

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона

Кафедра «Лазерної техніки та фізико-технічних технологій»

До захисту допущено:

В. о. завідувача кафедри

_____ О. Д. Кагляк

«20» червня 2022 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси
фізико-технічної обробки матеріалів»**

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: «Підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення інструментів
для кукурудзяних подрібнювачів»**

Виконала: студентка IV курсу, групи МЛ-81

Сідун Карина Юріївна _____

Керівник:

професор кафедри ЛТФТТ

Джемелінський Віталій Васильович _____

Рецензент: _____

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті немає

запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студентка _____

Київ 2022

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ81.08.00.000.ПЗ				1

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інститут/факультет: Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є. О. Патона

Кафедра: Лазерна техніка та фізико-технічні технології

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація): Прикладна механіка (Лазерна техніка та комп'ютеризовані процеси фізико-технічної обробки матеріалів)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. завідувача кафедри

_____ Кагляк О. Д.

(підпис) (ініціали, прізвище)

«20» червня 2022 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Сідун Карині Юріївні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи):

Підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення інструментів для кукурудзяних подрібнювачів

Керівник проекту (роботи):

Професор, к.т.н., Джемелінський Віталій Васильович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «20» червня 2022 р. № _____

					МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

2. Строк подання студентом проекту (роботи): 01.06.2022

3. Вихідні дані до проекту (роботи): креслення для виготовлення ножа CLAAS 998683 до жатки кукурудзяної CLAAS Conspeed, матеріал ножа – конструкційна сталь 65Г, річна програма випуску виробу – 10000 шт.

4. Зміст (дипломної роботи) пояснювальної записки (перелік завдань, які потрібно розробити):

- розробка технологічного/операційного процесу виготовлення деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки», вибір устаткування та інструменту;

- проектування пристроїв для виконання деяких операцій;

- розробка методики поверхневого зміцнення робочих поверхонь ножа;

- опис процесу лазерного термозміцнення ножа із сталі 65Г з використанням сканувальної оптики;

- дослідження впливу лазерного термозміцнення на якісні показники поверхневого шару;

- розробка технологічних рекомендацій для лазерного термозміцнення ножа;

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):

1) Опис проблеми та задачі дипломного проекту;

2, 3) Технологічний процес;

4, 5) Дослідження впливу лазерного термозміцнення на якісні показники поверхневого шару, вибір обладнання та призначення режимів для лазерного термозміцнення.

6. Дата видачі завдання 07.02.2022 року.

					МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

РЕФЕРАТ

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “Бакалавр” спеціальності 131. Прикладна механіка, спеціалізації - лазерна техніка та комп’ютеризовані процеси фізико-технічної обробки. Сідун Карина Юріївна. Керівник В. В. Джемелінський. КПІ ім. Ігоря Сікорського. Інститут матеріалознавства та зварювання ім. Є.О. Патона, кафедра “Лазерної техніки та фізико-технічних технологій”. Група МЛ-81. 2022. -72 с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 5 розділів, висновку, переліку використаних джерел із 38 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 72 сторінки основного тексту, 21 рисунок та 8 таблиць.

Метою роботи є розробка та опис технологічного процесу виготовлення інструментів для кукурудзяних подрібнювачів з більш підвищеною ефективністю за допомогою лазерного термічного зміцнення. Оскільки такий інструмент у кукурудзяних подрібнювачах, як ніж, є ключовим, відповідно навантаження саме на нього йде найсильніше. Тому цей виріб потребує покращення технічного виробництва шляхом введення в процес передових методів термомеханічної поверхневої обробки, а саме лазерного термічного зміцнення, яке є легким і бюджетним варіантом поліпшення процесу виготовлення даної деталі.

Робота полягає в розробці методики поверхневого зміцнення робочих поверхонь ножа, а також дослідження впливу лазерного термозміцнення на якісні показники поверхневого шару даного інструмента. Аналіз відповідності лазерної технологічної установки до вимог охорони праці. Графічна частина дипломного проекту включає 6 креслеників формату А1, що містять загальну інформацію щодо опису проблеми та задачі дипломного проекту, технологічного процесу, опису процесу лазерного термічного зміцнення сталі 65Г, дослідження впливу лазерного термозміцнення на якісні показники поверхневого шару, вибору обладнання для лазерного термозміцнення.

									Аркуш
									5
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ81.08.00.000.ПЗ				

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	5
ABSTRACT.....	6
ВСТУП.....	10
1. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	13
1.1. Аналіз вихідних даних для проектування технологічного процесу	13
1.1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація.....	13
1.1.2. Аналіз умов роботи деталі в складальному вузлі.....	14
1.1.3. Аналіз вибору конструкційного матеріалу і висновок.....	15
1.2. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва і висновок.....	15
1.3. Відпрацювання конструкції деталі на технологічність і висновок.....	18
1.4. Проектування конструкції заготовки та її техніко-економічне обґрунтування.....	20
1.4.1. Визначення виду та способу виготовлення заготовки.....	20
1.5. Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраної схеми базування..	22
1.5.1. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз.....	22
1.5.2. Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій.....	25
1.6. Проектування технологічних маршрутів оброблення елементарних поверхонь деталі.....	27
1.7. Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки».....	31

5.3.2. Органи керування лазерною установкою і система спостереження.....	60
5.3.3. Контроль лазерного випромінювання.....	60
5.3.4. Електропожежна безпека.....	63
5.3.5. Вимоги до приміщення і розміщення лазерного устаткування, організація робочих місць персоналу.....	64
5.3.6. Класифікація умов і характеру праці, вимоги до обслуговуючого персоналу і висновок.....	66
Висновок.....	68
Список використаних джерел.....	69

Тема проекту: “ Підвищення ефективності технологічного процесу виготовлення інструментів для кукурудзяних подрібнювачів”

Вступ

Кукурудзу широко застосовують у кулінарії в сирому, відвареному та консервованому вигляді, із зерен кукурудзи отримують кукурудзяний крохмаль, масло, борошно. Корисні властивості кукурудзи гідно оцінили у всіх країнах світу, ця рослина широко застосовується не тільки в кулінарії, але і в медицині. Обсяг її світового виробництва - понад 1,111 млрд. тонн на рік. Кукурудзяна промисловість – одна з найновіших індустріальних галузей України, розвиток якої почався тільки приблизно в 1980-х роках. На сьогоднішній день існує величезна кількість збиральних машин, які використовують в сільському господарстві (рис. 1) [29].



Рисунок 1 – Жатка для зернозбирального комбайна Claas Corio Conspeed 12-75C

						МЛ181.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			10

1.ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Аналіз вихідних даних для проектування технологічного процесу

1.1.1. Аналіз конструктивних особливостей деталі та її класифікація

Щоб спроектувати 3D модель (рис. 1.1) ми використовували програму «КОМПАС-3D». Цей програмний продукт дає змогу визначити масу готової деталі, що знадобиться нам для визначення типу виробництва.

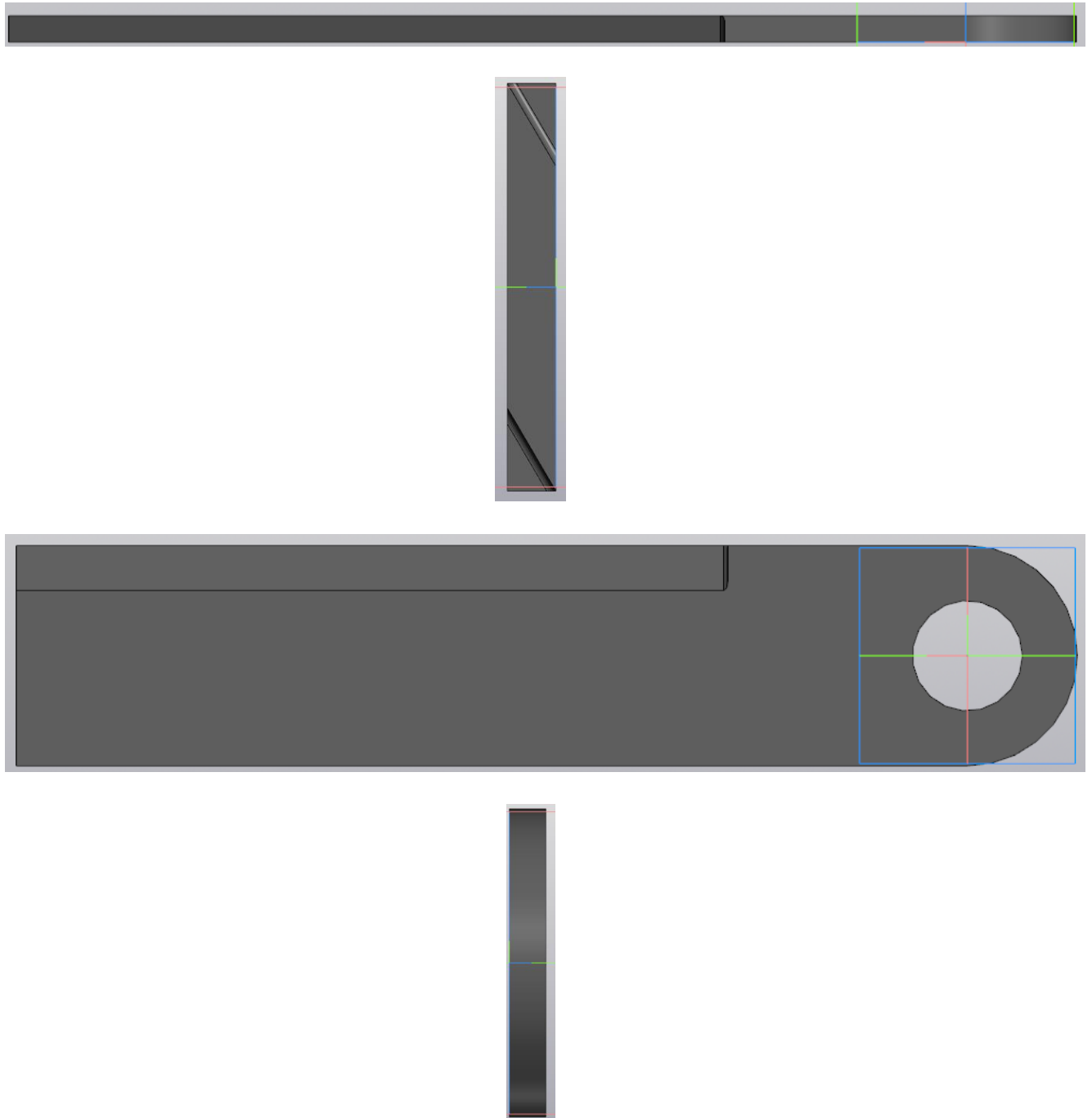


Рисунок 1.1 - 3D модель деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки»

					МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Проаналізувавши 3D модель та кресленик (рис. 1.2) деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» можна побачити, що на кресленику деталі, достатня кількість проєкцій та видів, які дають повне уявлення про конструктивні особливості деталі. Вимоги до точності розмірів робочої поверхні узгоджені з вимогами до параметрів шорсткості [6].

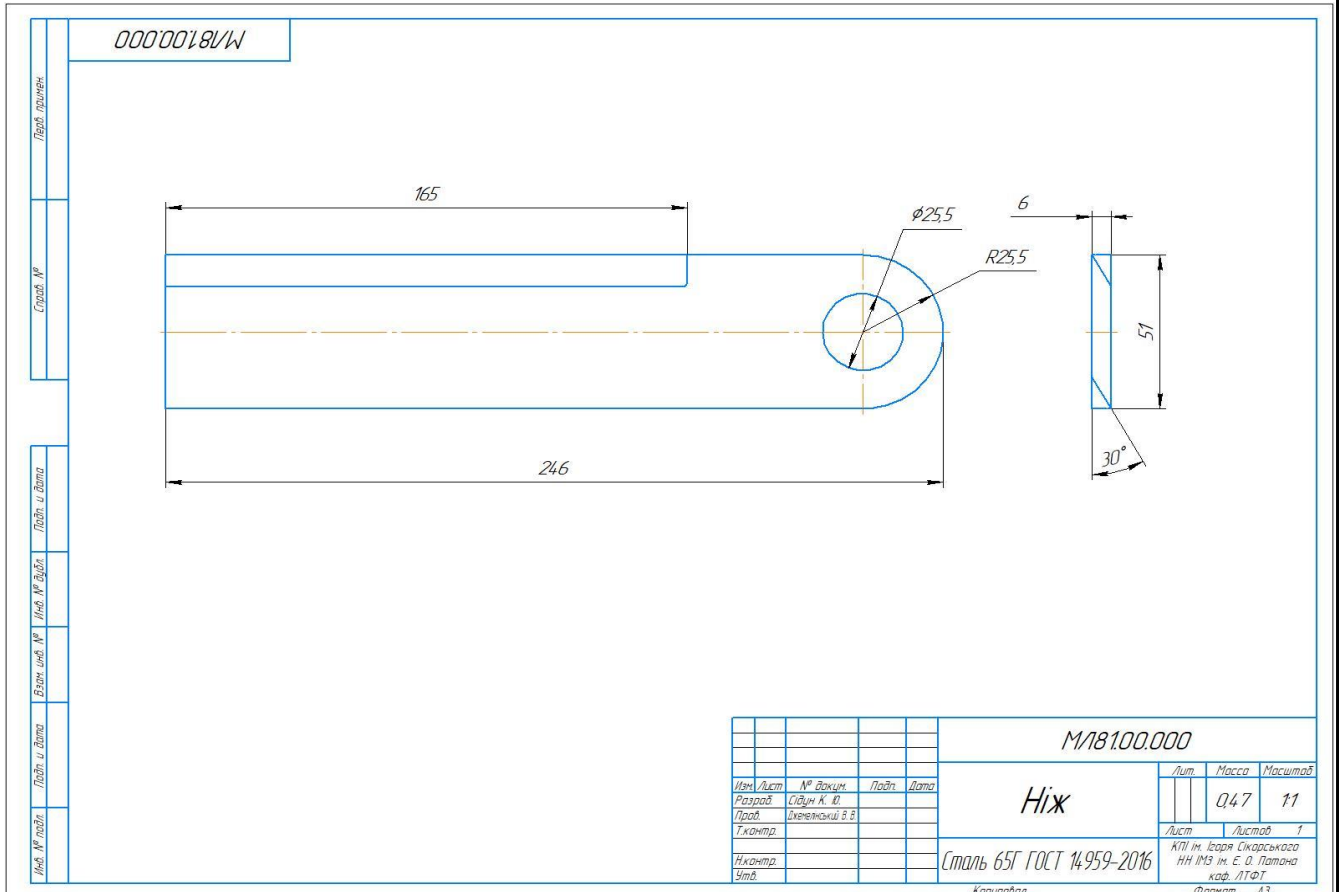


Рисунок 1.2 - Кресленик деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки»

1.1.2. Аналіз умов роботи деталі в складальному вузлі

Деталь «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» призначена для зрізання стебел кукурудзи, після чого проводиться процес вимолочування кукурудзяних зерен. Тому можна зробити висновок, що деталь «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» працює в умовах однонаправлених навантажень. Також в процесі експлуатації ніж працює в досить складних умовах, через те що знаходиться на досить малій відстані від поверхні оброблюваного поля в наслідок чого піддається стиранню об землю, також часті удари об камені невеликих розмірів, тощо [9].

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
						14

1.1.3. Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Заготовка деталі виготовляється з конструкційної ресорно-пружинної сталі 65Г, яка задана для виготовлення даної деталі та цей матеріал здатний забезпечити довготривалу роботу в заданих умовах експлуатації. Деталі з сталі 65Г мають високу пружність і зносостійкість. Сталь 65Г у відповідності до стандартів ДСТУ 8429 має наступні фізико-механічні характеристики (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Фізико-механічні характеристики матеріалу

Сталь	Тимчасовий опір при розтягу, σ_b , Мпа	Твердість по Бринеллю НВ·10 ⁻¹ , Мпа	Щільність, ρ , кг/м ³	Масова частка елементів, %				
				C	Si	Mn	P	S
							не більше	
65Г	980	229-285	7850	0.62- 0.7	0.17- 0.37	0.9-1.2	0.035	0.035

При проведенні процесів холодного пластичного деформування сталь стає дуже малопластичною вже при малих (до 10%) деформаціях, тому, при необхідності виготовлення ножів, пружин або інших деталей великих чи малих розмірів, доводиться застосовувати нагрівання вихідних заготовок, навіть під листове штампування. Втім, і гарячому стані граничні ступеня деформації сталі 65Г вбирається у 50...60% [25].

Висновок: даний матеріал конструкційна ресорно-пружинна сталь 65Г забезпечує сприятливі умови експлуатації деталі.

1.2. Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску виробів. У відповідності до стандартів Єдиної системи технологічної документації (ЄСТД) та Єдиної системи технологічної підготовки виробництва

Масу деталі знаходимо за допомогою функції програми КОМПАС-3D, побудувавши тривимірну модель деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» та додавши відповідний матеріал. (рис. 1.3).

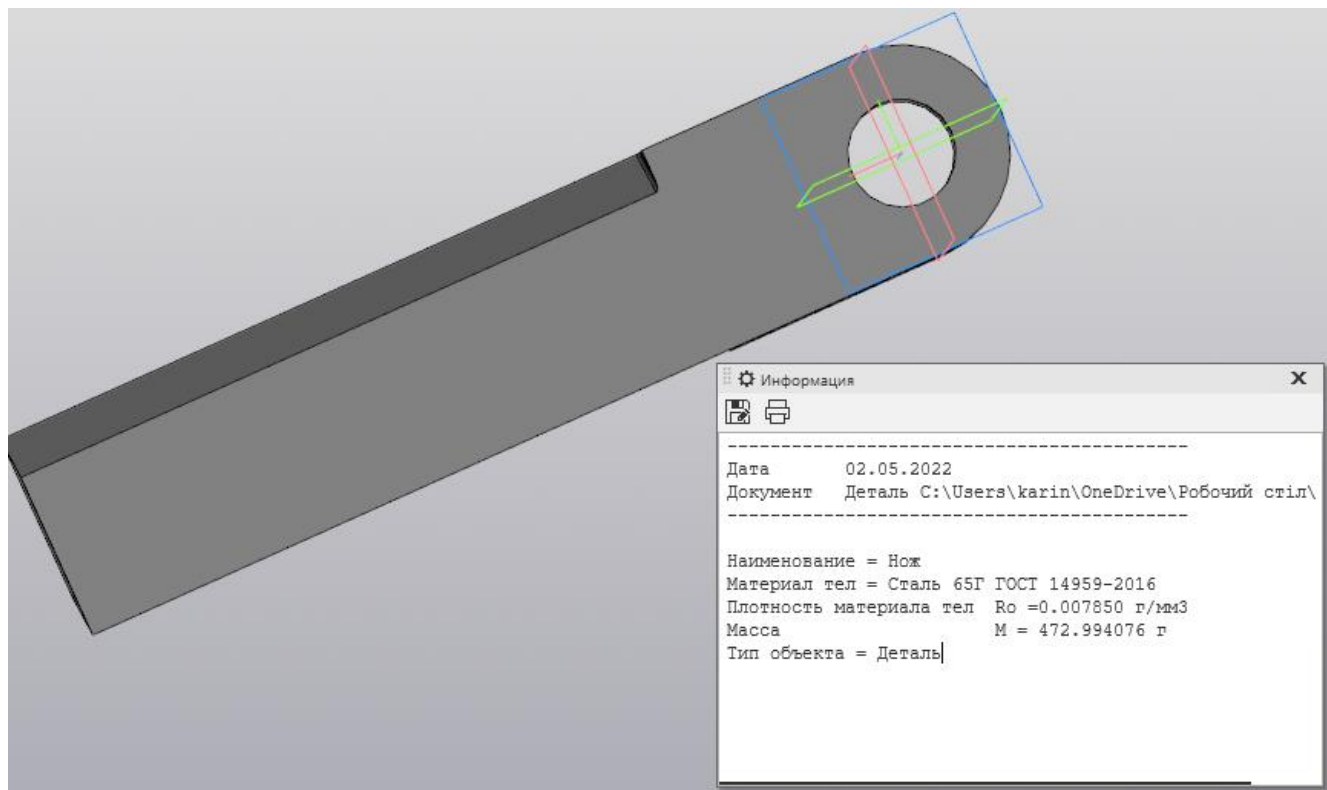


Рисунок 1.3 – Характеристики деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки»

У відповідності до виконаних розрахунків визначили, що маса деталі складає $m = 0,472 \text{ кг}$, а обсяг випуску $N_p = 10000$ деталей на рік. Відповідно до вихідних даних тип виробництва визначаємо за даними табл. 1.2.

						МЛ181.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

мінімальними витратами суспільно-корисної праці на їх виготовлення. Відпрацювання деталі на технологічність представляє собою комплекс заходів по забезпеченню необхідного рівня технологічності конструкції по встановленим показникам, направлений на підвищення продуктивності праці, зниженню витрат і скорочення часу на виготовлення виробу з забезпеченням належного рівня якості.

Оцінка технологічності може бути двох видів:

- якісна;
- кількісна.

Якісна оцінка характеризує технологічність конструкції узагальнено на основі досвіду і допускається на усіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовими показниками і раціональна у тому випадку коли ці показники значно впливають на технологічність виробу.

Сучасні верстати з ЧПУ практично знімають проблему технологічності конструкції виробу, оскільки їх технологічні можливості в сукупності з системою керування верстатом практично не мають обмежень на конструктивні особливості деталей машин.

Заготовка деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» технологічна. Конструкція деталі складається з простих поверхонь, оброблення яких не потребує використання складного спеціального різального інструменту, забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструменту. Достатня жорсткість деталі допускає роботу з використанням високих режимів різання.

Технологічні можливості верстатів з ЧПУ та їх інструментальне забезпечення дозволяє обробляти практично всі конструктивні елементи деталей.

Умови технологічності деталі:

									Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					19

- допускається оброблення поверхонь деталі на прохід;
- для оброблення використовуються стандартні різальні і вимірювальні інструменти;
- оброблення всіх поверхонь забезпечує зручне підведення стандартного різального інструменту [6].

Висновок: технологічний процес виготовлення деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» будемо проектувати для умов багатоміноменклатурного виробництва з застосуванням верстатів з ЧПУ.

1.4. Проектування конструкції заготовки та її техніко-економічне обґрунтування

1.4.1. Визначення виду та способу виготовлення заготовки

В сучасному машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;
- комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконується зварюванням.

Разом з тим, необхідно приймати до уваги, що до теперішнього часу практична більшість заготовок для машинобудівного виробництва виготовляються литтям або пластичним деформуванням.

Для визначення виду виготовлення заготовки необхідно, в першу чергу, прийняти до уваги фізико-механічні характеристики конструкційного матеріалу,

									Аркуш
									20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ81.08.00.000.ПЗ				

конструктивні особливості деталі та її умови роботи у вузлі. Для виготовлення заготовок деталей машин використовують переважно дві великі групи матеріалів, а саме: конструкційні сталі та чавуни. Відповідно до їх фізико-механічних характеристик для виготовлення заготовок з конструкційних сталей використовують технологічні процеси пластичного деформування, а для заготовок з чавуну — технологічні процеси лиття.

Вихідним документом для проектування заготовки є кресленик деталі, на якому вказано конструкційний матеріал та відповідний стандарт, який визначає його основні фізико-механічні характеристики, масу деталі та додатково необхідно приймати до уваги обсяг випуску таких деталей.

Правильний вибір виду заготовки здійснює значний вплив на трудомісткість виготовлення деталі, розхід матеріалу і собівартість процесу виготовлення деталі. Спосіб отримання заготовок повинен бути таким, щоб забезпечити можливість подальшої механічної обробки і забезпечити відповідність деталі вимогам робочого креслення, витративши при цьому на виробництво мінімальні затрати.

Листовий метал одержують прокатуванням нагрітого зливка на спеціальних машинах – прокатних станах (рис. 1.4). При цьому нагрітий зливоч металу пропускають через багато пар валків, які стисненням перетворюють його на лист заданої товщини.



Рисунок 1.4 – Одержання листового металу на прокатному стані [31]

Дану заготовку одержуємо методом гарячого прокату.

З одного листа ми можемо виготовити 144 деталі методом лазерного розкрою (рис. 1.5).

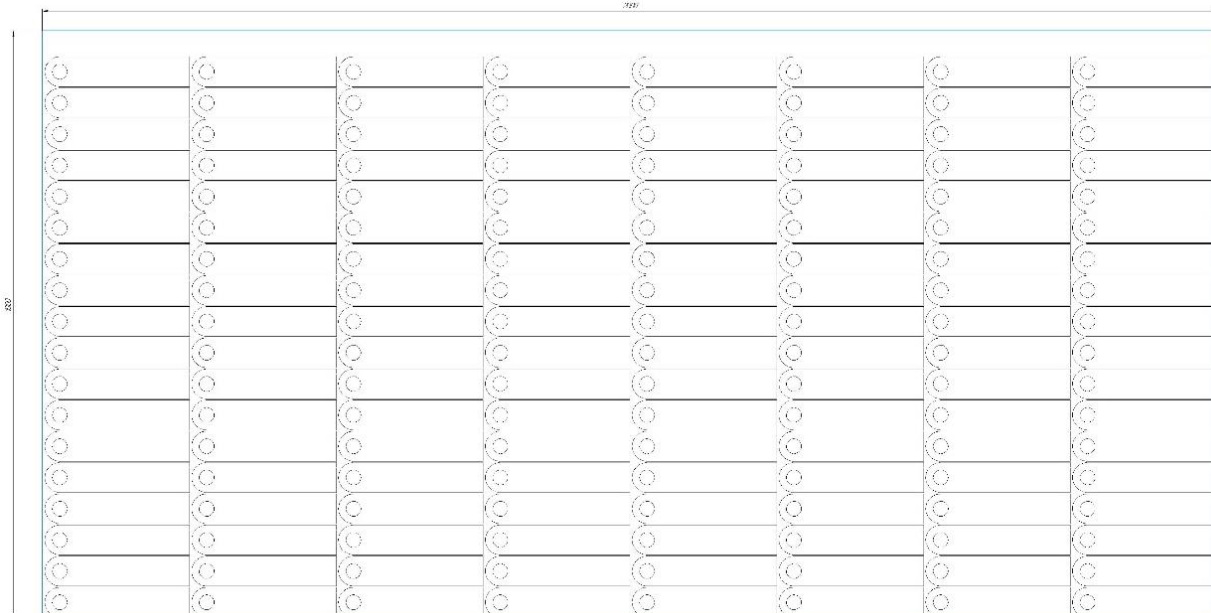


Рисунок 1.5 – Кресленик заготовки деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки»

1.5. Вибір технологічних баз і обґрунтування вибраної схеми базування

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП) [8].

1.5.1. Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Вихідними даними для вибору ЗТБ є робочий кресленик деталі і вузла в який входить задана деталь.

Для обґрунтування необхідно виконати класифікацію поверхонь деталі за службовим призначенням.

- в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, для яких необхідно забезпечити рівномірний припуск для наступних етапів оброблення;
- якщо є декілька можливих конкурентних схем базування по технологічним базам, то в якості технологічних баз, необхідно приймати варіант базування в якому обробна поверхня зв'язана з базовою поверхнею найкоротшими розмірними ланцюгами.

Розглянемо реалізацію наведеного алгоритму для деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» (рис. 1.8) [7].

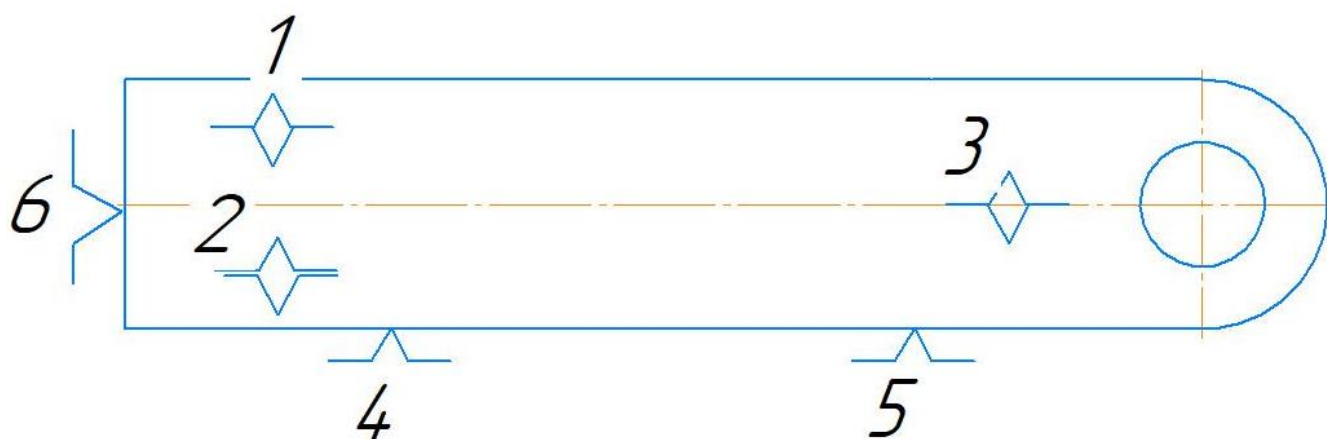


Рисунок 1.8 – Теоретична схема базування по технологічним базам

1.6. Проектування технологічних маршрутів оброблення елементарних поверхонь деталі

Важливим технологічним завданням проектування технологічних процесів є визначення послідовності оброблення поверхонь деталі. Тому вихідним документом для виконання цього етапу є робочий кресленик деталі та класифікація поверхонь деталі за їх службовим призначенням. Визначення послідовності оброблення поверхонь деталі є базою для подальшого проектування технологічних операцій оброблення. Зміст кожної технологічної операції оброблення буде в значній мірі визначатись технологічними можливостями верстату. Тому етап визначення послідовності оброблення поверхонь для заданої деталі є найбільш важливим для подальшого

технологічного проектування.

Узагальнений алгоритм визначення послідовності оброблення поверхонь в технологічному процесі розроблено за результатами наукових досліджень, аналізу практичного досвіду застосування ефективних технологічних процесів, які успішно реалізовувались в виробництві і передбачає таку послідовність оброблення поверхонь будь-яких конструкцій деталей [6]:

- першими обробляються поверхні заготовки, які є базами для виконання наступних етапів оброблення;
- кожний наступний технологічний перехід або операція повинні підвищувати характеристики якості обробних поверхонь;
- для своєчасного виявлення браку на поверхнях, на яких він не допускається, необхідно передбачати оброблення цих поверхонь на перших етапах технологічного процесу, що забезпечить своєчасне виявлення браку та зменшить непродуктивні витрати на оброблення;
- завершальне оброблення найбільш відповідальних поверхонь необхідно виконувати на останніх технологічних операціях або переходах, що забезпечує можливість при завершальному їх обробленні компенсувати всі попередні похибки оброблення, виключає випадкове пошкодження остаточно оброблених поверхонь та забезпечує максимальну тривалість етапу природного старіння;
- технологічні переходи в технологічній операції необхідно виконувати таким чином, щоб довжина ходу інструменту з найменшим періодом стійкості була мінімальною;
- поверхні заготовки, до яких встановлені вимоги взаємного просторового розташування найкраще обробляти за одну установку при незмінній загальній технологічній базі;
- оброблення складних поверхонь, оброблення поверхонь методами поверхневого пластичного деформування, методами плоско вершинного хонінгування, які вимагають спеціального налагодження верстату,

						МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			28

необхідно виділяти в окремі технологічні операції;

- при завершальному обробленні точних відповідальних поверхонь на верстатах традиційних конструкцій доцільно не передбачати зміну інструменту, оскільки зміна інструменту може вимагати коригування налагодження верстату;
- кріпильні поверхні, які передбачені в конструкції деталі, доцільно обробляти після завершального оброблення поверхні, в якій вони виготовляються. Така послідовність виконання технологічних переходів забезпечить перпендикулярність вісі кріпильного отвору до поверхні в якій вони обробляються;

Недоцільно комплектувати інструментальну наладку відмінними осьовими інструментами, наприклад, свердлами, зенкерами, розвертками, оскільки ефективні умови роботи кожного з таких інструментів суттєво відрізняються і, в першу чергу, оптимальними значеннями подач.

Разом з тим, в теперішній час широко застосовуються конструкції комбінованих різальних інструментів для верстатів з ЧПУ, де можливе управління режимами різання в процесі оброблення складних поверхонь.

- При проектуванні технологічних операцій оброблення на багатоцільових верстатах доцільно планувати таку послідовність та кількість технологічних переходів, яка потребує кількості інструментів, що не перевищує ємність інструментального магазину верстату, або передбачати використання конструкцій комбінованих різальних інструментів.
- Якщо в технологічному процесі механічного оброблення передбачені операції термічного оброблення, то технологічний процес за завданнями, що вирішуються, розділяється на два етапи, до термічного оброблення та після термічного оброблення.
- Фаски на поверхнях необхідно утворювати після завершального лезового оброблення тих поверхонь, де необхідно їх обробляти.

Канавки, які розділяють окремі обробні поверхні і призначені для перебігу різальних інструментів при подальшому обробленні поверхонь, наприклад, завершального розточування або шліфування, необхідно обробляти перед виконанням оброблення, яке вони забезпечують. А фаски та канавки, які обробляють на поверхнях, що обробляються методами поверхневого пластичного деформування (ППД) виконуються після виконання ППД.

В технологічних процесах необхідно передбачати операції контролю, які доцільно розміщувати між окремими етапами оброблення, наприклад, перед виконанням особливо відповідальних операцій, а також після завершення виконання технологічного процесу.

При проектуванні операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» враховані всі вимоги наведеного алгоритму [6].

Таблиця 1.3 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь заготовки

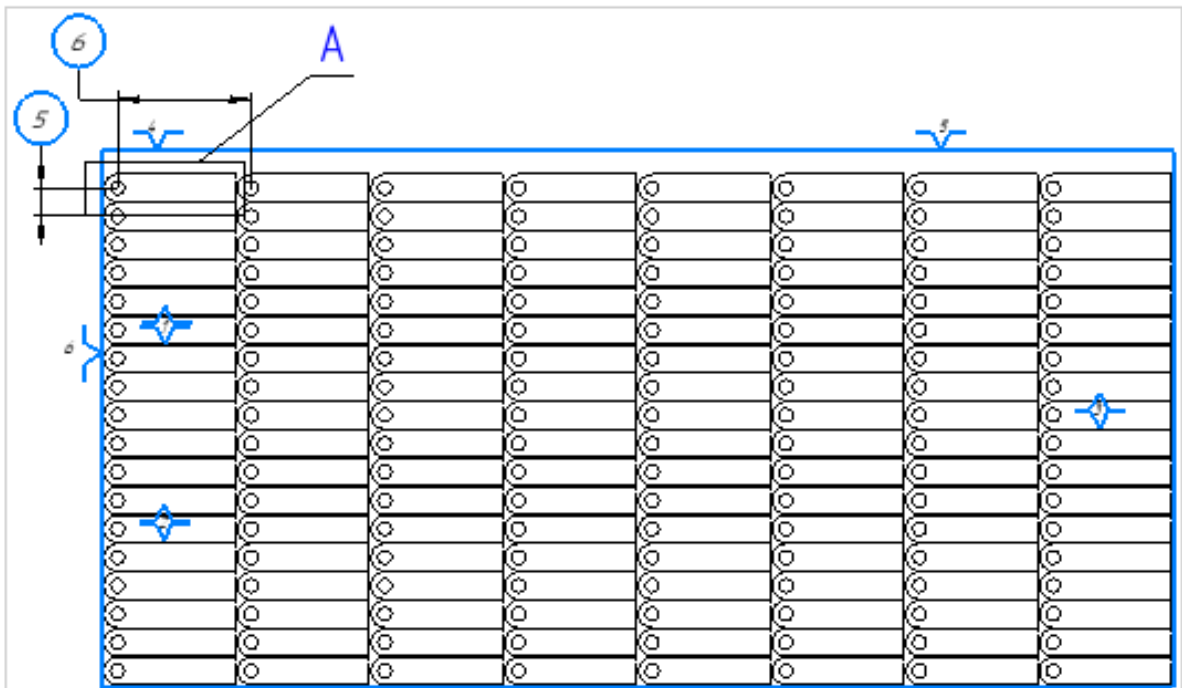
№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення (можливі варіанти)	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм		Точність розмірів ІТ	Параметр шорсткості R_a , мкм
1	2	3	4	5	6
О1	14	3,2	Вирізаємо отвір	14	3,2
В1, В2	14	3,2	Вирізаємо	14	3,2
В3, В4, Д1	14	3,2	Фрезеруємо поверхню	14	3,2

1.7. Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки»

Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» вимагає визначення послідовності виконання технологічних переходів в кожній технологічній операції.

005 Лазерна розкрійна з ЧПК. Верстат моделі LTC 85

А. Установити, закріпити, зняти



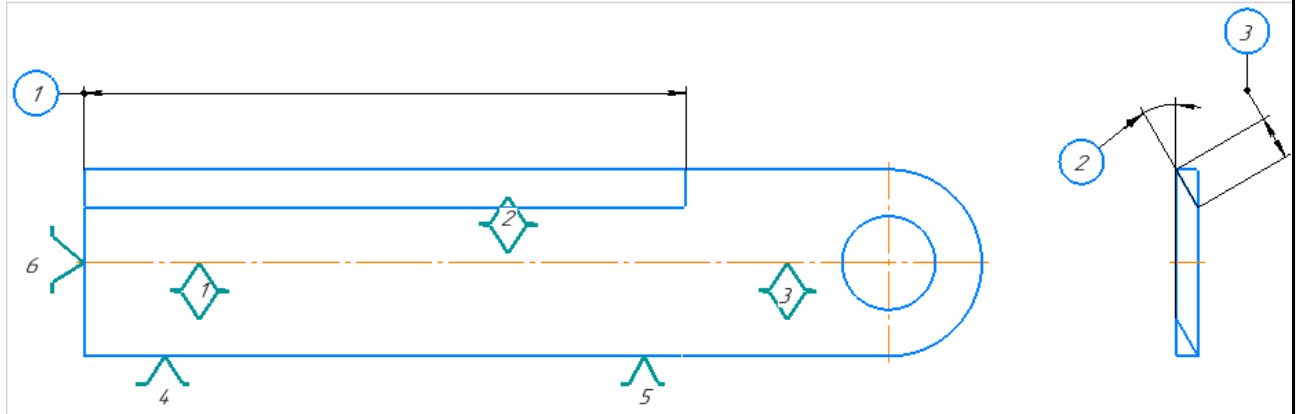
005.01 Вирізати отвір O1, витримуючи розмір 1

005.02 Вирізати поверхні B1, B2, B5, B6 витримуючи розміри 2, 3, 4

005.03 Витримуючи розміри 5, 6, повторити операції 005.01, 005.02

010 Фрезерна з ЧПК (Верстат моделі HAAS VF-3)

A. Установити, закріпити, зняти



010.01 Фрезерувати поверхню В3, витримуючи розміри 1, 2, 3

B. Перевернути заготовку

010.02 Фрезерувати поверхню В4, витримуючи розміри 1, 2, 3

015. Мийна

020. Контрольна.

1.8. Термообробка

Для покращення експлуатаційних властивостей деталі додатково застосуємо термообробку. Доречним буде гартування з додатковим високим відпуском, що забезпечить твердість 40-45 HRC.

Так як до нашої деталі не застосовуються високі критерії точності, вона не потребує додаткової обробки для відновлення технологічних баз.

Зазвичай після всіх операцій виготовлення деталі вважається завершеним, але для поліпшення зносостійкості буде додатково застосовано ультразвукову обробку та лазерне поверхневе зміцнення [15].

1.9. Вибір верстатного обладнання

Для виконання технологічної операції 005 вибираємо верстат лазерного різання та робочою зоною, яка забезпечує установку заготовки та послідовне виконання всіх технологічних переходів, які запроєктовані [26].

Верстат лазерного різання LTC 85



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЛ81.08.00.000.ПЗ

Аркуш

33

Загальні характеристики системи

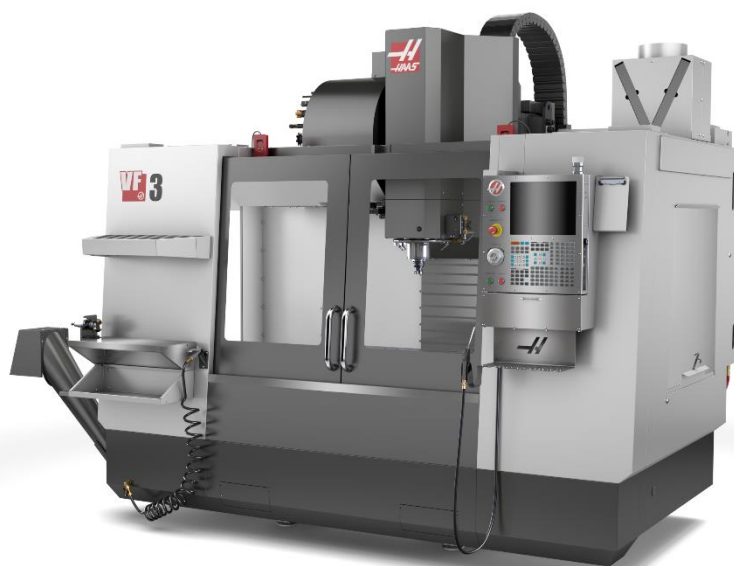
Система підтримки фокусу	Безконтактна
Тип охолодження	автономне
Напруга живлення	~380±18%; 50Гц; 3-фази
Потужність споживання лазерної установки, не більше	до 5,0 (для лазера 500 Вт)

Переваги

- **Контурна точність лазерного різання** може досягати $\pm 0.01\text{мм}$.
- **Найвища якість різу.** Лазерний верстат дозволяє отримувати найвищу якість зрізу завдяки високоточним системам контролю
- **Висока продуктивність.** Лазерна установка для різання металу серії LTC85 дозволяє отримувати високу швидкість різки завдяки інноваційним рішенням у сфері лінійного приводу портального механізму.
- **Ефективне програмне забезпечення**
- **Висока стабільність і надійність системи**
- **Економічність в експлуатації.** Лазерні верстати ARAMIS дозволяють отримувати кращі техніко-економічні показники.

Для виконання технологічної операції 010 вибираємо фрезерний верстат з вертикальним розміщенням осі шпинделю та робочою зоною, яка забезпечує установку заготовки та послідовне виконання всіх технологічних переходів, які запроєктовані [27].

Вертикально-фрезерний обробляючий центр HAAS VF-3



ХОДЫ	S.A.E	METRIC
Ось X	40.0 in	1016 mm
Ось Y	20.0 in	508 mm
Ось Z	25.0 in	635 mm
Расстояние от переднего торца шпинделя до стола (~ макс.)	29.2 in	742 mm
Расстояние от переднего торца шпинделя до стола (~ мин.)	4.2 in	107 mm

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЛ181.08.00.000.ПЗ

Аркуш

36

SPINDLE**S.A.E****METRIC**

Максимальная мощность	30.0 hp	22.4 kW
Максимальная скорость	8100 rpm	8100 rpm
Максимальный крутящий момент	90.0 ft-lbf @ 2000 rpm	122.0 Nm @ 2000 rpm
Максимальный крутящий момент с опциональным редуктором	250 ft-lbf @ 450 rpm	339 Nm @ 450 rpm
Система привода	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive
Конус	CT or BT 40	CT or BT 40
Смазывание подшипников	Air / Oil Injection	Air / Oil Injection
Охлаждение	Liquid Cooled	Liquid Cooled

СТОЛ**S.A.E****METRIC**

Длина	48.0 in	1219 mm
Ширина	18.0 in	457 mm
Ширина T-образных пазов	0.626 in to 0.630 in	15.90 mm to 16.00 mm
Расстояние по центру T-образных пазов	3.15 in	80 mm
Количество стандартных T-образных пазов	5	5
Максимальный вес на столе (равномерно распределенный)	3500 lb	1588 kg

FEEDRATES**S.A.E****METRIC**

Резание на максимальную глубину	650 ipm	16.5 m/min
Ускоренные перемещения по оси X	1000 ipm	25.4 m/min
Ускоренные перемещения по оси Y	1000 ipm	25.4 m/min
Быстрые перемещения по оси Z	1000 ipm	25.4 m/min

AXIS MOTORS**S.A.E****METRIC**

Максимальное осевое усилие вдоль оси X	2550 lbf	11343 N
Максимальное осевое усилие по оси Y	2550 lbf	11343 N
Максимальное осевое усилие вдоль оси Z	4200 lbf	18683 N

Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЛ181.08.00.000.ПЗ

Аркуш

37

ELECTRICAL SPECIFICATION**S.A.E****METRIC**

Скорость вращения шпинделя	8100 rpm	8100 rpm
Система привода	Inline Direct-Drive	Inline Direct-Drive
Мощность, передаваемая шпинделем	30.0 hp	22.4 kW
Напряжение переменного тока на входе (трехфазный): низкое	220 VAC	220 VAC
Полная нагрузка, амперы (трехфазный): минимальная	70 A	70 A
Input AC Voltage (3 Phase) - High*	440 VAC	440 VAC
Full Load Amps (3 Phase) - High*	35 A	35 A

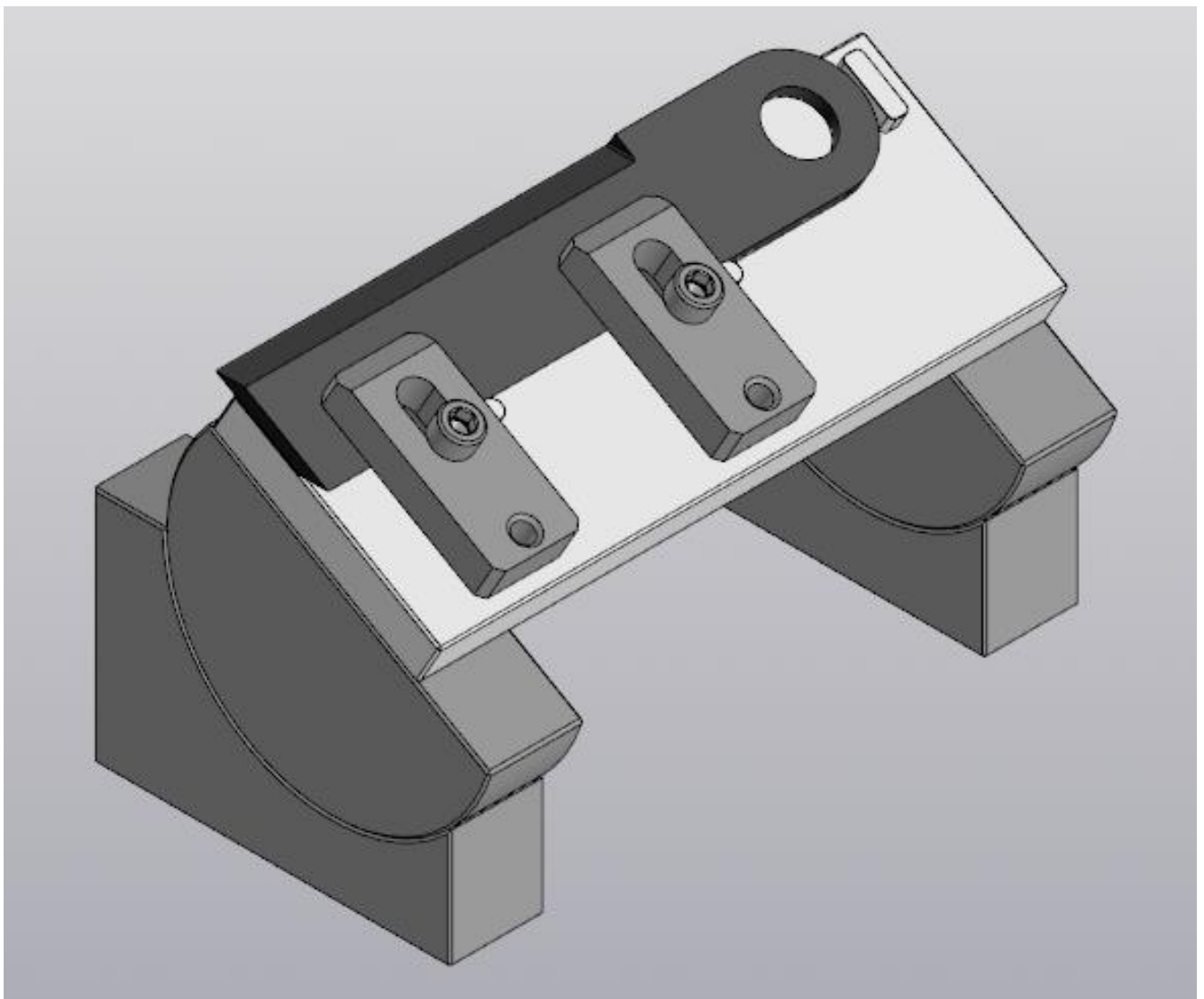
2. ПРОЕКТУВАННЯ ВЕРСТАТНИХ ПРИСТРОЇВ

2.1. Розроблення і розрахунок верстатних пристроїв

2.1.1. Послідовність розроблення конструкцій верстатних пристроїв

Для розроблення конструкції пристроїв потрібно проаналізувати можливі варіанти установки заготовки в пристрій і вибрати, який якнайкраще підходить для заданої деталі. Також важливою складовою при розробленні конструкції пристрою є розрахунок сили закріплення, розроблення схеми сил і моментів, які діють на заготовку під час оброблення, розроблення схеми затискного механізму, розроблення ескізу загального виду, а також розрахунок пристрою на точність, на міцність [9].

Поворотний кронштейн УСП



Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЛ81.08.00.000.ПЗ

Аркуш

39

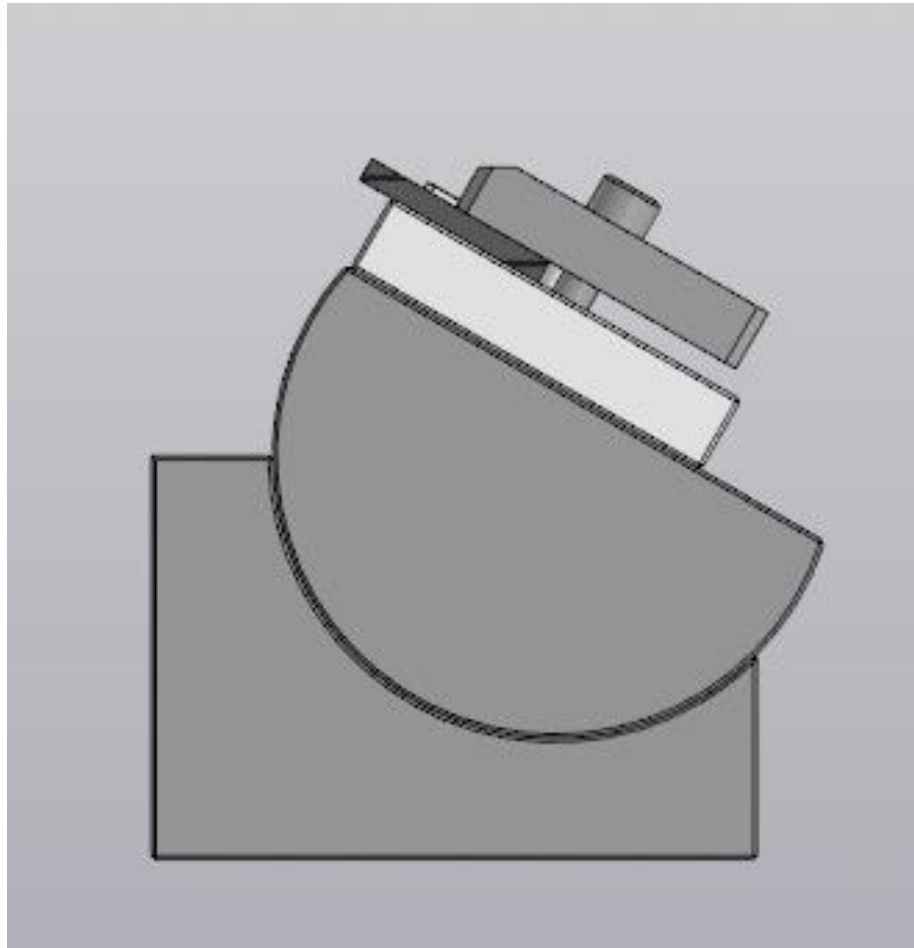


Рисунок 2.1 – Елемент УСП [32]

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МЛ81.08.00.000.ПЗ

Аркуш

40

3. ОПИС МАТЕРІАЛУ, ЛАЗЕРНОЇ УСТАНОВКИ ТА ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ЗМІЦНЕННЯ

3.1. Матеріал

Матеріалом для проведення експериментальних досліджень було обрано конструкційну ресорно-пружинну сталь 65Г, виходячи із наступних вимог:

- низька вартість та широке застосування в машинобудуванні та сільськогосподарській промисловості, включаючи застосування даної сталі для виготовлення ножів жатки;
- підвищена твердість (стійкість до деформації), що запобігає руйнуванню, ламкості або крихкості при великих навантаженнях;
- необхідність в підвищенні якісних та експлуатаційних властивостей поверхневого шару робочих поверхонь досліджуваного ножа через низьку стійкість до корозії та зносостійкість (ножі зі сталі 65Г мають властивість легко заточуватись/тупитись).

Представлений хімічний склад сталі 65Г представлено на рис. 3.1. Легуючий елемент, присутній в цій марці – марганець, його кількість становить приблизно від 0,9 до 1,2 %. Марганець потрібен для того, щоб позбутися оксидів заліза. А також він служить для підвищення величини опору розриву, збільшення твердості та межі пружності для додаткового ущільнення сталі. Ці характеристики мають велике значення для металу. За первісним своїм застосуванням він отримав назву пружинно-ресорний.

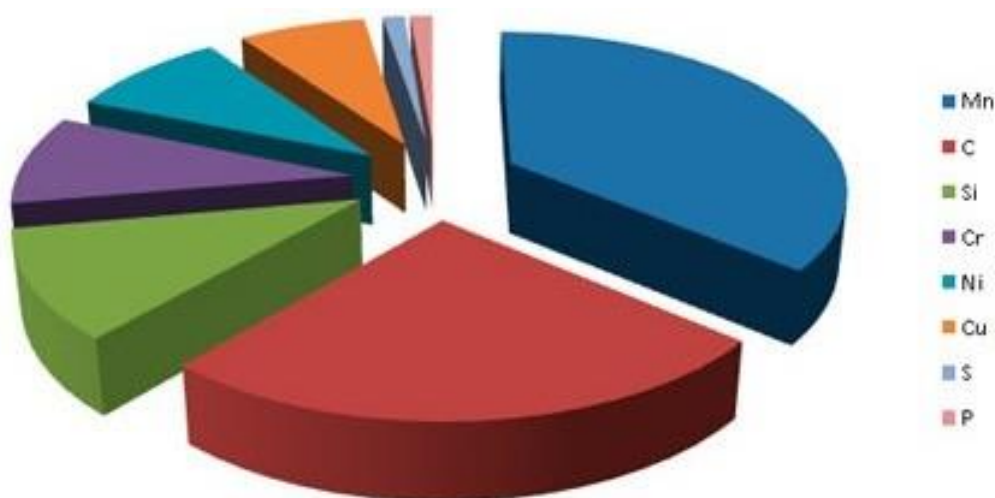


Рисунок 3.1 – Хімічний склад сталі 65Г

У складі є кремній у великій кількості (від 0,17 – 0,37 %) (рис. 3.1). Він впливає на пружність, збільшуючи її, але при цьому значно знижується ударна в'язкість. Хром (його кількість близько 0,25 %) збільшує механічні властивості при навантаженнях: ударному та статичному. Його зміст також підвищує жаростійкість та ріжучі властивості.

Вимірні значення поверхневої твердості приведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідна поверхнева твердість (HV₅) зразків

Матеріал	Поверхнева твердість, HV ₅						
	1	2	3	4	5	6	Середнє
сталь 65Г	201	205	202	201	203	204	203

На основі двохкомпонентної діаграми стану Fe - Mn (рис. 3.2), попередньо передбачали критичні точки температури повної аустенізації досліджуваних сталей з урахуванням хімічного складу матеріалу. Температура плавлення сталі 65Г становить приблизно 1550 °С.

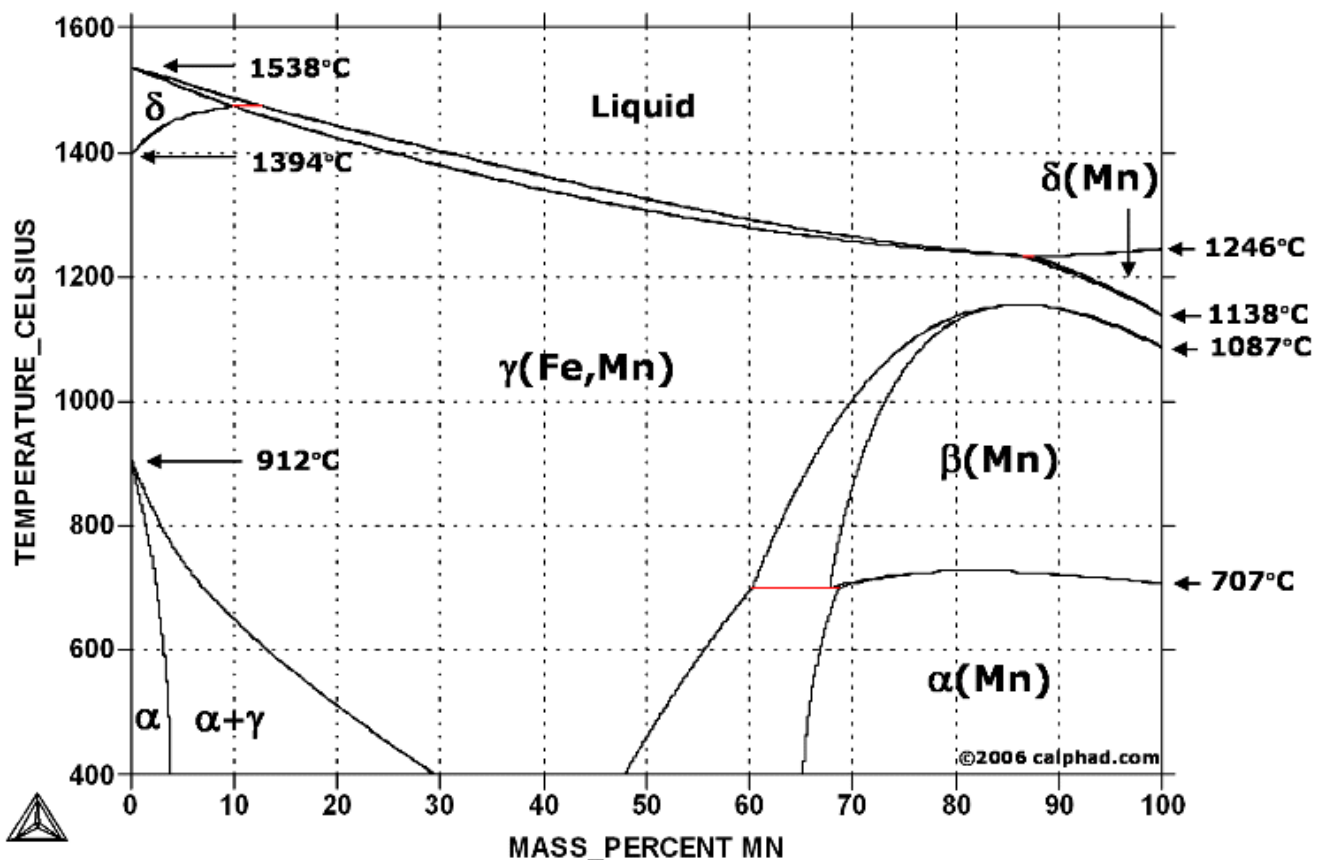


Рисунок 3.2 – Діаграма стану Fe-Mn [12]

здатна обробляти еліптичне (кубоподібне) поле зображення розміром 385×300 мм² ($220 \times 220 \times 140$ мм²). Процес сканування лазерного променя на оброблюваній поверхні контролювався модулем RobotSync та/або програмним забезпеченням SAMLight [13].

3.3. Параметри лазерного поверхневе зміцнення сталі 65Г

Плоскі (товщина ~ 15 мм) та циліндричні (діаметр ~ 25 мм) зразки розмірами із сталі 65Г було піддано лазерному термозміцненню (рис. 3.4) з використанням високо-потужного діодного лазера TRUMPF TruDisk 8002 потужністю 1,35 – 2,25 кВт (табл. 3.2) та 3D сканувальної оптики в Університеті Західної Богемії (Чеська Республіка) [14].

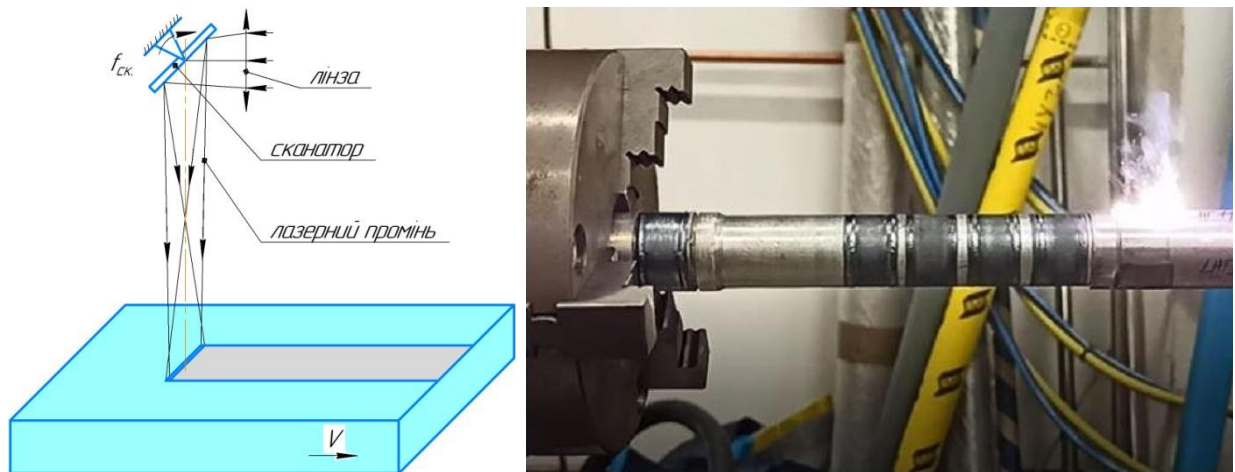


Рисунок 3.4 – Схема лазерної поверхневої термообробки

Таблиця 3.2 – Параметри лазерної термообробки

Абревіатура режиму обробки	Потужність, P (Вт)	Швидкість сканування, V (мм/с)	Швидкість обробки, S (мм/с)	Щільність енергії лазерного променя, E (Дж/мм ²)
LHT1	1350	20000	11	~ 4.5
LHT2	1650			~ 5.5
LHT3	1950			~ 6.5
LHT4	2250			~ 7.5

Лазерне термооброблення поверхні зразків здійснювали безперервним режимом.

При роботі на даному лазерному роботизованому комплексі домінуючими параметрами є: потужність лазера, розміри лазерного променя та швидкість

переміщення оброблюваної поверхні / швидкість сканування лазерного променя. Діаметр лазерного променя є постійним (близько 1 мм), а інші найбільш впливові параметри було відібрано для оптимізації режимів ЛТО (табл. 3.2).

3.4. Дослідження інтенсивності зміцнення лазерним променем

Значення макротвердості поверхні представлені на рис. 3. Експерименти лазерного термооброблення показали, що порівняно із незагартованими областями ($\sim 200 \text{ HV}_5$), твердість поверхні збільшується при тривалій лазерній обробці. Твердість поверхні збільшується приблизно в 2,5 рази після ЛНТ3 та ЛНТ4 обробки. Це пояснюється утворенням дрібнозернистої мартенситної структури в приповерхневому шарі. Приведені значення поверхневої твердості та тенденції добре корелюють з даними літератури [13, 15].

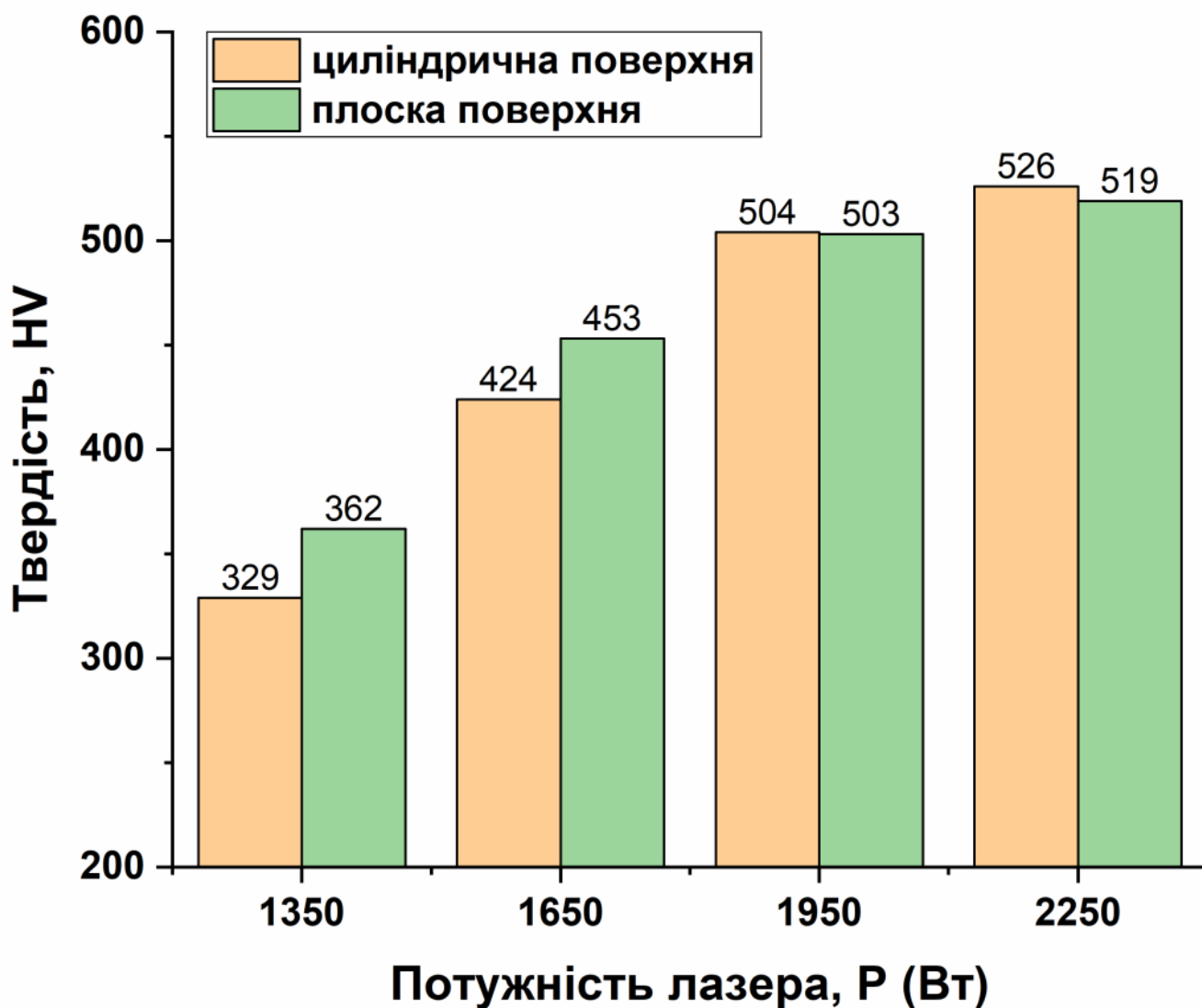


Рисунок 3.5 – Твердість поверхні сталі 65Г

За результатами інтенсивності зміцнення (рис. 3.6) видно, що визначені значення інтенсивності зміцнення оброблених зон лазерним сканувальним променем зросли відповідно приблизно на 70%, 115%, 150% і 155% після обробки на режимах LHT1, LHT2, LHT3 та LHT4.

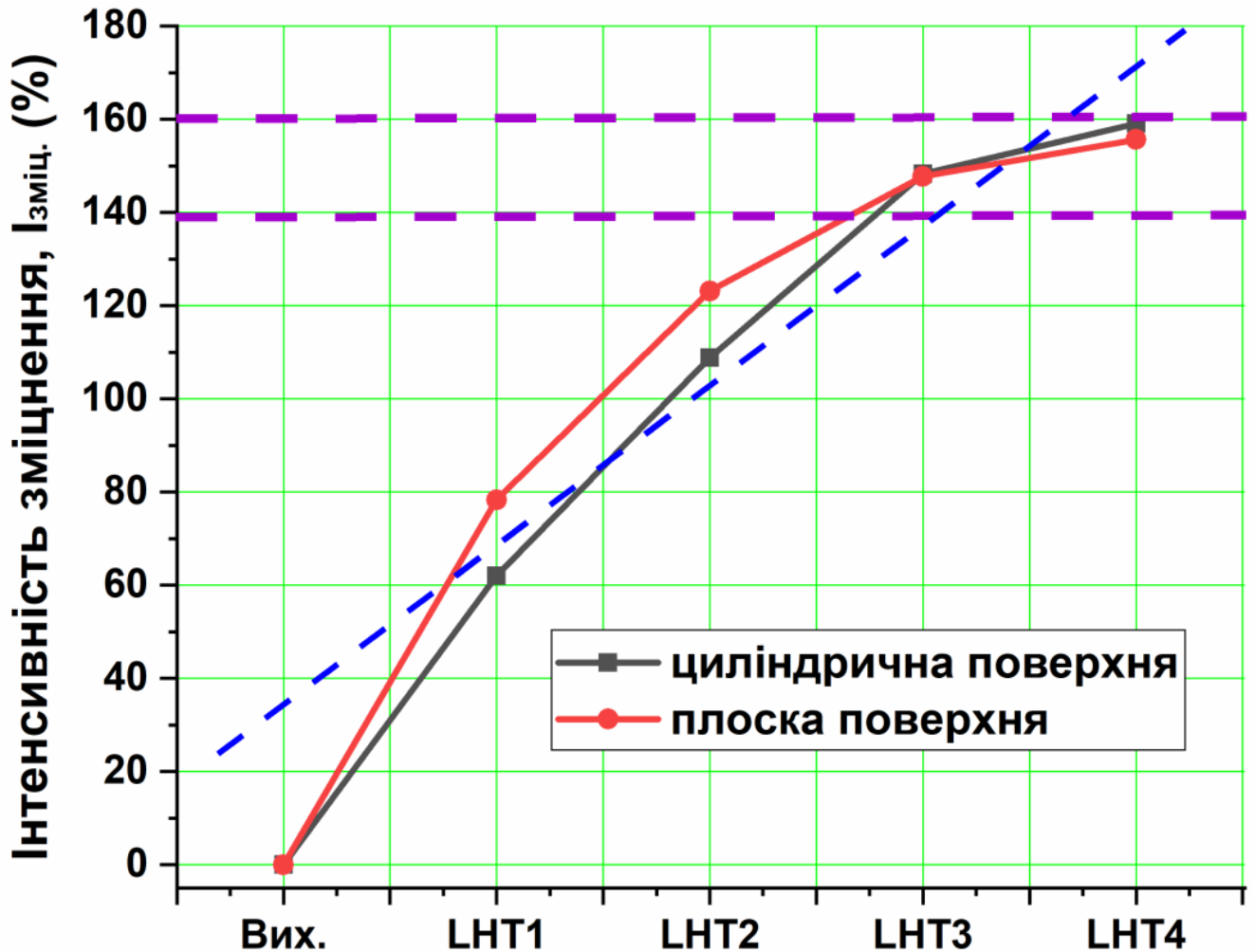


Рисунок 3.6 – Інтенсивність зміцнення сталі 65Г

Слід також зазначити, що величини HV на плоских поверхнях добре корелюють з величинами HV на циліндричних поверхнях. Крім того, насичення твердості (500...525 HV₅) спостерігається при високій величині потужності лазера (1950...2250 Вт) (рис. 3.5, рис. 3.6). У зв'язку з цим рекомендується застосовувати режим лазерного оброблення LHT3 для забезпечення загартованої поверхні без оплавлення поверхні.

Крім того, лінійну швидкість побічного руху (удару) розраховували для оброблення циліндричного зразка: $v_{\square} = \omega_z = 2\pi n_z R_z$ або для одно- або багатобойкового наконечника $v_{\square} = \omega_n = 2\pi n_n R_n$ та для низькочастотних коливань плоского зразка – $v_{\square} = v_{нчкз} = 2\pi f_{нчкз} \cdot A_{нчкз}$, де ω_n – кутова швидкість багатобойкового наконечника, ω_z – кутова швидкість зразка, $v_{нчкз}$ – частота переміщення плоского зразка.

Результати розрахунків величини механічної енергії ультразвукового інструменту для різних схем оброблення приведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розраховані енергетичні показники ультразвукового інструменту

Схема ультразвукового оброблення	Частота ультразвукових коливань концентрація f [Гц]	Амплітуда ультразвукових коливань концентрація A [мкм]	Частота удару бойка f [Гц]	Маса бойка, m_b [г]	Радіус обертання зразка або бойка (ів), R [мм]	Частота обертання зразка або наконечника n [об/л]	Енергія ультразвукового концентратора, $E_{узк}$ [мДж]	Додаткова енергія зразка або бойків, $E_{оке}$ [Дж]	Енергія УЗ інструменту, $E_{узі}$ [кДж]	Швидкість нормального руху, v_{\square} [м/с]	Швидкість побічного руху, v_l [м/с]
а	21.6	18	-	0.7	2.5	-	2.0	$3.0 \cdot 10^{-8}$	8.9	2.4	-
б				0.7	10	45	2.0	$1.3 \cdot 10^{-3}$	3.4	2.4	2.8
в			3	3	10	45	8.9	$5.9 \cdot 10^{-3}$	14.95	2.4	2.8
г				3	10	45	8.9	$5.9 \cdot 10^{-3}$	44.85	2.4	2.8
д				3	6.5	76	8.9	0.014	160.6	2.4	3.1
е				0.7	6.5	76	2.0	$3.3 \cdot 10^{-3}$	38.22	2.4	3.1
є*				3	-	-	8.9	$6.3 \cdot 10^{-6}$	62.3	2.4	$5.0 \cdot 10^{-3}$

* частота $f_{нчкз} = 50$ Гц та амплітуда $A_{нчкз} = 16$ мкм низькочастотних коливань зразка

Відомо [19], що підвищення якісних та експлуатаційних властивостей поверхневого шару виробів залежать в першу чергу від стану контактуючих поверхонь деталей. В умовах інтенсивного тертя профіль мікрорельєфу поверхонь деталей має значний вплив на величину зношування та маслоємність

контактуючих поверхонь. Встановлено [20], що на поверхнях з однаковою шорсткістю (Ra) та високою маслоємністю, зносостійкість збільшується в 3 – 6 разів, а також знижується рівень шуму та підвищується плавність роботи контактуючих деталей. Крім того, формування РМР на поверхні з вихідними параметрами профілю (висота виступів нерівностей, величина співвідношення матеріалу та інш.), а також класу, групи, виду та типу має значний вплив на якісні та експлуатаційні властивості поверхневого шару контактуючих деталей [21]. Таким чином, проблема досягнення оптимальної якості поверхневого шару є однією із найбільш актуальних.

Передбачено два класи регулярного мікрорельєфу при зміцнювально-оздоблюваній обробці [21], зокрема повністю РМР (тетрагонального і гексагонального типу) або частково-регулярного мікрорельєфу (ЧРМР), які поділяються на наступні групи: з дискретними регулярними нерівностями (кільцеве розташування регулярних нерівностей, шахматне розташування регулярних нерівностей); безперервними регулярними нерівностями (відсутність перетинання регулярних нерівностей, неповне перетинання регулярних нерівностей, повне перетинання регулярних нерівностей).

Тобто, в другому випадку на поверхні утворюється безперервне та дискретне розташування заглиблень, між якими залишається без змін вихідний стан поверхні. А в першому випадку – повністю новий мікрорельєф з однаковими по формі, висоті та взаємному розташуванні нерівностей.

Відомо [22], що при використанні більшості методів традиційного оброблення (абразивне, лезове та електрофізичне оброблення, прокатування, волочіння та інш.) формується нерегулярний мікрорельєф на поверхні з негативними відбитками профілю робочих поверхонь інструментів. Для формування ЧРМР на поверхні у вигляді мастильних мікрокарманів запропоновано ефективні методи вібраційного обкатування [20], які підвищують надійність та довговічність контактуючих деталей внаслідок утворення мікрокарманів, що запобігають ефекту «плівкового голодування» за рахунок накопичення мастильного матеріалу на поверхні. Однак, недоліком методів

вібраційного обкатування є формування мікрорельєфу на поверхні тільки з опуклим або увігнутим профілем, що виключає можливість формування плосковершинного профілю мікрорельєфу з мастильними мікрокарманами за рахунок вигладжування на верстатах з ЧПК. А формування РМР на оброблюваній поверхні легко забезпечується тонким ППД з використанням однобойкових або багатобойкових наконечників із складною кінематикою переміщення деформуючого інструменту [22].

Широкі можливості із забезпеченням якісних та експлуатаційних властивостей поверхневого шару деталей відкриваються при закономірній зміні параметрів профілю мікрорельєфу поверхні, що забезпечуються як статичними, так і динамічними методами ППД, з використанням верстатів з ЧПК або роботів, які дозволяють легко вмонтувати деформуючий інструмент та забезпечувати запрограмовану зміну режимів оброблення.

Для формування поверхонь деталей з регульованим мікрорельєфом запропоновано програмний метод ультразвукового оброблення на верстатах з ЧПК [19, 23], сутність якого полягає в програмуванні траєкторії переміщення УЗКС з однобойковими (багатобойковими) наконечниками або оброблюваної поверхні, що дозволяє реалізувати як відомі, так і нові типи мікрорельєфу поверхні, а також будь-який закон їх зміни (рис. 4.2).

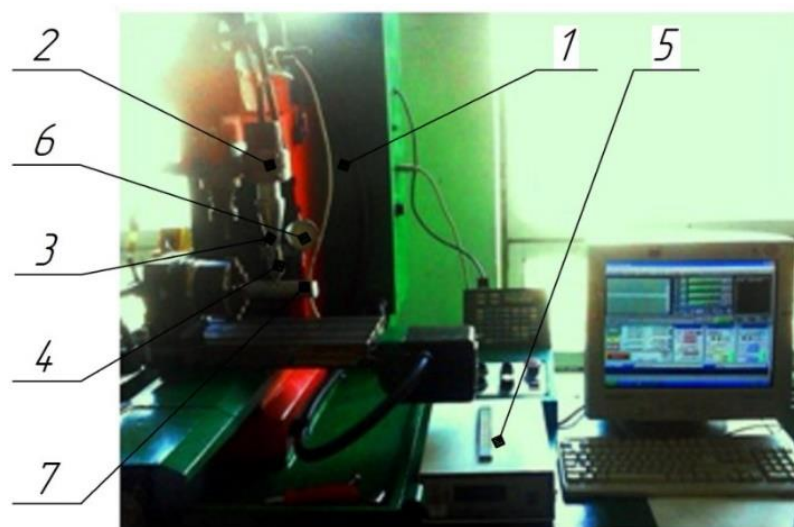


Рисунок 4.2 – Стенд для УЗО: 1 – станина верстату, 2 – спеціальний пристрій, 3 – ультразвукова коливальна система, 4 – багатобійковий наконечник, 5 – генератор, 6 – індикатор, 7 – експериментальний зразок

										Аркуш
										51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ81.08.00.000.ПЗ					

Для проведення експериментальних досліджень формування мікрорельєфу при УЗО як плоских, так і циліндричних поверхонь зразків було змонтовано спеціальний стенд на базі кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій (КПІ ім. Ігоря Сікорського), який включає фрезерний верстат з ЧПК «DYNAMITE 2800», ультразвуковий генератор УЗГ250 та УЗКС з п'єзокерамічним перетворювачем, конічним концентратором, одно- або багатобійковим наконечником [17, 23].

Переміщення плоского зразка (або циліндричного), що закріплюється в лещатах (в трьохкулачковому патроні) відносно деформуючого інструменту, здійснювалося кроковими електродвигунами по 3-м осям (обертання циліндричного зразка по вісі A), у відповідності із заданою керуючою програмою. УЗКС монтувалася за допомогою спеціального пристрою, а статичне навантаження її визначалося за допомогою індикатора для тарування. Верстат контролювався системою Mach3.

Схеми лінійного РМР (рис. 4.3 а–г) та синусоїдального ЧРМР (рис. 4.3 е) траєкторії переміщення УЗКС з одно- та багатобойковими наконечниками по оброблюваній плоскій поверхні розмірами l і b задавалися за допомогою керуючих програм для створення необхідного профілю мікрорельєфу поверхні.

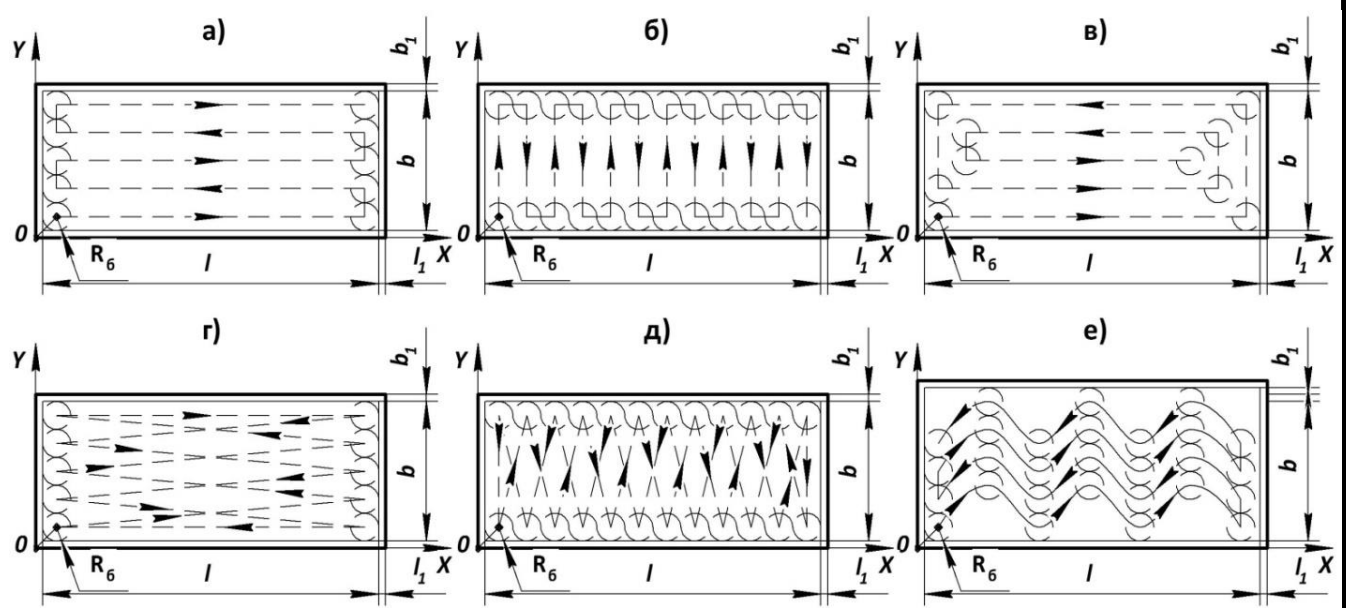


Рисунок 4.3 – Схеми траєкторії переміщення УЗКС:

а) по довжині; б) короткими відрізками; в) спіралі до центру; г) по довжині під кутом; д) короткими відрізками під кутом; е) по синусоїдальному закону

Траєкторія переміщення УЗКС на поверхні для формування ЧРМР синусоїдального мікрорельєфу (рис. 4.3 е) відносно першої кривої описується [22]:

$$y_1 = A \sin\left(2\pi \frac{x}{S_k}\right) + S_0 n, \quad (4.5)$$

де A – амплітуда осциляційного переміщення УЗКС, S_k – круговий крок мікронерівностей, S_{0n} – осьовий крок мікронерівностей для n -й кривої.

А для другої синусоїди рівняння переміщення має вигляд [19, 22]:

$$y_2 = A \sin\left(2\pi \frac{x}{S_k} + 2\pi \{i\}\right) + S_0 n, \quad (4.6)$$

де $\{i\}$ – дробова частина зміщення другої кривої відносно першої.

Таким чином, використання одно- або багатобойкових наконечників та верстатів з ЧПК дозволяє реалізовувати мікрорельєф на поверхні згідно заданої програми, а також поліпшити фізико-механічні властивості поверхневого шару деталей за рахунок використання оптимальної величини навантаження, швидкості переміщення, амплітуди та частоти ультразвукових коливань УЗКС. Ці параметри визначають діючі навантаження та кратність одиничних актів ППД поверхні. Разом з ними якість поверхневого шару визначається також масою, діаметром, радіусом закруглення бойків та вихідною шорсткістю поверхні.

Ультразвукове оброблення програмним методом дозволяє розширити можливості здійснювати операції різного призначення при максимальній технологічній гнучкості. Таким чином, розроблене програмне забезпечення дозволяє автоматизувати процес оздоблювально-зміцнювального оброблення, скоротити час підготовчих операцій та відповідно зменшити час оброблення, здешевивши при цьому виробництво.

4.2. Технологічні рекомендації для практичної реалізації лазерного термозміцнення робочих поверхонь ножа

На основі проведених оглядових та експериментальних досліджень, встановлено оптимальні величини параметрів лазерного термозміцнення

робочих поверхонь клину ножа жатки (табл. 4.2) з використанням діодного лазера та сканатора (рис. 3.3).

Таблиця 4.2 Технологічні рекомендації для лазерного поверхневого термозміцнення ножа жатки

Тип лазера	Режими обробки	Значення
Діодний лазер із сканатором (зміцнення за способом потсійної потужності) [14]	Потужність, кВт	2
	Швидкість обробки, мм/с	11
	Швидкість сканування, мм/с	20000
	Ширина сканування, мм	10
	Діаметр променя, мм	10x1

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Небезпечні та шкідливі фактори, що виникають при експлуатації, розробці та виготовленні лазерного устаткування, поділяються на фізичні, хімічні і психофізіологічні. Основними шкідливими і фізично небезпечними виробничими факторами є:

- лазерне випромінювання (пряме, розсіяне чи відбите);
- ультрафіолетове випромінювання;
- електромагнітне випромінювання;
- йонізуюче випромінювання;
- підвищене значення напруги в електричних мережах;
- підвищена температура, наприклад, внутрішніх елементів лазерної установки, а також можливість вибухо- та пожежонебезпеки;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень статичної напруги;
- підвищена яскравість світла;
- підвищені шум та вібрація.

До основних хімічно небезпечних і шкідливих виробничих факторів належать:

- гази, аерозолі, рідини і тверді речовини з концентрацією, що перевищують гранично допустиму;
- продукти взаємодії лазерного випромінювання з оброблюваним матеріалом.

До основних психофізично небезпечних і шкідливих факторів відносять:

- монотонію, гіпокінезію, емоційну напруженість, психологічний дискомфорт;

										Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						55

5.2. Вплив небезпечних факторів лазерного випромінювання на людину

Лазерне випромінювання здійснює на людину такий вплив:

- термічний (тепловий) - при фокусуванні ЛВ виділяється значна кількість тепла в невеликому об'єму за короткий проміжок часу;
- енергетичний - великий градієнт електричного поля може викликати поляризацію молекул, електрострикцію, резонансні та інші ефекти;
- створення в межах клітини мікрохвильового електромагнітного поля;
- фотохімічний;
- механічний - виникнення ультразвукових коливань в організмі, що опромінюється.

Термічний вплив ЛВ має свою специфіку: так, при дії опромінення імпульсного характеру лазерного режиму в опромінюваних тканинах відбувається швидкий нагрів тих структур, які мають високий коефіцієнт поглинання. Причому, якщо це випромінювання діє в режимі вільної генерації, то за час імпульсу (триває в межах 1 мс) ЛВ може викликати термічний опік. Під впливом дії ЛВ відбувається порушення життєдіяльності як окремих органів, так і організму в цілому. При дії на клітини, тканини та органи, в них виникають гістологічні і біологічні зміни, а також патологічні явища. Розрізняють три стадії впливу: фізичну, фізико-хімічну та хімічну. Найбільш чутливими до впливу ЛВ є очі. Вони здатні розрізняти випромінювання в видимій частині спектру (400 - 760 нм), однак середовище ока спроможне пропускати випромінювання в більш широких межах спектру (400 - 1400 нм), а найкраще у межах 500 - 900 нм. Отже, в залежності від довжини хвилі випромінювання відбуваються зміни в тканинах дна ока, рогівки, кришталика, чи в біологічних рідинах, що його наповнюють.

Таким чином, ефект, що виникає під впливом ЛВ, значним чином залежить від спектрального діапазону випромінювання.

- Ультрафіолетове випромінювання поглинається шкірою повік,

						МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			57

5.3. Заходи безпеки

5.3.1. Захисний пристрій і блокування, пристрій попередження лазерної небезпеки

Захисні пристрої і блокування

Лазерний пристрій повинен мати захисні пристрої для уникнення випадкового впливу на персонал, що перевищує ГДН 1 класу, а також захисні блокування з метою забезпечення безпеки при технічному обслуговуванні і роботі. Захисні блокування повинні передбачувати відключення подачі небезпечної напруги до лазерного обладнання чи його складовим. Можливість генерації випадкового випромінювання при випадковому відключенні блокувань повинна бути відсутня. Будь яка частина захисного пристрою, при знятті чи зміщенні якого можливий доступ персоналу до лазерного випромінювання з рівнем більшим за ГДН класу 1, повинна мати попереджувальну табличку. Крім того, в залежності від класу небезпечності лазерної установки таблички повинні мати додаткові написи:

- а) якщо рівень ЛВ не більший ніж для 2 класу ГДН: "Не дивитися в пучок";
- б) якщо не більше класу 3А: "Не дивитися в пучок і не спостерігати безпосередньо за допомогою оптичних інструментів";
- в) якщо не більше класу 3В: "Уникати опромінювання пучком";
- г) якщо рівень ЛВ перевищує ГДН для класу 3В: "Уникати опромінення очей і шкіри прямим чи розсіяним опромінюванням".

Пристрої попередження лазерної небезпеки

Лазерні установки класів 3А, 3В і 4 повинні мати візуальні та (або) звукові пристрої попередження про лазерну небезпеку. Візуальний пристрій сповіщення про лазерну небезпеку варто розміщувати окремо від засобів передачі інших світлових сигналів. Візуальний попереджувальний сигнал повинен відрізнятися інтенсивністю і (або) приривністю світіння (частота блимання 3-5 Гц з

						МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			59

тривалістю не менше 0,2 с) і бути добре помітним через захисні окуляри. Звуковий пристрій сповіщення повинен привертати увагу персоналу шляхом передачі перервних добре розрізняваних сигналів, що не асоціюються з іншими типами звукових сповіщень. Тривалість звукового сигналу – не менше 0,2 с.

5.3.2. Органи керування лазерною установкою і система спостереження

Органи керування лазерною установкою

Органи керування повинні бути розміщеними і згрупованими з врахуванням послідовності операцій таким чином, щоб при регулюванні і роботі не відбувалося опромінювання персоналу ЛВ з рівнем, що перевищує ГДН 1 класу. Форми органів керувань повинні бути легко ідентифіковані. Панель керування лазерної установки повинна бути обладнана згідно з ДСТУ. Лазерні установки класів 3А, 3В і 4 повинні бути обладнані ключем керування. Ключ має бути з'ємним і при його відсутності обладнання не повинно працювати. Лазерні установки класів 3В і 4 зазвичай повинні мати дистанційне керування. Примітка: у випадку, коли блок живлення і випромінювач рознесені у просторі, керування за допомогою органів, що розміщені на блоці живлення, вважається дистанційним.

Системи спостереження

Будь-які системи спостереження, що входять до складу лазерної установки, повинні забезпечувати зниження інтенсивності лазерного випромінювання до величин, що не перевищують ГДН класу 1. Для перешкодження втраті інформації внаслідок впливу зовнішнього освітлення, індикатори і вказівники повинні бути обладнані захисними екранами, або ковпаками.

5.3.3. Контроль лазерного випромінювання

Оцінка ступеня лазерного випромінювання відбувається шляхом його дозиметричного контролю у відповідності до ДСТУ. Виміри параметрів ЛВ

									Аркуш
									60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

МЛ81.08.00.000.ПЗ

проводять на робочих місцях і місцях можливого знаходження персоналу.

Контроль параметрів ЛВ слід проводити:

а) при прийомі для експлуатації нових лазерних установок класів 3А, 3В і 4;

б) при внесенні змін до конструкції діючих лазерних установок, що впливають на параметри ЛВ;

в) при зміні конструкції засобів колективного захисту;

г) при організації робочих місць для працівників;

д) при сертифікації лазерних установок;

е) при плановому контролі. Проводять два види дозиметричного контролю:

- попереджувальний - визначення енергетичних параметрів ЛВ і точок границі робочої зони, що знаходяться на мінімально можливих відстанях від джерела випромінювання.

- індивідуальний - вимірювання величин енергетичних параметрів випромінювання, що діє на очі чи шкіру конкретного працівника упродовж робочого дня. В залежності від виду дозиметричного контролю вимірюються наступні енергетичні параметри лазерного випромінювання:

а) при попереджувальному і індивідуальному контролі:

- максимальне за час контролю значення енергії одиничного імпульсу або від імпульсу із серії, що проходить через обмежувальну апертуру $W_{(t)max}$, Дж;

- максимальне за час контролю значення енергетичної експозиції $H_{(t)max}$, Дж•м⁽⁻²⁾;

- максимальне за час контролю значення середньої потужності неперервного випромінювання P_{max} , Вт;

									Аркуш
									61
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ81.08.00.000.ПЗ				

- максимальне значення опроміненості від неперервного випромінювання $Вт \cdot см^{(-2)}$.

б) при індивідуальному контролі:

- сумарне значення енергії (енергетичної експозиції) всіх імпульсів в серії імпульсів опромінювання, що проходить через обмежувальну апертуру $W_{(t)}$, Дж; $H_{(t)}$, Дж $\cdot см^{(-2)}$.

- сумарне значення енергетичної експозиції за робочий день $H_{\Sigma}(3 \cdot 10^4)$, Дж $\cdot м^{(-2)}$.

Діаметр обмежувальної апертури рівний 7 мм при дозиметричному контролі ЛВ з довжинами хвиль 380-1400 нм и 1,1 мм для інших довжин хвиль. Індивідуальний дозиметричний контроль передбачає також (за необхідності) вимірювання тривалості впливу неперервного випромінювання, а також кількості імпульсів в серії імпульсно-модульованого випромінювання та тривалість цієї серії. При дозиметричному контролі лазерного випромінювання в спектральному діапазоні 380 - 1400 нм при необхідності в точці контролю додатково вимірюється кутовий розмір випромінювання. Дозиметри ЛВ повинні відповідати нормам ДСТУ і відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати пряме вимірювання енергетичних параметрів ЛВ;

- мати нормовані площу та діаметр отвору обмежувальної апертури. Дозиметри повинні бути відградуєвані в одиницях енергії і потужності, а також допускається градуєвання в одиницях енергетичної експозиції і опроміненості. Апаратура, що використовується для вимірювання енергетичних параметрів лазерного випромінювання при дозиметричному контролі, повинна бути атестована відповідними органами і проходити державну перевірку в зазначені терміни. Методи проведення різноманітних форм контролю ЛВ встановлюються ДСТУ.

									Аркуш
									62
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	МЛ181.08.00.000.ПЗ				

5.3.4. Електропожежна безпека

Елементи конструкції, до яких торкається оператор під час роботи лазерного устаткування, рекомендується виконувати із діелектричного матеріалу чи наносити на них захисне діелектричне покриття. Лазерне устаткування в цілому, а також окремі блоки, повинні мати спеціальні клеми чи інші прилади для підключення заземлюючих чи занулюючих провідників.

Усі струмопровідні частини лазерного устаткування повинні бути обгороджені та розміщені таким чином, щоб унеможливити доторкання до них при експлуатації лазерного устаткування. Ізоляція лазерного устаткування повинна мати достатню діелектричну міцність, що попереджує пробій, а також достатнім електричним опором, що запобігає надмірних струмів утічки і виникнення теплового пробію. Вузли і елементи електросхем повинні виконуватися відповідно ДСТУ. Приєднання та від'єднання переносних приладів, що потребують розриву електричних ланцюгів, що знаходяться під напругою понад 1000 В, повинно проводитися при повному знятті напруги та в присутності другої особи. У випадку несправності повинно бути передбачена можливість негайного відключення лазерного устаткування від первинного джерела живлення шляхом використання приладу для переривання живлення. Якщо прилад переривання живлення не задовольняє такій потребі, слід передбачити прилад аварійного захисту. У випадку, якщо у склад лазерної установки не входить джерело живлення, що необхідний для лазерної генерації, в технічній документації (ТУ, паспорт) повинно бути вказані вимоги, що вимагаються від джерела живлення, по сумісності його з лазерною установкою з метою забезпечення безпеки. Лазерне устаткування, за необхідності, повинно мати попереджувальний знак можливості ураження електричним струмом.

Вимоги і заходи пожежної безпеки

Приміщення з лазерами відносять до вибухо-пожежо-небезпечних. Оздоблення приміщень виконують тільки із негорючих матеріалів. Недопустимим є застосування глянцевого, блискучого, добре відбиваючих

					МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

(дзеркальних) лазерне випромінювання матеріалів (коефіцієнт відбиття не більше 0,5). Оскільки лазер є джерелом підвищеної пожежної небезпеки, здійснюють наступні заходи пожежної безпеки на установці: для запобігання займання від дії високої напруги всі складові частини установки заземлюють; зберігання горючих матеріалів у приміщеннях, де розміщено устаткування, дозволяється тільки у спеціальному контейнері; у будівлі передбачено місце для паління. Палити в приміщенні, де розміщується установка, не дозволяється; у приміщеннях передбачено систему сигналізації на випадок пожежі; у приміщенні передбачено місце для зберігання пожежного інвентарю; забезпечити можливість швидкого знеструмлення установки у випадку пожежі. У якості системи сигналізації частіше за все використовується фотоелектричний сповіщувач "ДИП-1", який працює за принципом розсіювання частками диму теплового випромінювання. Сповіщувач встановлюють з розрахунку 1 штука на 70 м² при висоті стелі 3,5-6,5 м. Також в приміщеннях з лазерним обладнанням розташовують два вуглекислотних вогнегасників ВВК-2.

5.3.5. Вимоги до приміщення і розміщення лазерного устаткування, організація робочих місць

Вимоги до приміщень

Лазерні установки, окрім класів 1, 2 і 3А, як правило, експлуатуються в спеціально виділених приміщеннях, або можуть розташовуватися у відкритому просторі, на фундаментах чи платформах транспортних засобів. Приміщення повинні відповідати вимогам пожежної безпеки і мати необхідні засоби для попереджування пожежі та протипожежного захисту. Вимоги до пожежо-вибухобезпеки розроблюються з врахуванням технічних характеристик лазерного устаткування та умов їх експлуатації, і повинні відповідати ДСТУ та іншим регламентуючим документам. Оздоблювання приміщень необхідно виконувати тільки з негорючих матеріалів.

Двері приміщень повинні мати знак лазерної небезпеки, крім того двері приміщень, в яких експлуатують лазери класів 3В і 4, повинні бути обладнані

					МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

спеціальним замком і додатково мати напис: "Стороннім вхід заборонено".

Також слід проводити контроль освітлення робочої зони і передбачити необхідні способи його регулювання і чергове освітлення. При проектуванні приміщень для лазерного устаткування класів 3В і 4 слід перевірити необхідність застосування санітарного й функціонального зонування з лазерної безпеки. В конкретних випадках схеми зонування і взаємного розташування приміщень залежать від виду, потужності і призначення лазерного устаткування, масштабу робіт, прольотів застосованих будівельних конструкцій. До приміщень, в яких лазерне обладнання використовується з технологічною метою (тобто як засіб виробництва), застосовуються додаткові вимоги. Приміщення повинні мати приточно-витяжну вентиляцію. За необхідності робочі місця повинні бути обладнані місцевою витяжкою. З метою зниження загального рівня шуму, вентилятори потрібно розташовувати за межами робочих приміщень і встановлювати на шумо-віброізолюючих платформах.

Вимоги до розміщення

Розміщення лазерного устаткування в кожному випадку проводиться з врахуванням класу небезпечності виробу, умов та режиму праці персоналу, особливостей технологічного процесу, підводки комунікацій, планування приміщень і тд. Відстань між лазерними установками повинні забезпечувати безпечні умови праці і зручність при експлуатації, технічному обслуговуванні і ремонті, при цьому рекомендується при дворядному розташуванні забезпечити відстань зі сторони приладів керування відстань не менше 2 м, а при однорядному – не менше 1,5 м; з усіх інших сторін - не менше 1 м. Загальні проходи до вказаних значень не входять. Траекторія проходу лазерного пучка повинна бути заключена в оболонку із негорючого матеріалу або мати огороження, що знижає рівень лазерного випромінювання при візуальному спостереженні лазерного пучка до ГДН класу 1 і унеможливорює безконтрольне потрапляння лазерного пучка на дзеркально відбиваючі поверхні. Оболонка чи огороження траекторії лазерного пучка повинні мати кольорове або світлове

						Аркуш
					МЛ81.08.00.000.ПЗ	65
Зм..	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

маркування, попереджувальні написи, знак лазерної небезпеки. Відкриті траєкторії в зоні можливого знаходження людини повинні розташовуватись значно вище рівня очей (не менше 2,2 м).

Вимоги до організації робочих місць

Робочі місця повинні бути організовані таким чином, щоб унеможливити вплив на персонал лазерного випромінювання або щоб його величина не перевищувала ГДН для класу 1. Робоче місце обслуговуючого персоналу, взаємне розташування всіх елементів (органів керування, засобів відображення інформації, сповіщення та ін.) повинні забезпечувати раціональність робочих рухів і максимально враховувати енергетичні швидкісні, силові та психофізіологічні можливості людини. Слід передбачувати наявність місць для розміщення зйомних деталей, переносної виміральної апаратури, зберігання заготовок, готових виробів та ін. Наявність оперативного зв'язку для виклику наладчика при порушенні роботи лазерних виробів класів 3В і 4 є обов'язковою.

5.3.6. Класифікація умов і характеру праці, вимоги до обслуговуючого персоналу

За ступенем захисту персоналу від впливу лазерного випромінювання умови і характер праці при експлуатації лазерного устаткування незалежно від класу виробу поділяють на:

- а) оптимальні - виключають вплив ЛВ на персонал;
- б) допустимі - рівень ЛВ, що діє на персонал, менше ГДН, встановленого ДСТУ;
- в) шкідливі та небезпечні - рівень ЛВ перевищує ПДУ.

Вимоги до обслуговуючого персоналу

Персонал повинен пройти відповідний інструктаж і спеціальне навчання безпечним навичкам і методам роботи. Персонал, що обслуговую лазерне устаткування, зобов'язаний вивчити технічну документацію, інструкцію з

						МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			66

Висновок

При дослідженні характеру пошкоджень, які можуть виникнути при роботі процесу виготовлення та умов роботи деталі «Ніж Claas 998683 до кукурудзяної жатки» було розроблено технологічний процес лазерної обробки поверхні інструментів з використанням обладнання з ЧПК. Також, було наведено алгоритм виконання технологічного процесу виробництва, пристрій для оброблення деталі, лазерна установка та фрезерний верстат з ЧПК. Крім того, були запропоновані технологічні рекомендації для виготовлення заготовок. Використання даних рекомендацій дозволить:

- підвищити ефективність технологічних інструментів;
- зменшити кількість операцій при наступній механічній обробці;
- зменшити зони термічного впливу;
- поліпшити структуру матеріалу;
- підвищити точність обробки;
- підвищити зносостійкість;
- зменшити витрати матеріалу;
- зменшити загальний час технологічного процесу.

					МЛ81.08.00.000.ПЗ	Аркуш
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

