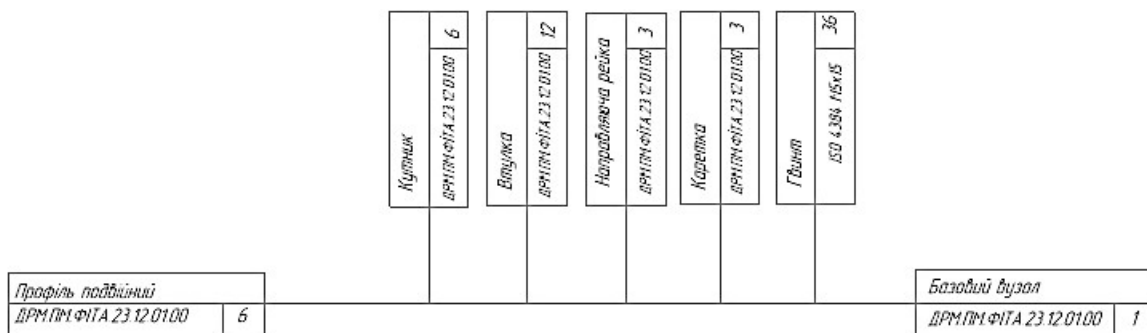


Рисунок 2.6 – Блок-схема збірки базового вузла

2.4 Розроблення конструкції та зборка моторного вузла

Конструювання основних вузлів виконується у програмному продукті SolidWorks.

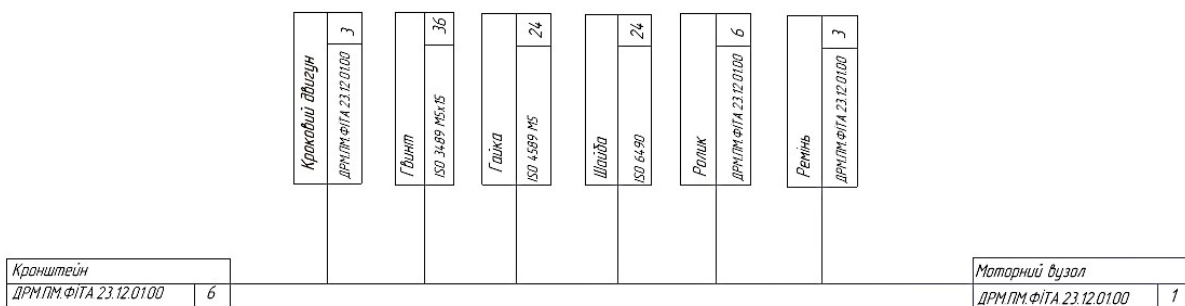


Рисунок 2.7 – Схема складання моторного вузла

В схему не включено систему керування, оскільки вона під'єднана кабелями до крокових двигунів та може монтуватись будь де на корпусі.

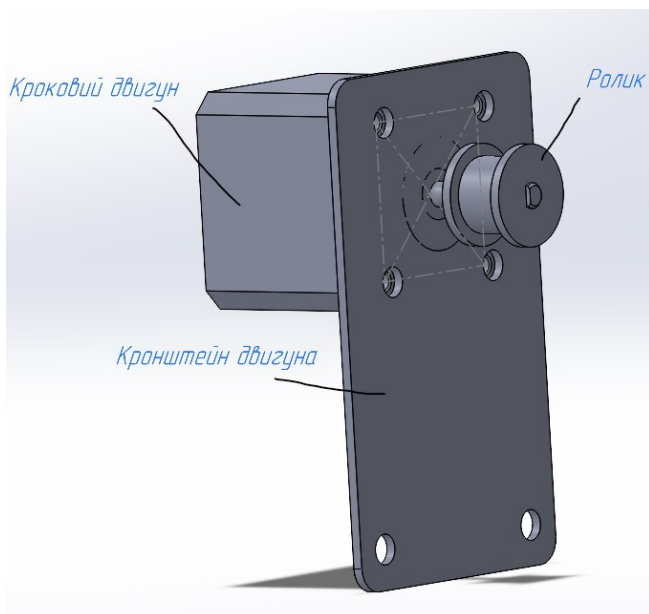


Рисунок 2.8 – Установка крокового двигуна на кронштейн



Рисунок 2.9 – Кроковий двигун NEMA17

Збірку моторного вузла розпочнемо з крокового двигуна, який з'єднується з кронштейном, що кріпиться до рами верстата за допомогою гвинтів М5. Потім на вал двигуна закріплюється ролик пасової передачі.

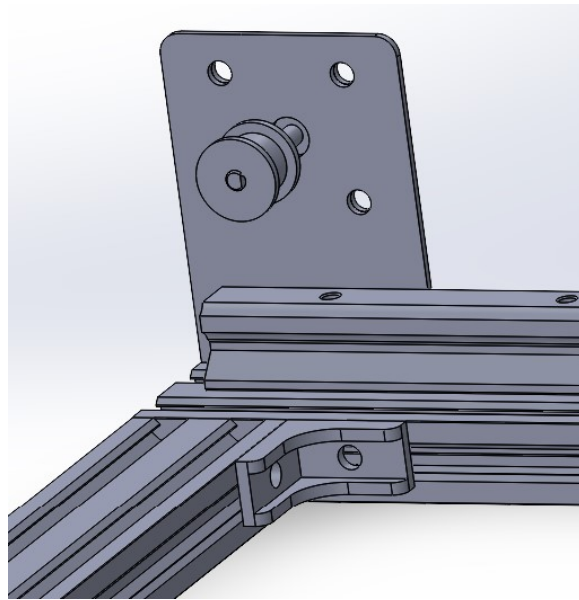


Рисунок 2.10 – Установка другого ролика

Наступним кроком буде закріплення такого ж ролика до такого ж кронштейна через вісь. Кріпляться через спеціальні отвори гвинтами та гайками через шайби.

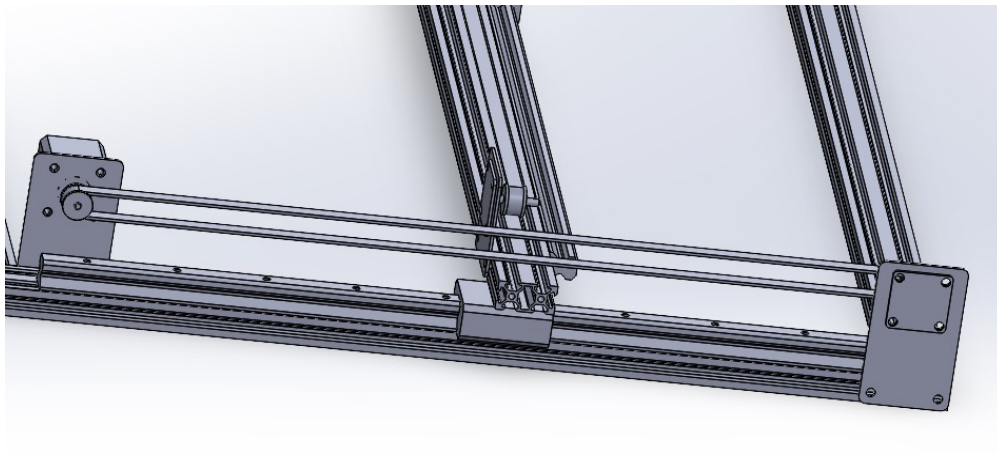


Рисунок 2.11 – Установка ременів

Між нерухомо закріпленими роликами пасової передачі натягнутий пас, що пригвинчений до поперечного профілю, два крокові двигуни симетрично рухають балку по осі Y, балка пригвинчена до кареток, що паралельно розташовані на рейках HIWIN.

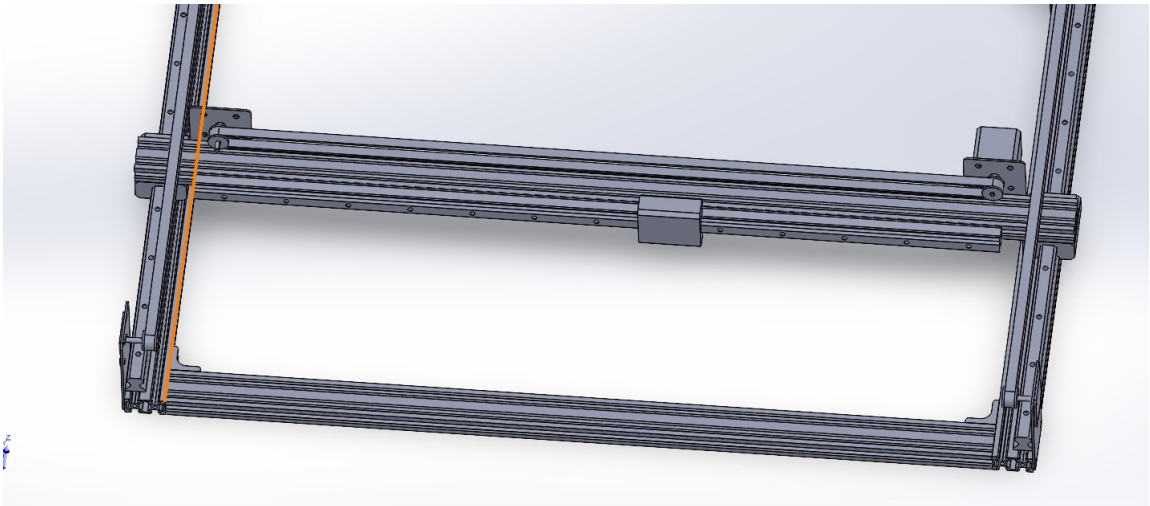


Рисунок 2.12 – Система переміщення

Аналогічним чином збираємо пасову передачу для руху по осі X. на Алюмінієвому профілі закріплені два кронштейни двигуна, до одного з яких прикручуємо кроковий двигун, до іншого вісь.

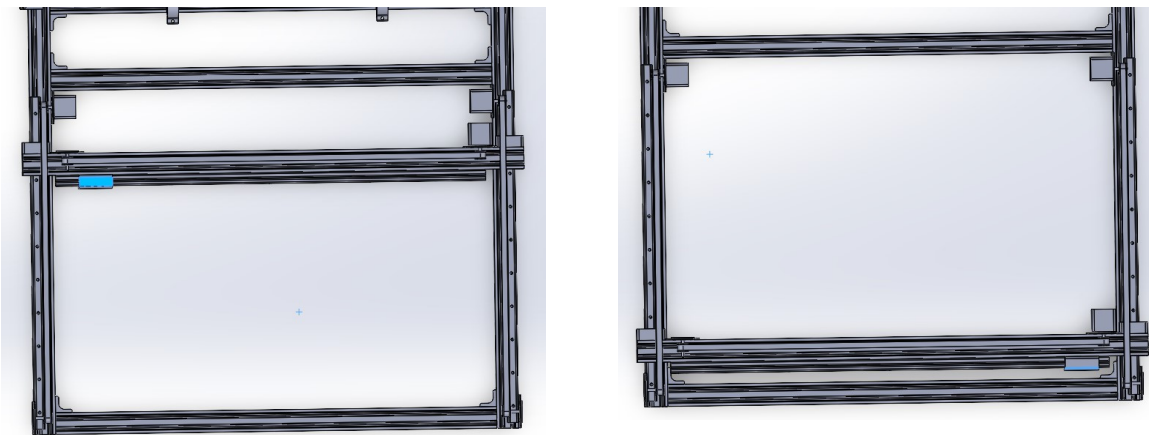


Рисунок 2.13 – Крайні точки координат верстата

Таким чином вийде добитись руху верстата по двом площинам, але для функціонування верстата необхідне автоматичне керування.

2.5 Система керування рухом

Керувати рухом сервоприводів, якими є крокові двигуни буде система Arduino Uno.

Довідка: Arduino (Ардуіно) — апаратна обчислювальна платформа для аматорського конструювання, основними компонентами якої є плата мікроконтролера з елементами вводу/виводу та середовище розробки Processing/Wiring на мові програмування, що є спрощеною підмножиною C/C++. Arduino може використовуватися як для створення автономних інтерактивних об'єктів, так і підключатися до програмного забезпечення, яке виконується на комп'ютері (наприклад: Processing, Adobe Flash, Max/MSP, Pure Data, SuperCollider). Інформація про плату (малюнок друкованої плати, специфікації елементів, програмне забезпечення) знаходяться у відкритому доступі і можуть бути використані тими, хто воліє створювати плати власноруч.

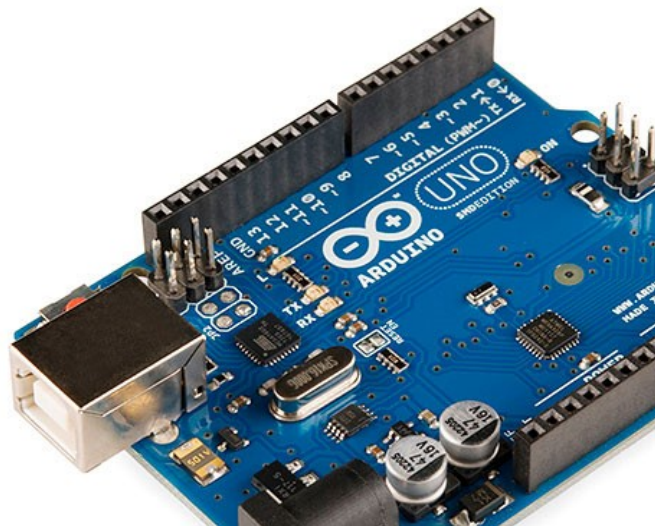


Рисунок 2.14 – Плата Arduino Uno

За допомогою з'єднання з платою CNC може виконувати керування верстатом. Такий тип керування хоч і має свої недоліки, та достатньо ефективний для виконання простих завдань, та дешевий у використанні, що

дозволяє без особливих зусиль та фінансових можливостей використовувати можливості програмованих верстатів.

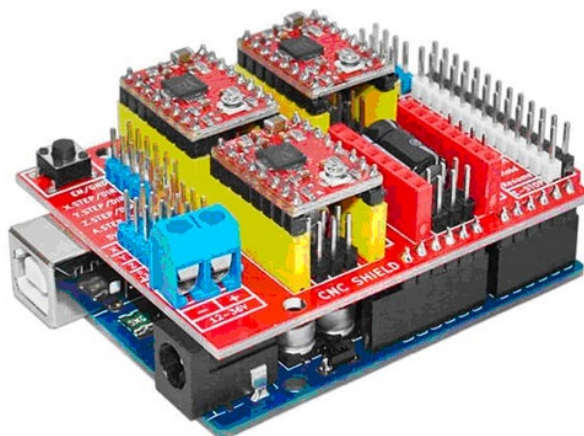


Рисунок 2.15 – Плата ARDUINO CNC SHIELD A4988

2.6 Розроблення конструкції та зборка лазерного вузла

Конструювання основних вузлів виконується у програмному продукті SolidWorks.

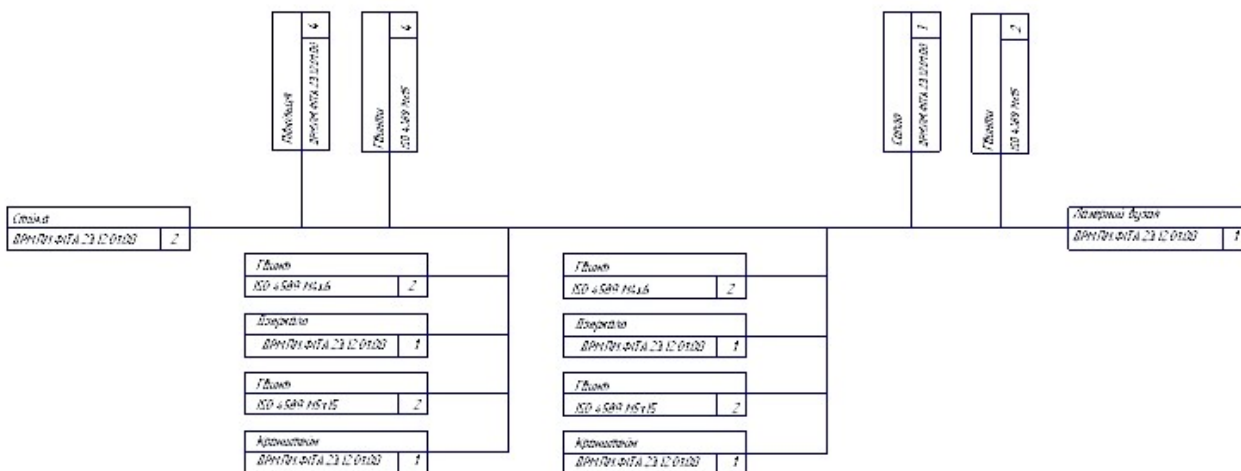


Рисунок 2.16 – Схема збирання лазерного вузла

Для збирання лазерного вузла головна умова: щоб всі дзеркала знаходились в одній площині, для цього будуть використані спеціальні стійки та кронштейни.

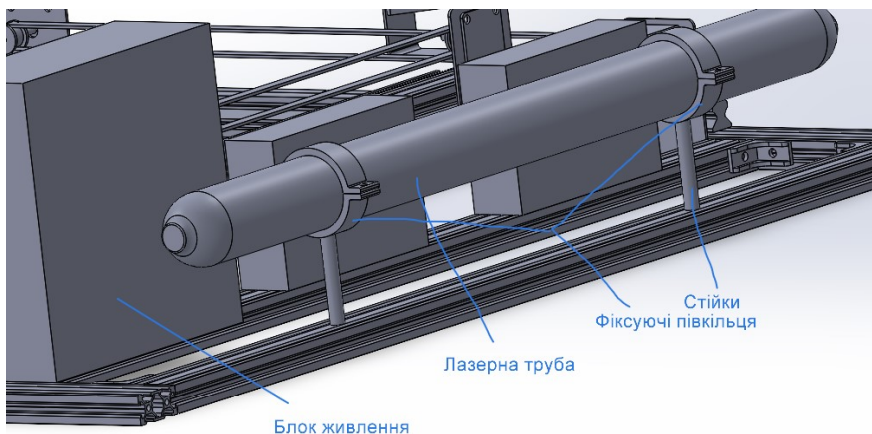


Рисунок 2.17 – Вид лазерного вузла

Спочатку необхідно вкрутити в профіль стійки на різьбове з'єднання, тоді встановити лазерну трубку паралельно профілю.

Після цього не сильно затиснути півкільця гвинтами і під'єднати лазерну трубку до блоку розпау.

Далі монтуються дзеркала, що відбиватимуть промінь в потрібному напрямку. Стають вони на спеціальні кронштейни з листового прокату.

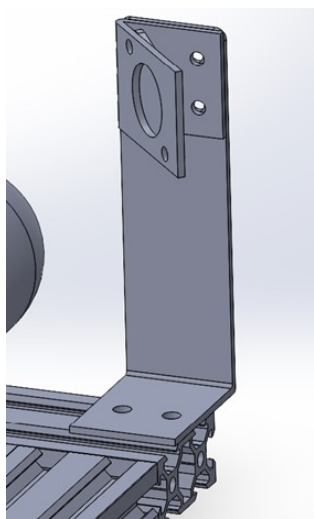


Рисунок 2.18 – Дзеркало на кронштейні

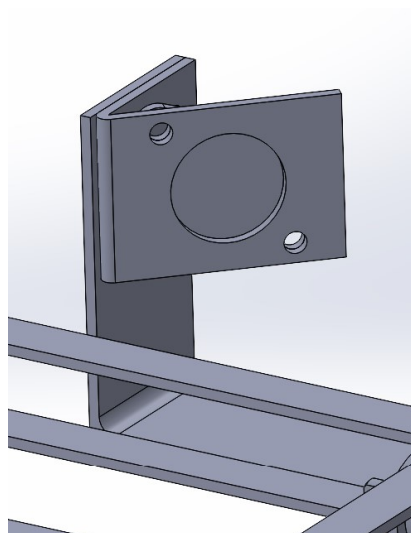


Рисунок 2.19 – Друге дзеркало на кронштейні

Друге дзеркало відправляє пучок фотонів вже в лазерне сопло.

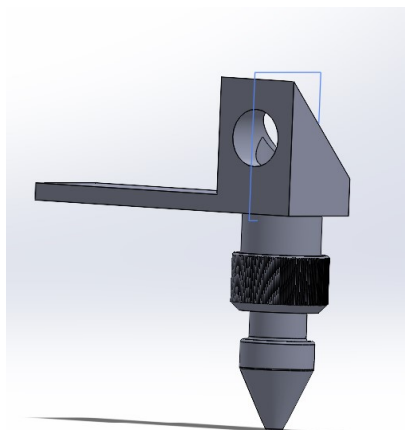


Рисунок 2.20 – Лазерне сопло

Сопло – одна з найголовніших частин лазерного верстата. Саме воно збирає всі промені в одну точку на певній відстані, що називають фокусною. Сопло встановлюється на поперечній балці верстата.

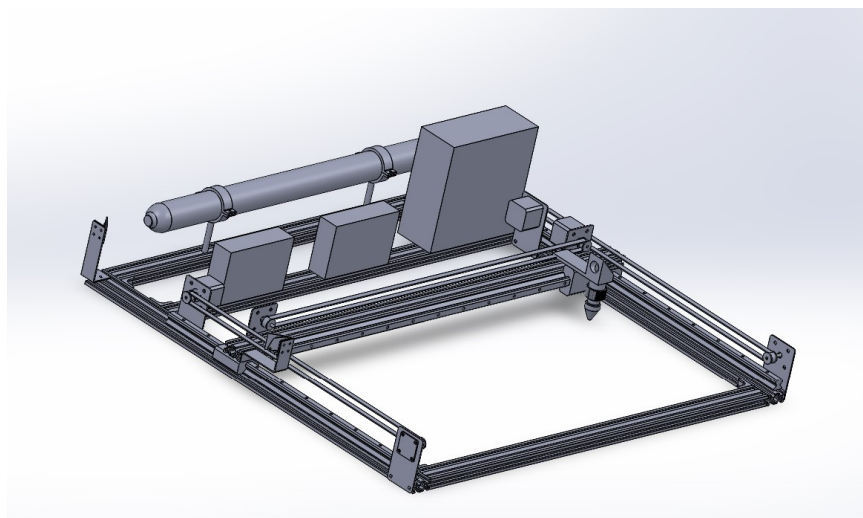


Рисунок 2.21 – Загальний вид лазерного верстата

На загальному виді рис. 2.21 можна побачити всі частини лазерного вузла: раму, лазерний пристрій дзеркала сопло, механізми руху по координатах.

2.7 Опис системи ЧПК верстата

Для того, щоб виконати розкрій або гравіювання листового матеріалу, потрібно макет. Це стосується не тільки виготовлення декоративних панелей, а й різання різних деталей.

Макет - це креслення виробу, виконаний в графічному редакторі і наданий в певному форматі. Для виготовлення макетів використовують програми типу Apache OpenOffice Draw, QCad, LibreCAD і деякі інші.

Вони перетворюють векторне зображення в формат коректної передачі графічних даних для систем AutoCAD - універсальні файли * .dxf. Такий файл можна завантажувати в операційну систему лазерного комплексу і приступати до розкрою матеріалу.

Макети, призначені для лазерного різання, повинні відповідати деяким правилам, а саме:

- всі розміри контурів деталей повинні бути виконані в масштабі 1:1;
- контури деталей повинні складатися з простих геометричних фігур - відрізків, дуг, кіл;
- не допускається використання сплайнів - кривих, окремі ділянки яких описуються різними математичними функціями; також не можна допускати розривів контуру, накладень деталей і пересічних елементів;
- контрольний розмір проставляється тільки на одному з елементів контуру (інші розміри автоматично обчислюються з масштабу макета);
- макет повинен являти собою розгортку (викрійку) листа, що містить тільки контури деталей і один контрольний розмір - місця згинів, текстову інформацію і т.п. відображати не потрібно.

Якщо макет виконаний з урахуванням вище викладених вимог, це значно прискорить час виконання замовлення. У разі неточного відповідності вимогам необхідно правити файл, що може привести до неточностей у виготовленні.

Також при розробці макета розкрою листа потрібно враховувати технологічні допуски роботи обладнання:

- точність позиціонування лазерного променя становить 0,01 мм;
- максимальна ширина різку може досягати значення 0,1 мм в залежності від оброблюваного матеріалу.
- товщина листа для різання не повинна перевищувати 16 мм, для різних матеріалів товщина листа може відрізнятися для забезпечення високої якості різку.

Нескладні креслення можна виготовити самостійно, встановивши на комп'ютер будь-яку із зазначених графічних програм.

В якості системи керування для платформи Arduino було вирішено використати LaserGRBL.

Що таке LaserGRBL, це одне з найкращих програм Windows для лазерного гравірування зображень. LaserGRBL може завантажувати будь-яке зображення, малюнки та логотип і надсилати на ваш лазерний гравер кількома клацаннями.

На відміну від інших графічних інтерфейсів, LaserGRBL спеціально розроблено для використання з лазерним різакром і гравером любителів і може бути хорошою безкоштовною та легкою альтернативою picengrave, benbox, T2laser, lightburn для тих, кому потрібен більше ніж простий і ефективний інструмент.

Можливості LaserGRBL:

- Завантажте GCode із попереднім переглядом завдання
- Гравірування зображень із перетворенням відтінків сірого, згладжуванням і векторизацією.
- Кнопки, визначені користувачем .
- Різна колірна схема, оптимізована для використання з різними захисними окулярами.
- Імпорт/експорт конфігурації Grbl.
- Декодування конфігурації, кодів тривоги і помилок для Grbl v1.1 (з описом підказки).

- Кнопка повернення, кнопка утримання подачі, кнопка відновлення та кнопка скидання Grbl.
- Попередній перегляд робочого часу та проекція в реальному часі.
- Регулювання потужності та швидкості (для Grbl > v1.1) із простим у використанні інтерфейсом.

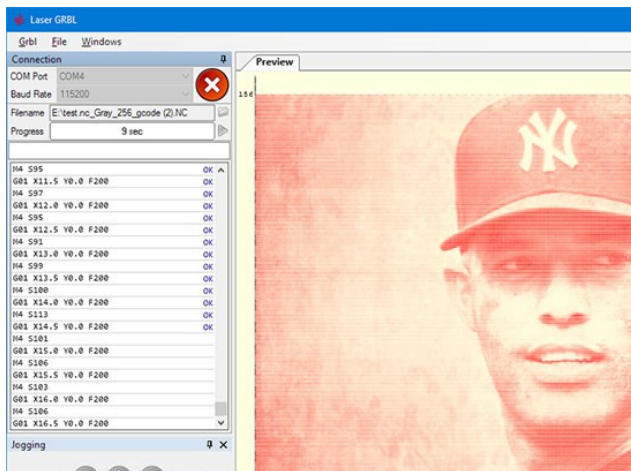


Рисунок 2.22 – Інтерфейс LaserGRBL

Для використання LaserGRBL в якості системи керування необхідний також комп'ютер підключений під час роботи через COM порт. Щоб виготовити деталь варто зробити кілька простих рухів:

1. завантажити файл.

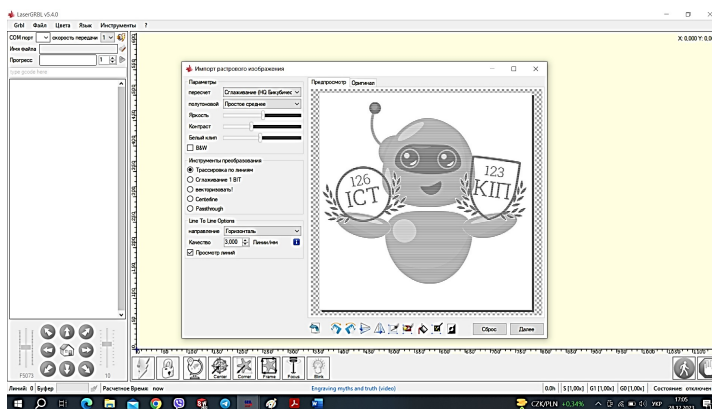


Рисунок 2.23 – інтерфейс програми

2. Вибрати режим різання та виставити початкову точку.

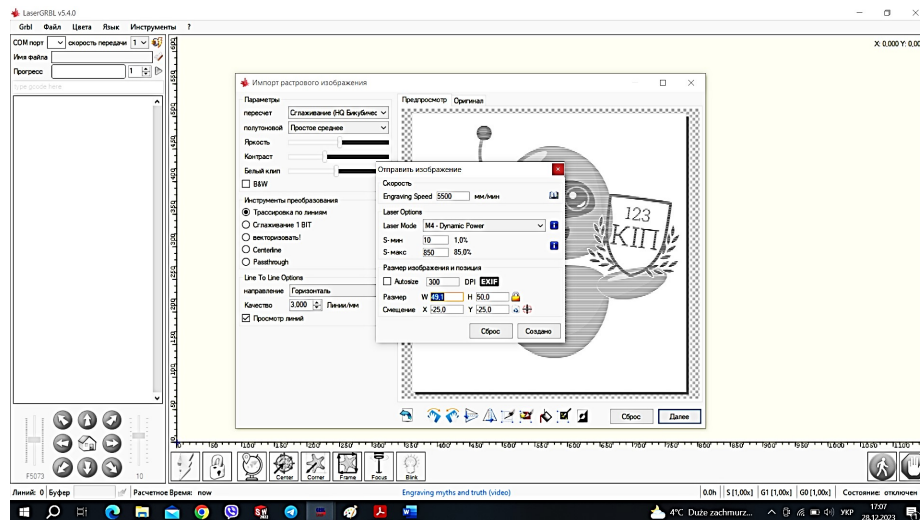


Рисунок 2.24 – Вибір режиму різання

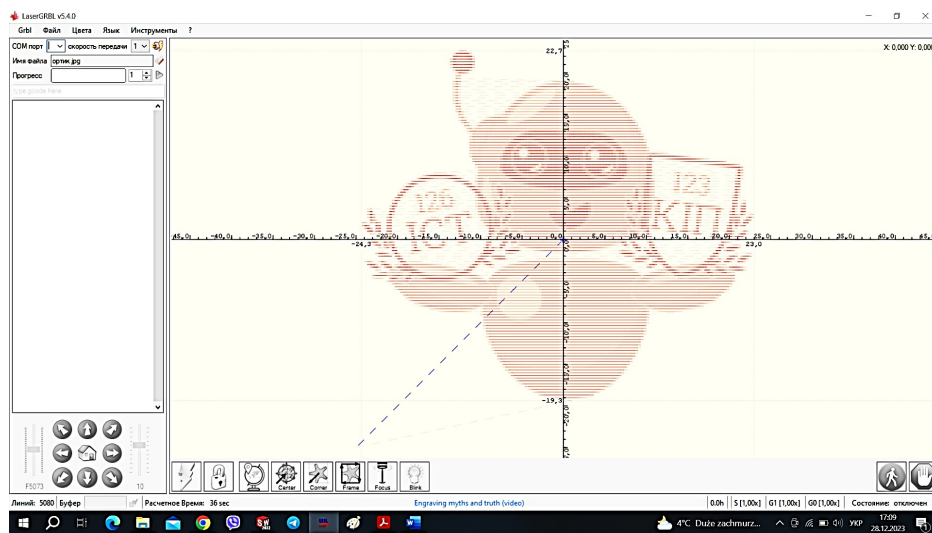


Рисунок 2.25 – Програма візуалізувала роботу

3. Натиснути «старт», цього достатньо для початку роботи.

Лінійні двигуни забезпечують позиціонування лазерного променя з точністю до 0,01 мм. Реалізована можливість подачі в зону розкрою повітря або інертних газів.

Лазерний промінь, переміщаючись по поверхні нерухомо закріпленого листа зі швидкістю до 80 м / хв, забезпечує високу продуктивність комплексу. Контроль якості контуру різку здійснюється за допомогою об'ємних датчиків, інформація від яких обробляється і передається для коригування, у разі необхідності, позиціонування лазерного променя і потужності його випромінювання.

2.8 Проектування верстатного пристрою для зняття фасок на фрезерному верстаті з ЧПК VF-1

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

У пристрої для зняття фасок в отворах після лазерного вирізання для деталі «Кронштейн» застосовуються типові переналадочні компоновки з елементів УЗП (універсально збірних пристроїв) з механізованим гідравічним затиском заготовок.

В якості опорних і затискних елементів використовуються стандартні плити і упори та клиновий затиск.

Механізація затиску здійснюється від вмонтованого у плиту УЗП гідроциліндру, підключеного до гідросистеми верстата з ЧПК VF-1.

Пристрій складається із базової плити УЗП з гідроциліндром, опорних і встановлюючих елементів та закріплюється за допомогою клинового механізму і приводиться в рух від вмонтованого в плиту гідроциліндра.

Деталь базується по площині, боковий торець впирається в упорні планки та другим торцем впирається в упорну планку. Схема базування заготовки показана на рис. 2.26.

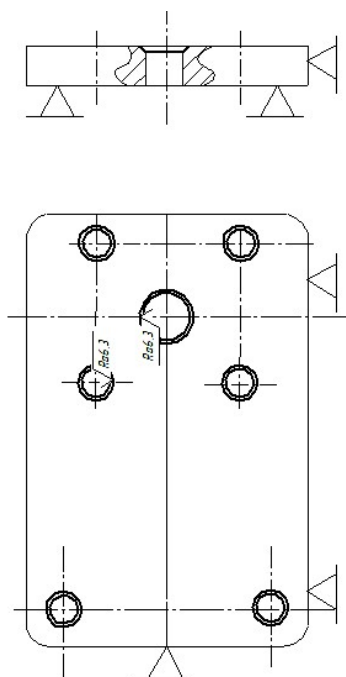


Рисунок 2.26 – Схема базування заготовки

2.8.2 Розрахунок необхідних сил закріплення та приводу пристрою

Спочатку проектування розробляється схема базування та схема дії сил на заготовку. Схема базування з вказаними силами, які діють на заготовку, показана на рис.2.27.

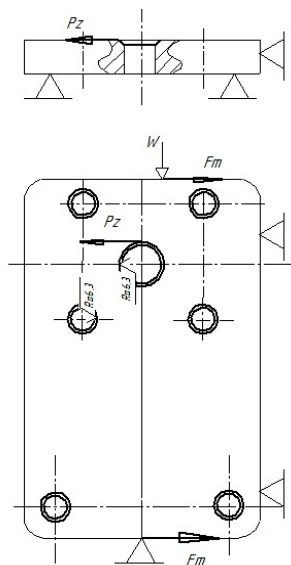


Рисунок 2.27 – Схема базування та закріплення заготовки

Розрахунок зусилля затиску.

Проведемо розрахунок необхідного зусилля затиску заготовки з умови рівноваги заготовки під дією сил різання і закріплюючої сили. Підберемо найближчий більший стандартний діаметр гідроциліндра з рекомендованого ряду.

Для надійного затиску деталі необхідна сила затиску заготовки, яку визначимо з рівняння рівноваги заготовки [20]:

$$W \cdot f_1 + W \cdot f_2 = k \cdot P_z; \quad (2.1)$$

З (2.1) знайдемо силу затиску:

$$W = k \cdot P_z / (f_1 + f_2); \quad (2.2)$$

де f_1 і f_2 – коефіцієнти тертя між заготовкою, установочними та затискними елементами пристрою;

$$P_z - \text{сила різання при зняття фаски, } P_z = \frac{2M}{d} = \frac{2 \cdot 1,2 \cdot}{0,012} = 200H.$$

При коефіцієнтах $f_1 = f_2 = 0,1$ сила затиску буде рівною:

$$W = 0,5 \cdot P_z \cdot k; \quad (2.3)$$

$k = 2,5$ – коефіцієнт запасу надійності затиску;

$$W = 2,5 \cdot 0,5 \cdot 200 = 250 \text{ Н};$$

Сила затиску до заготовки передається клиновим механізмом з кутом клину 30° згідно рис. 2.28.

Згідно рис. 2.28 сила на штокові гідроциліндра визначається за формулою:

$$Q = W \cdot \operatorname{tg}30^\circ = 250 \cdot 0,577 = 144H$$

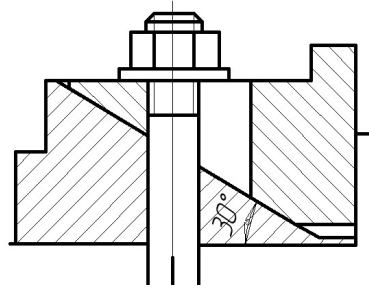


Рисунок 2.28 – Схема клинового механізму для передавання зусилля затиску заготовки

При затиску заготовки використовується штокова робоча порожнина гідроциліндра, тому розрахунок ведемо за формулою:

$$D_{ц} = \sqrt{1,27Q/p + d_{шт}^2} \quad , \quad [20] \quad (2.4)$$

де Q - зусилля на штокові гідроциліндра;

p - робочий тиск повітря у гіромережі $p = 1,0 \text{ МПа.}$;

$d_{шт}$ - діаметр штока, приймаємо мінімальний $d = 22 \text{ мм.}$

Для даної схеми передачі зусилля з штока гідроциліндра вона дорівнює $Q = 144 \text{ Н.}$

$$D_{ц} = \sqrt{1,27 \cdot 144 / 1 + 22^2} = 25,12 \text{ мм.}$$

Приймаємо ближній більший з рекомендованого ряду $D_{ц} = 60 \text{ мм.}$ для якого діаметр штока $d = 22 \text{ мм.}$

Знайдемо фактичне зусилля на штокові гідроциліндра при максимальному тиску.

$$Q_{\max} = \frac{\pi \cdot (D_{ц}^2 - d^2)}{4} \cdot p = \frac{3,14 \cdot (60^2 - 22^2)}{4} \cdot 1 = 2201 \text{ Н.}$$

2.8.3 Розрахунок елементів пристрою на міцність

При затисканні заготовки найбільш навантаженим елементом пристрою є витки різьби на тязі клинового механізму.

«Тому проведемо розрахункову перевірку елементів різьби на зріз за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{Q}{\pi \cdot D_1 \cdot k \cdot H_z \cdot k_m} \leq [\tau_{ср}], \quad [23] \quad (2.5)$$

де $F = 2201$ Н сила на штокові гідроциліндра;

$k = 0,87$ коефіцієнт жорсткості метричної різьби;

$k_m = 0,6$ коефіцієнт нерівномірності навантаження на витки різьби;

$D_r = 10,376$ мм:

$$[\tau_{ср}] = 0,3 \cdot \sigma_m = 0,3 \cdot 320 = 96 \text{ МПа}$$

$$\tau_{зр} = \frac{2201}{3,14 \cdot 10,376 \cdot 0,87 \cdot 15 \cdot 0,6} = 5,69 \leq [\tau_{ср}],$$

Міцність різьби на зріз забезпечена» [23].

2.8.4 Розрахунок пристрою на точність

При даній схемі обробки і базування деталі в пристрої умова забезпечення точності обробки по відомій методиці [21] може бути представлена у вигляді:

$$\varepsilon_{нр} \leq T - k \sqrt{(k_1 \varepsilon_{\sigma})^2 + \varepsilon_s^2 + \varepsilon_{уст}^2 + \varepsilon_{зн}^2 + (k_2 \cdot \omega)^2}, \quad (2.6)$$

де ε_{σ} – похибка базування заготовки, $\varepsilon_{\sigma} = 0$;

T – допуск на розмір який виконується на даній операції, $T = 0,1$ мм;

$k = 1,2$;

$\varepsilon_3 = 0,07$ – похибка закріплення при застосуванні клинового механізму з приводом;

$\varepsilon_{уст}$ – похибка встановлення пристрою на верстаті. $\varepsilon_{уст} = \frac{L_{дет} \cdot S_{max}}{l}$,

$L_{дет} = 90$ мм; $S_{max} = 0,07$ мм; $l = 500$ мм – відстань між установчими шпонками пристрою

$$\varepsilon_{уст} = \frac{90 \cdot 0,07}{500} = 0,012 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{зн} = 0,04$ мм – похибка зношування базових елементів;

$K_1 = 0,8$, $K_2 = 0,6$ – коефіцієнти;

$\omega = 0,1$ – точність оброблення на верстаті.

$$\varepsilon_{пр} \leq 0,1 - 1,2 \sqrt{+0,07^2 + 0,04^2 + 0,012^2 + (0,6 \cdot 0,1)^2} = 0,047 \text{ мм.}$$

Отже, величина похибки, яку дає пристрій при обробленні заготовки менша від величини допуску на поверхню. При обробленні пристрій забезпечує необхідну точність поверхонь.

2.8.5 Розробка технічних умов на пристрій, компоновання та опис його роботи

Пристрій складається з елементів УЗП: плити з вмонтованим гідроциліндром, упорами, та клиновим затиском. Пристрій скомпоновано для установки однієї деталі (рис. 2.29).

Пристрій працює наступним чином. Деталь встановлюється на площину корпусу та притискається до базових упорів. Подається мастило під тиском у штокову порожнину гідроциліндра. Шток тягне болт затиску до низу та натискає на клин. Завдяки пазу він ковзає по скосу та затискає заготовку.

Необхідно витримати технічні умови на збирання пристрою, а саме епаралельність верхньої площини до основи не більше 0,005 мм.

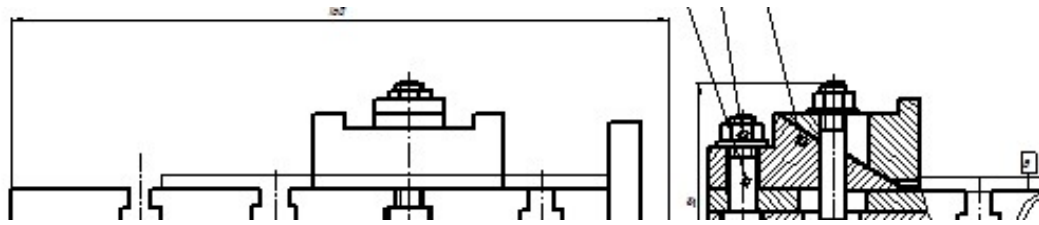


Рисунок 2.29 – Загальний вигляд пристрою для затиску заготовки

2.9 Проектування контрольного пристрою

Для виконання технічних вимог для деталі «Кронштейн» необхідно забезпечити умови збирання з двигуном, а саме співпадання осі отворів під болти у кронштейні двигуна.

Для цього спроектовано пристрій для контролю розташування отворів у кронштейні у вигляді пластини з штирями, яка має для зручності рукоятку.

При введенні штирів у отвори кронштейна робиться висновок, що вони виконані без браку. Якщо штирі не вводяться у отвори то маємо брак виготовлення по розташуванню.

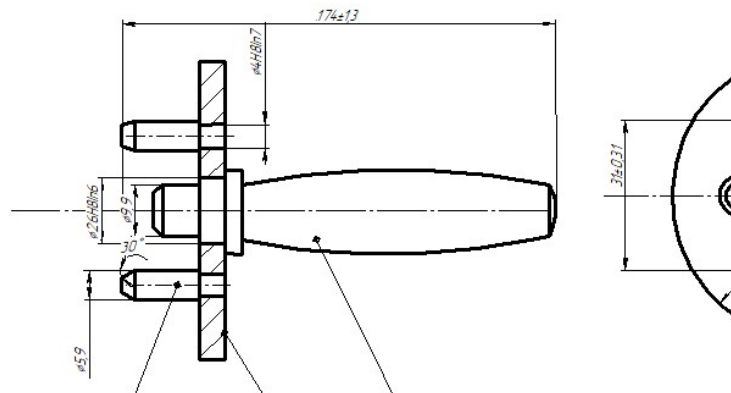


Рисунок 2.30 – Загальний вигляд пристрою для контролю

При виготовленні контрольного пристрою необхідно витримати технічні умови на точність розташування встановлюючих отворів під пальці та при збиранні витримати необхідні посадки.

2.10 Висновки до розділу 2

1. Спроектовано конструкцію верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит.

2. Спроектовано конструкцію верстатного пристрою для зняття фасок у деталі «Кронштейн» та проведено необхідні розрахунки.

3. Спроектовано конструкцію контрольного пристрою.

РОЗДІЛ 3. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

У розділі запропоновано технологію виробництва деталі верстата «Кронштейн» кріплення двигуна. Хоч і переважно верстат складається із стандартних металевих виробів, та має деталі спеціально виготовлені. Це переважно кронштейни, виготовлені із листової сталі, один з яких і буде розглянутий у розділі.

3.1 Технологія виготовлення креслення деталі

Креслення деталі спроектуємо за допомогою програмного продукту SolidWorks.

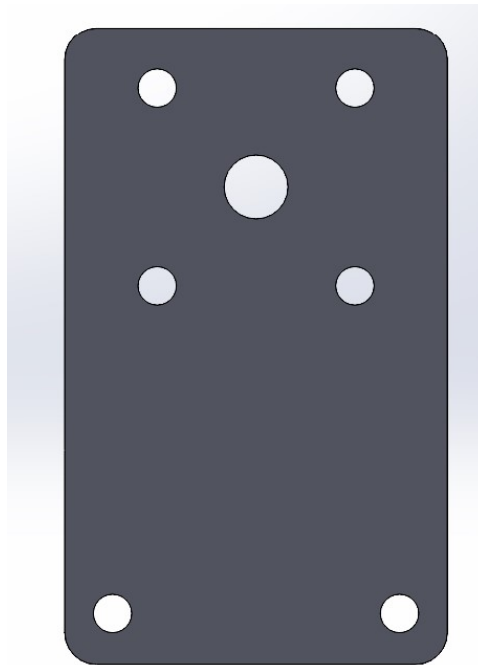


Рис. 3.1– Кронштейн кріплення двигуна

Виготовляти такий кронштейн доцільно з листової сталі Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 товщиною 5 мм. методом порізки листа з утворенням отворів, згідно за програмою на верстаті StoLaser 1325 FiberCut Start.

3.3. Характеристика матеріалу деталі

Розглянемо докладніше інформацію про цей матеріал. Марка 45 ДСТУ 7809:2015 - сталь конструкційна вуглецева якісна

Хімічний склад та властивості сталі 45 наведені в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 - Хімічний склад у % сталі 45 ДСТУ 7809:2015

C	Mn	Si	Cr	Cu	Ni	S	P
0,42...0,5	0,5-0,8	0,17- 0,37	до 0,25	Не більше			
				0,25	0,25	0,004	0,035

Таблиця 3.2 - Механічні властивості сталі 45 при T=20°C

Механічні властивості поковки зі сталі 45 ДСТУ 7809:2015							
Термообробка	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_b (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	КСУ (кДж / м ²)	НВ, не більше
Нормалізація	100-300			19	42	39	143-179
	300-500	245	470	17	34	34	
	500-800			15	34	34	
	до 100	345	590	18	45	59	174-217
	100-300	345	590	17	40	54	174-217
	до 100	395	620	17	45	59	187-229

Сталь 45 ДСТУ 7809:2015 добре оброблюється та відповідає за своїми характеристиками для виконання працездатності у вузлі, що проектується.

Таблиця 3.3 – Технологічні властивості сталі 45

Параметр	Властивість
Зварюваність:	обмежено зварювана
Схильність до відпускної крихкості:	не схильна

Провівши аналіз службового призначення та технічних вимог, що пред'являються до деталі «Кронштейн», а також вивчивши хімічні та механічні властивості матеріалу сталь 45, можна зробити висновок, що матеріал відповідає умовам роботи деталі у вузлі.

3.4 Вибір способу отримання заготовки

Правильний вибір отримання заготовки дозволить максимально ефективно, економічно і технологічно отримувати заготовки.

В нашому випадку найбільш раціонально буде вирізати із листової сталі кронштейн за допомогою волоконного лазера. Це найдешевше, та найдоступніше в умовах малосерійного й одиничного виробництва.



Рисунок 3.3 – StoLaser 1325 FiberCut Start

Технічні характеристики обладнання:

Зона обробки: 1250 x 2400 мм

Джерело лазера: Fiber, GW 1000 Вт

Управління: Ruida 6563F

Точність лінійна: 0,05 мм

Точність повтору: 0,1 мм

Прискорення: 0,15 G

Gas control: авто Кисень 0-10 кгс / см², Азот 0-20 кгс / см²

Система переміщення: Лінійні направляючі, Ремінна передача, X і Y - мікрошаговий привід, вісь Z - сервопривід з гальмом, автофокус

Швидкість переміщення: 20 м / хв

Навантаження на стіл: до 300 кг

3.5 Вибір обладнання та інструменту

Для обробки контуру та отворів застосовується верстат StoLaser 1325 FiberCut Start, що досить потужний, аби легко впоратись із завданням рис.3.3.

Для зняття фасок з отворів запропоновано використати верстат з ЧПК – оброблюючий центр Haas VF-1 та свердло Ø12 860.1-1200-053A1-PM P1BM Сплав T2000D. (Обробка отворів – зняття фасок).

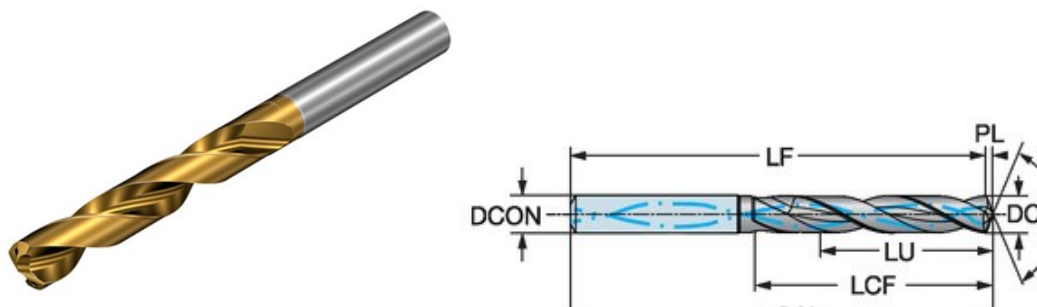


Рисунок 3.4 – Свердло Ø12 860.1-1200-053A1-PM P1BM

Для обробки застосовується універсальний обробний центр з ЧПК HAAS VF1.

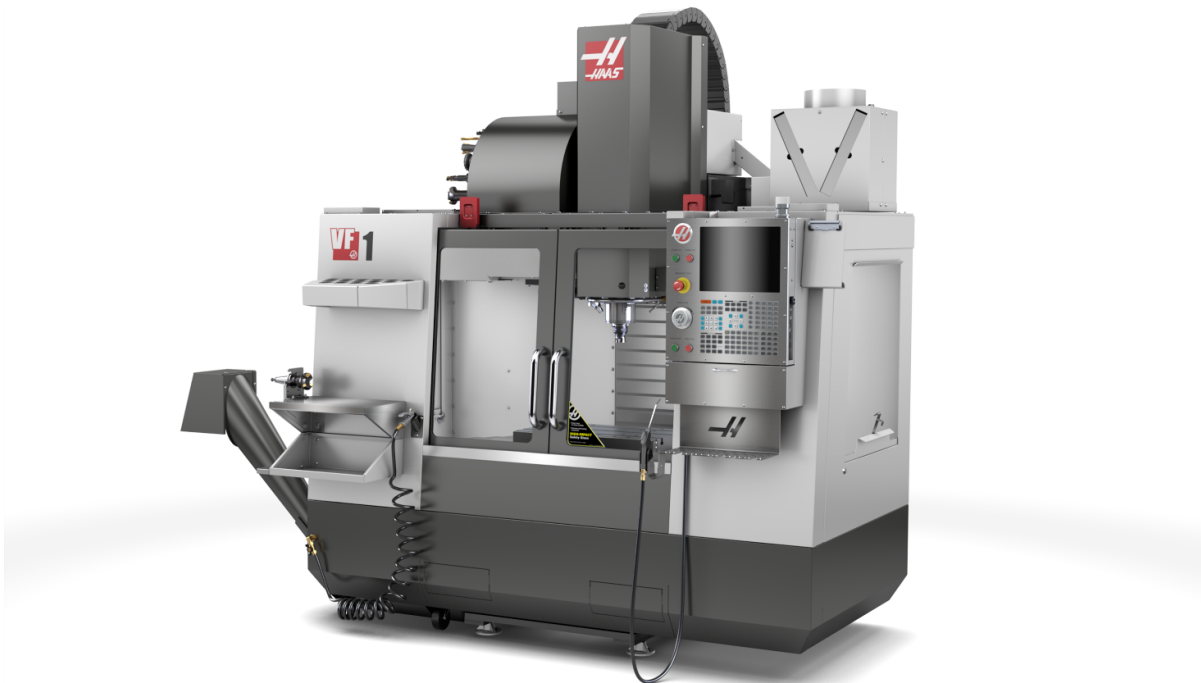


Рисунок 3.5 – Оброблюючий центр VF-1 (Haas)

Кожен вертикальний обробний центр серії VF виконує головні функції, а саме фрезерування, свердлування, зенкерування та пропонує широкий вибір опцій для того, щоб індивідуалізувати ваш верстат відповідно до ваших потреб. Всі верстати Haas розроблені та виготовлені в Окснарді, штат Каліфорнія, США.

Технічні характеристики обладнання:

Ходи

Вісь X 508 mm

Вісь Y 406 mm

Вісь Z 508 mm

Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ макс.) 24.0 in 610 mm

Відстань від переднього торця шпинделя до столу (~ хв.) 4.0 in 102 mm

Максимальна потужність 29 kW

Максимальна швидкість 8100 rpm 8100 rpm

Максимальний крутний момент 90.0 ft-lbf @ 2000 rpm 122.0 Nm @ 2000 rpm

Максимальний крутний момент з опціональним редуктором 250 ft-lbf @ 450 rpm 339 Nm @ 450 rpm

Система приводу Inline Direct-Drive Inline Direct-Drive

Конус СТ або ВТ 40 СТ або ВТ 40

Змащування підшипників Air/Oil Injection Air/Oil Injection

Охолодження Liquid Cooled Liquid Cooled

S.A.E METRIC

Необхідна кількість стисненого повітря 4 scfm @ 100 psi 113 L/min @ 6.9 bar

Вбудований повітряний шланг 3/8 in 3/8 in

Муфта (пневматична) 3/8 in 3/8 in

Мінімальний тиск повітря 80 psi 5.5 bar

DIMENSIONS - SHIPPING S.A.E METRIC

Супутник для внутрішніх перевезень 101 in x 99 in x 101 in 257 cm x 251 cm x 257 cm

Експортний супутник 98 in x 92 in x 100 in 249 cm x 232 cm x 254 cm

Маса 7800 lb 3539.0 kg

ELECTRICAL SPECIFICATION S.A.E METRIC

Швидкість обертання шпинделя 8100 rpm 8100 rpm

Система приводу Inline Direct-Drive Inline Direct-Drive

Потужність, що передається шпинделем 30.0 hp 22.4 kW

Напруга змінного струму на вході (трифазний): низька 220 VAC 220 VAC

Повне навантаження, ампер (трифазний): мінімальне 70 A 70 A

Input AC Voltage (3 Phase) - High* 440 VAC 440 VAC

Full Load Amps (3 Phase) - High* 35 A 35 A

3.6 Пректування маршруту порізки і написання g-коду

На початку пректування маршруту порізки проводиться створення моделі в SolidWorks

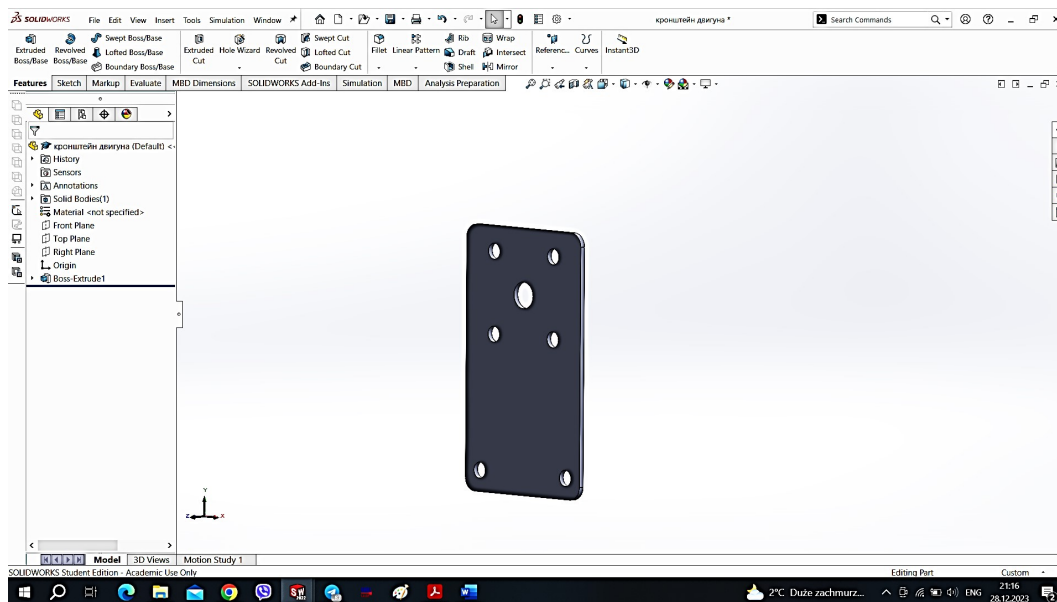


Рисунок 3.6 – Модель «Кронштейн»

Спочатку беремо за основу створену модель.

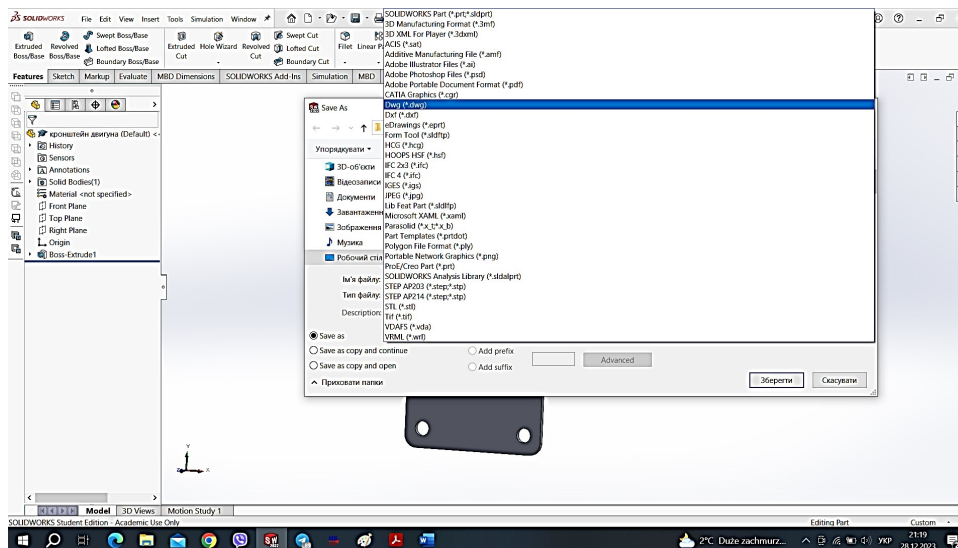


Рисунок 3.7 – Створення векторного креслення «Кронштейна»

Тепер переформатуємо модель в векторний формат Dwg і перетворюємо його в формат SVG через онлайн сервіси.

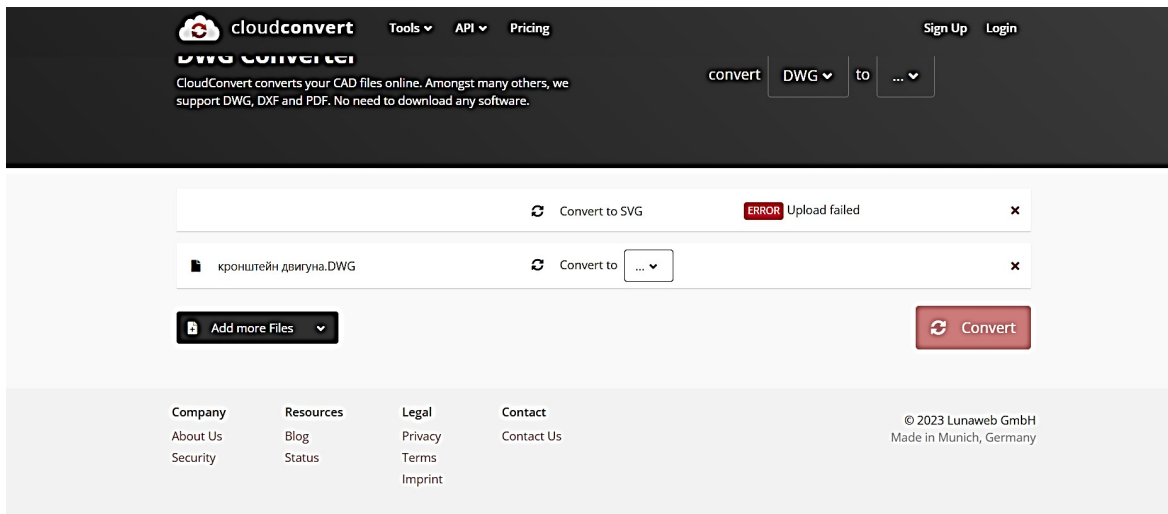


Рисунок 3.8 – Сервіс переформатування файлів

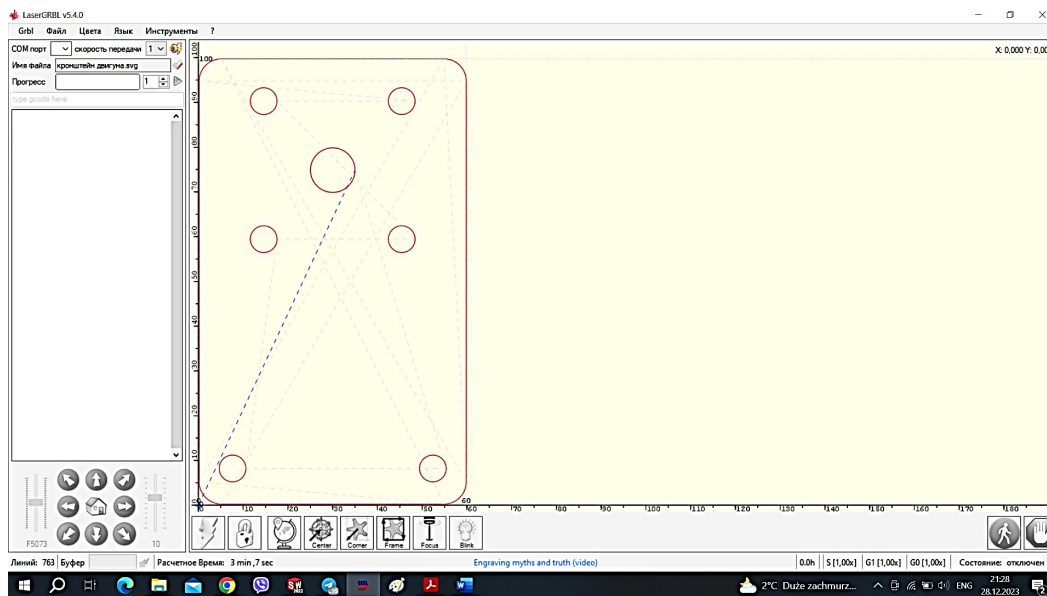


Рисунок 3.9 – Середовище LaserGRBL

Тепер відкривши файл в програмі LaserGRBL система автоматично прорахувала маршрут порізки і написала g-код для порізки листа сталі, з якого буде виготовлено кронштейн.

Подібним чином будуть виготовлені всі кронштейни для верстата.

3.7 Розроблення технологічного процесу виготовлення деталі «Кронштейн»

Виходячи з виду заготовки, отриманої лазерною порізкою з листа та отворами, технологічний процес оброблення представлено у таблиці 3.4. [16].

Таблиця 3.4 - Технологічний процес виготовлення «Кронштейна»

№ Операції	Назва операції та переходи	Верстат	Інструмент	Пристрій
005	Заготівельна. Лазерна порізка з листа та отворів	StoLaser 1325 FiberCut Start	Лазер	Затиски
010	Слюсарна. Зачистка по контуру	Верстак	Напилок	Лещата
015	Вертикально-фрезерна Зняття фасок з двох сторін деталі	Центр Haas VF-1	Свердло Ø12 860.1-1200- 053A1-PM P1BM	Спец. пристрій УЗП
020	Контрольна	Верстак	-	Спец. пристрій

3.8 Розрахунок режимів різання

Аналітичний розрахунок режимів різання для операції зняття фаски з отвору $\varnothing 10$ на глибину 1 мм свердлом $\varnothing 12$ мм.

Приймаємо свердло спіральне із швидкоріжучої сталі з хвостовиком [18].

Геометричні параметри свердла: форма заточки ДП – подвійна з підточкою поперечної кромки; $\alpha = 12^\circ$; $\varphi = 40 \dots 60^\circ$; $2\varphi = 118^\circ$; [8].

1) Глибина різання:

$$t = 1 \text{ мм.} \quad (3.1)$$

2) Подача: $S = 0,2$ мм/об [18].

3) Швидкість головного руху різання V , м/хв., визначаємо по формулі:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot S_z^y} \cdot K_v, \quad (3.2)$$

де C_v – коефіцієнт, $C_v = 7,0$ [18];

T – період стійкості, $T = 25$ хв [18];

q, m, x, y, u, p – показники степеня приймаємо по [18]:

$q = 0,4$; $m = 0,2$; $y = 0,7$;

K_v – загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який ураховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{lv} \cdot K_{lv}, \quad (3.3)$$

де K_{mv} – коефіцієнт, який враховує якість оброблюємого матеріалу, визначаємо по [18];

$$K_{mv} = \left(\frac{190}{\sigma_B} \right)^{n_v}, \quad (3.4)$$

де n_v – показник степеня, $n_v = -0,9$ [18],

$$K_{mv} = \left(\frac{750}{460} \right)^{-0,9} = 0,64;$$

K_{lv} – коефіцієнт, який враховує глибину свердління, $K_{lv} = 1,0$ [18];

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

$$v = \frac{7,0 \cdot 12^{0,4}}{25^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} \cdot 0,64 \cdot 1,0 \cdot 1,0 = 16,7 \text{ м/хв.}$$

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

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 16,7}{3,14 \cdot 10} = 665 \text{ об/хв.} \quad (3.5)$$

Оскільки верстат VF-1, на якому ведемо обробку, має без ступеневе регулювання швидкості обертання шпинделя, то розраховану частоту обертання шпинделя не коректуємо.

5) Крутний момент

$$M_{кр} = 10 \cdot C_m \cdot D^y \cdot S^q \cdot K_p \quad (3.6)$$

де $C_m = 0,0345$; $q = 2,0$; $y = 0,8$ [8];

K_p – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичні умови обробки, в даному випадку залежить тільки від матеріалу заготовки:

$$K_p = K_{mp} = \left(\frac{\sigma}{190} \right)^{np} = \left(\frac{460}{750} \right)^{0,75} = 0,69, \quad (3.7)$$

де np – показник степені, $np = 0,75$ [8];

$$M_{кр} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 12^{2,0} \cdot 0,2^{0,8} \cdot 0,69 = 1,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

б) Осьова сила різання

$$P_0 = 10 \cdot C_p \cdot D^q \cdot S^y \cdot K_p, \quad (3.8)$$

де $C_p = 68$; $y = 0,7$; $q = 1,0$ [18].

$$P_0 = 10 \cdot 68 \cdot 12^{1,0} \cdot 0,4^{0,7} \cdot 0,69 = 1216,7 \text{ Н}.$$

7) Потужність різання

$$N_{різ} = \frac{M_{кр} \cdot n}{9750} = \frac{1,2 \cdot 665}{9750} = 0,1 \text{ кВт}. \quad (3.9)$$

Перевіряємо чи достатня потужність привода верстата для проведення цієї операції.

Потужність на шпинделі верстата

$$N_{шп} = N_B \cdot \eta, \quad (3.10)$$

де N_B – потужність привода головного руху, $N_B = 3,7$ кВт;

η – коефіцієнт корисної дії, $\eta = 0,8$,

$$N_{шп} = 3,7 \cdot 0,8 = 2,96 \text{ кВт}.$$

Перевірку проводимо згідно співвідношення

$$N_{шп} > N_{різ},$$

$$2,96 > 0,1.$$

Обробка можлива.

8) Визначення основного часу на перехід

$$t_o = l_{p.x}i / S \cdot n_{\Delta}, \quad (3.11)$$

де $l_{p.x}$ - довжина робочого ходу інструменту, 7 мм;

$$l_{p.x} = l_{piz} + y + \Delta, \quad (3.12)$$

де y – підвід, врізання та перебіг інструмента,

$$y = 0 \text{ мм};$$

Δ – величина перебігу, $\Delta = 0$ мм.

$$l_{p.x} = 7 \text{ мм};$$

На оброблення сімох отворів

$$t_o = 7 / 665 \cdot 0,2 = 0,1 \text{ хв.}$$

3.9 Технічне нормування операції

Операцію, а саме 015 розраховуємо згідно прийнятій методики.

Технічні норми часу в умовах серійного виробництва необхідно встановити розрахунково-аналітичними методом і вибрати значення в довідковій літературі [17].

«При серійному виробництві визначається норма штучного часу.

$$T_{шт} = t_o + t_d + t_{обсл} + t_{відп}, \quad [17], \quad (3.13)$$

де t_o – основний (технологічний) час;

t_d – допоміжний час;

$t_{обсл}$ – час на обслуговування робочого місця;

$t_{відп}$ – час на відпочинок.

При серійному виробництві додатково розраховується штучно-калькуляційний час:

$$T_{\text{ш-к}} = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{п.з}}}{n}, \quad (3.14)$$

де $T_{\text{ш-к}}$ – штучно-калькуляційний час;

$T_{\text{п.з}}$ – підготовчо заключний час;

n – величина партії деталей» [17].

«Основний (технологічний) час t_0 витрачається на безпосереднє здійснення технологічного процесу різання, тобто на зміну форми, розмірів, якості оброблюваної поверхні деталі.

Допоміжний час T_d використовується робочим на дії, які забезпечують виконання основної роботи. Разом з основним часом він складає оперативний час. При визначення норми допоміжного часу сумують слідуєчи його елементи:

- час на установку і зняття деталі;
- час на управління верстатом (затрати на пуск та установку верстату, включення і виключення подачі, зміну інструменту);
- час на вимірювання деталі;
- час на обслуговування робочого місця.

$T_{\text{обсл}}$ складається з двох частин:

1) Час на технічне обслуговування робочого місця $T_{\text{тех}}$, який витрачається на заміну затупленого інструменту, на регулювання і підналадку верстату під час роботи, і на збирання стружки на робочому місці під час роботи.

2) Час на організаційне обслуговування робочого місця $T_{\text{орг}}$, який потрібен для розкладання інструменту на початку зміни і збиранні його в кінці зміни, огляду обладнання, змащення і очищення верстату під час роботи.

Час перерв на відпочинок $T_{\text{відп}}$ залежить від маси оброблюваної деталі, характеру подачі (ручна чи механічна).

$T_{\text{в.з}}$ – час на встановлення і зняття деталі;

T_y – час управління верстатом;

T_b – час вимірювання деталі;

T_T – технічний час обслуговування;

T_{op} – організаційний час обслуговування;

n – величина партії, 10 шт» [19].

Для прикладу визначаємо норми часу на операцію 015 з ЧПК.

$$\text{Визначаємо } (T_{в.з.} + T_{з.в.}) = 0,06 \text{ хв.}$$

Враховуємо виправний коефіцієнт для серійного виробництва – 1,5.

$$T_{в.з.} + T_{з.в.} = 1,5 \cdot 0,06 = 0,09 \text{ хв.} \quad (3.15)$$

$$T_{ун} = (0,01 + 0,17 + 0,01) \cdot 1,5 = 0,14 \text{ хв.}$$

$$T_{вим} = (0,21 + 0,23) \cdot 1,5 = 0,66 \text{ хв.}$$

Визначаємо оперативний час $T_{оп}$:

$$T_{оп} = 0,1 + 0,09 + 0,14 + 0,66 = 0,99 \text{ хв.} \quad (3.16)$$

Загальний час на обслуговування робочого місця і відпочинок дорівнює

$$T_{об.від} = \frac{T_{оп} \cdot P_{об.від}}{100}, \quad (3.17)$$

де $P_{об.від}$ - затрати часу на обслуговування робочого місця і відпочинок у відсотковому відношенні до оперативного часу,

$P_{об.від} = 7\%$ [19].

$$T_{об.від} = \frac{0,99 \cdot 7}{100} = 0,07 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучний час

$$T_{шт} = 0,1 + 0,99 + 0,07 = 1,16 \text{ хв.}$$

Визначаємо штучно-калькуляційний час

$$T_{\text{шт.к}} = 1,16 + 23/10 = 3,46 \text{ хв.}$$

3.10 Висновки до розділу 3

Провівши аналіз службового призначення та технічних вимог, що пред'являються до деталі «Кронштейн», запропоновано метод отримання заготовки та технологічний процес її оброблення із застосуванням верстата з ЧПК. Вибрано різальний інструмент та запропоновано застосовувати спеціальний пристрій УЗП для зняття фасок в отворах.

Аналітично розраховано режим різання та проведено нормування операції зняття фасок у семи отворах.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Загальні вимоги безпеки при роботі на лазерних установках

«Вихідне випромінювання становить небезпеку при опроміненні очей прямим, дзеркально відбитим, а також дифузновідбитим випромінюванням на відстані 10 см від дифузно відбиваючої поверхні, і (або) при опроміненні шкіри прямим і дзеркально відбитим випромінюванням. Лазери класу 3 створюють небезпеку для очей, оскільки реакція природної відрази недостатньо швидка, щоб обмежити експозицію сітківки безпечним в даний момент рівнем. Також може бути завдано шкоди іншим структурам очей (наприклад, рогівці і кришталіку). В умовах випадкової експозиції небезпеки для шкіри, зазвичай, не виникає.

Основні вимоги з техніки безпеки при роботі з лазерним верстатом:

1. Робота з лазером дозволяється тільки особам, що досягли 18-літнього віку, пройшли медичний огляд і визнани гідними для роботи з ОКГ, пройшли інструктаж на робочому місці, здали екзамен з ПТБ і ПТЕ, що мають кваліфікаційну групу не нижче III і отримали допуск до роботи у встановленому порядку.

2. При роботі на лазерній установці необхідно дотримуватися правил внутрішнього розпорядку. Забороняється курити, розпивати спиртні напої, лишати установку без нагляду.

3. Установка та устаткування повинні бути закріплені за відповідальною особою, яка відповідає за технічний стан що гарантує безпечну роботу з ними.

4. Усі придбані та утворені установки з ОКГ повинні бути представлені комісії з ОП та ТБ Інституту, яка приймає їх і видає дозвіл на право їх експлуатації.

5. До небезпечних і шкідливих факторів, які діють на робітника, належать (в залежності від конструкції лазера):

- лазерне випромінювання (пряме, розсіяне, відбите);

- світлове випромінювання від імпульсних ламп накачки або кварцевих разрядних трубок;
- ультрафіолетове випромінювання від ламп накачки або кварцевих разрядних трубок;
- іонізуюче випромінювання;
- висока напруга;
- електромагнітні поля ВЧ- і НВЧ-діапазону від генераторів накачки;
- ІК випромінювання і виділення тепла від устаткування і нагрітих поверхностей;
- агресивні і токсичні сполуки, які використовуються в конструкції лазера.

6. Для забезпечення безпеки в робочому приміщенні повинні знаходитись:

- діелектричні коврики біля пульту і щитка керування;
- діелектричні перчатки;
- заземлювачі (штанги для накладання заземлення);
- захисні окуляри з фільтрами які мають смугу поглинання відповідну основним частотам випромінювання ОКГ та їх інтенсивним гармонікам;
- укомплектована аптечка;
- предмети сангігієни (умивальник, мило, рушник);
- засоби пожеарогасіння (вуглекислотний вогнегасник).

7. В робочому приміщенні при роботі установки повинні знаходитись не менше ніж два співробітника одночасно.

8. На входній двері приміщення і на установці повинні знаходитись знаки "ЛАЗЕРНА НЕБЕЗПЕКА"

9. Внутрішня відділка стін приміщення повинна мати світлопоглинаючу поверхню.

10. Підлога повинна відповідати вимогам СН і П Ш-В-14-72.

11. Для лазерів III-IV класів двері приміщень повинні бути з внутрішніми замками та табло: «СТОРОННІМ ВХІД ЗАБОРОНЕНО»

Важливо пам'ятати:

1. Перше правило лазерної безпеки: **НІКОЛИ, НІ ЗА ЯКИХ ОБСТАВИН НЕ ДИВИТИСЯ НА ЛАЗЕРНИЙ ПРОМІНЬ!**

2. Потенційні місця пошкодження ока безпосередньо пов'язані з довжиною хвилі лазерного випромінювання.

3. При роботі з лазерами необхідно мати окуляри, які захищають від лазерного випромінювання. Захисні окуляри потрібні навіть для лазера 15мВт, так як без них очі сильно втомлюються.

Для захисту очей не можна використовувати сонцезахисні окуляри!

Ступінь захисту окулярів від лазерного випромінювання вимірюється в OD (Optical Density - оптична щільність). Оптична щільність показує, у скільки разів окуляри послаблюють світло.

Одиниця означає «в 10 разів». Відповідно, «оптична щільність 3» означає ослаблення в 1000 разів, а 6 - в мільйон. Правильна оптична щільність для видимого лазера така, щоб після окуляр від прямого попадання лазера залишилася потужність, яка відповідає класу II (максимум десь 1 мВт). Для невидимого - чим більше, тим краще» [26].

4.2 Розрахунок заземлення верстата

«Для будь якого верстата необхідне заземлення для запобігання нещасних випадків ураження струмом, та коректної роботи обладнання. Хоч і лазерний верстат не є потужним агрегатом, та без заземлення теж працювати не може.

Загальні вимоги з електробезпеки повинні відповідати ССБТ. Захисне заземлення використовується для запобігання ураження електричним струмом. Він повинен захищати людей від ураження електричним струмом, коли вони контактують з непровідними металевими частинами, які можуть потрапити під напругу через пошкодження ізоляції. Це досягається шляхом заземлення або еквівалентного з'єднання металевих частин електроустановки.

Відповідно до класифікації приміщень за ступенем небезпеки ураження електричним струмом (ПУЕ) приміщення, в яких проводяться всі роботи,

відносяться до 1 категорії (без підвищеного ризику). Під час роботи використовуйте електроприлади з напругою живлення 36 В, 220 В і 360 В, опір контуру заземлення не повинен перевищувати 4 Ом.» [17].

«Розрахунок виконується за методом коефіцієнта використання (екранування) електродів. Коефіцієнт використання η для групового заземлювача - це відношення ефективної провідності заземлювача до найбільш імовірної провідності на нескінченних відстанях між його електродами.

Коефіцієнт використання η_v для вертикальних заземлювачів залежить від місця розташування заземлювачів та їх кількості і становить 0,4...0,99. Використовуйте коефіцієнт використання горизонтального заземлюючого провідника η_h , щоб врахувати ефект взаємного екранування горизонтальних заземлюючих провідників (з'єднувальних планок).

Порядок розрахунку:

1. Визначається необхідний опір штучних заземлювачів $R_{шт.з.}$:

$$R_{шт.з.} = \frac{R_d \times R_{пр.з.}}{(R_{пр.з.} - R_d)} \quad (4.1)$$

де $R_{пр.з.}$ – опір природних заземлювачів;

R_d – допустимий опір заземлення. Якщо природні заземлювачі відсутні, то $R_{шт.з.} = R_d$.» [17].

Таблиця 4.1 – Допустимі значення опорів R_d заземлювальних пристроїв в електроустановках [17]

Характеристика електроустановок	R_d , Ом
Електроустановки напругою до 1000 В	
– за потужності генераторів та трансформаторів більше 100 кВт	4
– за потужності генераторів та трансформаторів 100 кВт і менше	10

В нашому випадку R_d складе 10 Ом.

Опір ґрунту значною мірою залежить від питомого опору ґрунту, ρ , Ом. Питомий опір ґрунту залежить від характеру ґрунту та пори року. Його значення найбільше, коли ґрунт промерзає в холодні періоди на півночі або

коли ґрунт найбільш сухий у теплі періоди на півдні. За таблицею 4.2 визначте орієнтовне значення питомого опору ґрунту ρ .

Таблиця 4.2 – приблизні значення питомих електричних опорів різних ґрунтів, Ом [17]

Тип ґрунту	Питомий опір ґрунту*, Ом	
	Межі коливань,	Рекомендоване значення для розрахунків
Глина (г)	8–70	40
Суглинок (с)	40–150	100
Чорнозем (ч)	9–53	30
Садова земля (с.з)	30–60	50

Примітки:
 1. Питомий електричний опір ґрунту є опір куба ґрунту з ребром 1 м.
 2. У випадку малого відсотка вмісту вологи в ґрунті можливі більші значення опорів.
 3. Питомі опори ґрунтів коливаються протягом року, що враховують при розрахунках введенням так званих сезонних коефіцієнтів опору ґрунту.

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти сезонності ψ для однорідної землі при вимірюванні її опору [17]

Кліматична зона	Вологість землі при вимірюванні					
	підвищена	нормальна	мала	підвищена	нормальна	мала
	ψ_B для вертикального електрода довжиною $l_B=3$ м			ψ_r для горизонтального електрода довжиною $l_r=10$ м		
I	1,9	1,7	1,5	9,3	5,5	4,1
II	1,7	1,5	1,3	5,9	3,5	2,5
III	1,5	1,3	1,2	4,0	2,5	2,0
IV	1,3	1,1	1,0	2,5	1,5	1,1
	ψ_B для вертикального електрода довжиною $l_B=5$ м			ψ_r для горизонтального електрода довжиною $l_r=50$ м		
I	1,5	1,4	1,3	7,2	4,5	3,6
II	1,4	1,3	1,2	4,8	3,0	2,4
III	1,3	1,2	1,1	3,2	2,0	1,6
IV	1,2	1,1	1,0	2,2	1,4	1,12

3. «Розрахунковий питомий опір ґрунту, $\rho_{розр}$, Ом, визначається за формулою

$$\rho_{розр} = \psi \rho \quad (4.2)$$

де ψ – коефіцієнт сезонності (таблиця 4);

ρ – табличне значення питомого опору ґрунту, Ом (таблиця 4.2).

Для наших умов вибираємо $\psi = 1.3$, $\rho = 30$;

Відповідно до таблиці 4 сезонні значення коефіцієнтів вертикального наземного пристрою $\psi_{\text{в}}$ і горизонтального $\psi_{\text{г}}$ вибираються відповідно до кліматичної зони.

З урахуванням питомого опору ґрунту ρ та сезонних коефіцієнтів $\psi_{\text{в}}$ і $\psi_{\text{г}}$ визначається розрахунковий питомий опір ґрунту Ом для вертикального заземлювача $\rho_{\text{прозр.в}}$ і горизонтального $\rho_{\text{прозр.г}}$ відповідно.

4. Розраховується опір розтікання струму вертикального заземлювача $R_{\text{в}}$, Ом, за формулою:

$$R_{\text{о}} = \frac{\rho_{\text{прозр}}}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+l}{4t-l} \right) = 10.386 \quad (4.3)$$

де $l_{\text{в}}$ – довжина вертикального заземлювача; d – діаметр стержня, $d = 0,05$ м; t – відстань від поверхні землі до середини заземлювача (рисунок 4.1), яка визначається за формулою:

$$t = h_{\text{в}} + \frac{l_{\text{в}}}{2} = 0.7 \quad (4.4)$$

де $h_{\text{в}}$ – глибина закладання заземлювачів (прийняти за 0,8 м).

5. Визначається теоретична кількість вертикальних заземлювачів n , штук, без урахування коефіцієнта використання $\eta_{\text{в}}$:

6.

$$n = \frac{R_{\text{в}}}{R_{\text{д}}} = 5 \quad (4.5)$$

За значенням n , розрахованим у таблиці 4.4, визначити коефіцієнт використання вертикального заземлювача. $\eta_{\text{в}}$ » [17].

Таблиця 4.4 – Коефіцієнт η_v використання вертикальних електродів групового заземлювача без врахування впливу з'єднувальної стрічки* [17]

Кількість заземлювачів							
2	3	4	10	20	40	60	100
Заземлювачі розташовані в ряд							
0,85	0,73	0,65	0,59	0,48	–	–	–
Заземлювачі розташовані по контуру							
–	0,69	0,61	0,57	0,47	0,41	0,39	0,36
*Примітка: в таблиці наведені значення η_v для відношення відстаней між електродами до їх довжини, що дорівнює одиниці ($L_B/l_B = 1$)							

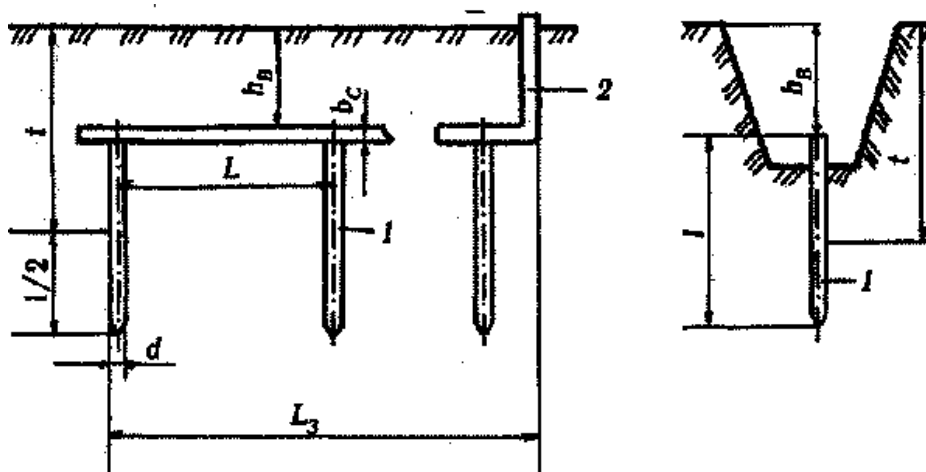


Рисунок 4.1– Схема позначення розмірів для розрахунку захисного заземлення

7. «Визначається необхідна кількість вертикальних заземлювачів з урахуванням коефіцієнта використання, n_v , шт:

$$n_v = \frac{R_B}{R \times \dots} = 5 \quad (4.6)$$

8. Визначається довжина з'єднувальної стрічки горизонтального заземлювача l_c , м:

$$l_c = 1,05 \times L_B \times (n_v - 1), \quad = 1 \text{ м} \quad (4.7)$$

де L_B – відстань між вертикальними заземлювачами, (прийняти за $L_B = 3 \text{ м}$);

n_B – необхідна кількість вертикальних заземлювачів.

9. Визначається опір розтіканню струму горизонтального заземлювача (з'єднувальної стрічки) R_z , Ом:

$$R_z = \frac{\rho_{\text{земля}}}{2\pi \times l_z} \ln \frac{l_z}{d \times h_z}, \quad = 65.235 \quad (4.8)$$

де d – еквівалентний діаметр смуги шириною b , $d = 0,95b$, $b = 0,15$ м.

10. За таблицею 4.5 визначається коефіцієнт використання горизонтального заземлювача η_z , відповідно до необхідної кількості вертикальних заземлювачів n_B .» [17].

Таблиця 4.5– Коефіцієнт використання з'єднувальної смуги η_c *[17]

Кількість заземлювачів							
2	3	4	10	20	40	60	100
Заземлювачі розташовані в ряд							
0,85	0,77	0,72	0,62	0,42	–	–	–
Заземлювачі розташовані по контуру							
–	0,45	0,40	0,34	0,27	0,22	0,2	0,19
*Примітка: в таблиці наведені значення η_c для відношення відстаней між електродами до їх довжини, що дорівнює одиниці ($L_B/L_B = 1$)							

11. Розраховується результуючий опір заземлювального електроду з урахуванням з'єднувальної смуги:

$$R_z = \frac{R_B \cdot R_\Gamma}{R_B \times \eta_c + R_\Gamma \times n_B \times \eta_B} \leq R_{\text{Д}} = 2.2642 \text{ Ом.} \quad (4.9)$$

12. Складається схема захисного заземлення (рисунок 4.2).

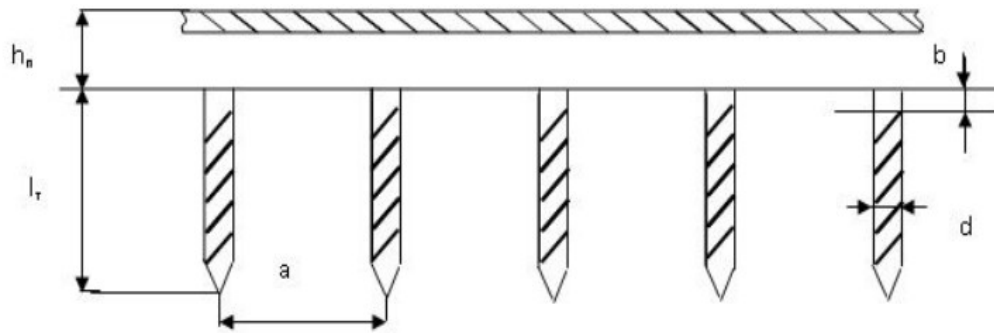


Рисунок 4.2 – Схема захисного заземлення

Лазерні установки повинні бути обладнані блокувальними пристроями, що перешкоджають доступу персоналу в межі небезпечної зони під час роботи лазерів, і світлозвуковою сигналізацією, що сповіщає персонал про небезпеку. Керування лазерною установкою слід максимально автоматизувати.

4.3 Висновки до розділу 4

У розділі наведено основні вимоги з техніки безпеки при роботі з лазерним верстатом.

Проведено розрахунок заземлення верстата.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано сучасні досягнення у створенні верстатів для лазерної різки матеріалів та запропоновано оригінальну конструкцію верстата лазерного розкрою деревоволокнистих плит. Проектування загального виду та вузлів верстата виконано у програмному продукті SolidWorks.

2. Для визначеного типу виробництва вдосконалено технологічний процес виготовлення деталі «Кронштейн», застосувавши верстати з ЧПК, а саме VF-1 фірми HAAS (США).

3. Проведено обґрунтування технологічних параметрів процесу механічної обробки деталі «Кронштейн», а саме вибрано обладнання та різальний інструмент, розраховано режими різання, проведено нормування операцій.

4. Виконано проектування технологічної оснастки з елементів УЗП на верстат з ЧПК для операції зняття фасок у 7-ми отворів. Виконано проектування контрольного пристрою та проведено розрахунок їх на точність.

5. У розділі охорони праці наведено загальні вимоги безпеки при роботі на лазерних установках. Проведено розрахунок заземлюючого пристрою верстата.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шастин В. И. Современное состояние и перспективы промышленного использования лазерных технологий в машиностроении. Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. 2008. № 4. С. 60-66.

2. Семенов О. Л., Шастин В. И., Ермаков М. А. Разработка технологии лазерного упрочнения штампового оборудования. Молодой ученый. 2018. №12. С. 48-50.

3. Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Лазерна поверхнева обробка матеріалів /Афанасьєва О.В., Лалазарова Н.О., Федоренко Є.П. Харків : ФОП Панов А.М., 2020. 100 с.

4. Кайдалов А.А. Современные технологии термической и дистанционной резки конструкционных материалов. К. : «Екотехнологія», 2007. 456 с.

5. Коваленко В.С Прогрессивные методы лазерной обработки материалов. К.: Вища школа, 1985. 88 с.

6. Попіль, Ю. С., Корж В. М, Кондрашев П. В. Газолазерне різання тонколистових металів з використанням воднево-кисневого полум'я. Вісник НТУУ «КПІ». Машинобудування : збірник наукових праць. 2011. № 61, т. 2. С. 109–112.

7. Афанасьєва О. В., Лалазарова Н. А., Федоренко Е. П. Использование лазеров малой мощности в промышленных технологиях. Радиотехника. 2013. Вып. 175. С.63–68.

8. Корж В. М. Газотермічна обробка матеріалів: Навчальний посібник. К. : Екотехнологія, 2005. 195 с. ISBN 966-8409-07-8.

9. Черненко В. С., Кіндрачук М. В., Дудка О. І. Променеві методи обробки: Навч. посібник. К. : Кондор, 2004. 166 с. ISBN 966-798-270-X.

10. Коваленко В. С. Прогрессивные методы лазерной обработки материалов. К. : Вища школа, 1985. 88 с.

11. Colin E. Webb, Julian D.C. Jones. Handbook Of Laser Technology And Applications (Справочник по лазерным технологиям и их применению) book 1. IOP. ISBN 0-7503-0960-1.

12. Colin E. Webb, Julian D.C. Jones. Handbook Of Laser Technology And Applications (Справочник по лазерным технологиям и их применению) book 2. IOP. ISBN 0-7503-0963-6.

13. Steen William M. Laser Material Processing (вид. 2nd edition). Great Britain: Springer-Verlag. 1998. p. 224. ISBN 3-540-76174-8.

14. Коваленко В.С., Романенко В. В., Олещук Л. М. Малоотходные процессы резки лучом лазера. К.: Техніка, 1987. 112 с, ил. Библиогр.: с 109-111.

15. Добрянський С. С., Малафеев Ю. М., Пуховський Є. С. Проектування та виробництво заготовок. Підручник для студентів машинобудівних спеціальностей ВНЗ. / Під редакцією Коренькова В.М. Київ: НТУУ «КПІ», 2014. 353 с., іл.

16. Шабайкович В. А. Выбор оптимального технологического процесса механической обработки деталей машин. Львов, 1975. 25 с.

17. Технологія машинобудування. Посібник-довідник для виконання кваліфікаційних робіт: Навчальний посібник. [Юрчишин І. І. та ін.] Видавництво НУ «Львівська політехніка». 2009. 528 с.

18. Паливода Ю. Є., Дячун А. Є., Лещук Р. Я. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки : навчально-методичний посібник. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2019. 240 с.

19. Кирилович В. А., Мельничук П. П., Яновський В. А. Нормування часу та режимів різання для токарних верстатів з ЧПУ.; під заг. ред. В. А. Кириловича. Житомир : ЖІТІ, 2001. 600 с.

20. Гордєєв А. І., Урбанюк Є. А., Безносів А. Є., Мігаль В. Г. Курсове та дипломне проектування для технології машинобудування та металорізальних верстатів. Навчальний посібник, ХНУ, 2005, 300 с.

21. Сторож Б. Д., Карпик Р. Т., Гордеев А. І. Точність верстатних пристроїв машинобудівного виробництва: Навчальний посібник / За ред. Р.Т. Карпика. Хмельницький: ХДУ, 2003. 222 с., іл.

22. Железна А. М., Кирилович В. А. Основи взаємозамінності, стандартизації та технічних вимірювань: Навчальний посібник. К.: Кондор, 2004. 796 с.

23. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання. Харків : НТУ «ХП», 2020. 275 с.

24. Основи охорони праці: Підручник. 2-ге видання, доповнене та перероблене. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, та ін. За ред. К. Н. Ткачука і М. О. Халімовського. К.: Основа, 2006. 448 с.

25. Пустюльга С. І., Самостян В. Р., Клак Ю. В. Інженерна графіка у SolidWorks. Навчальний посібник. Луцьк. 2018, 174 с.

26. Система стандартів безпеки праці. Лазерна безпека. Загальні положення. Міждержавний стандарт ГОСТ 12.1.040-83.

ДОДАТКИ