

**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:»

Завідувач кафедри

_____ О.Д. Кагляк

«___» _____ 2024 р.

Дипломний проект

на здобуття ступеня бакалавра

**за освітньо-професійною програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних
та споріднених технологій»**

спеціальності 131 «Прикладна механіка»

**на тему: «Застосування лазерних систем для підвищення ресурсу
велосипедних касет»**

Виконав :

студент IV курсу, групи ФП-01

Голишев Євгеній Олегович

Керівник:

Доцент каф. ЛТФТ, к.т.н.

Блощицин Михайло Сергійович

Рецензент:

Доцент каф. Зварювального виробництва, к.т.н., доцент

Стреленко Наталія Михайлівна

Засвідчую, що у цьому дипломному
проекті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____ Є.О. Голишев

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

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність (спеціалізація) 131 Прикладна механіка

(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

(підпис)

(ініціали, прізвище)

«__» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект (роботу) студенту

Голишева Євгенія Олеговича

1. Тема проекту (роботи) Застосування лазерних систем для підвищення ресурсу велосипедних касет

керівник проекту (роботи) Блошин Михайло Сергійович,

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

затверджені наказом по університету від «30» травня 2024 р. №2210-с

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 5.06.2024

3. Зміст пояснювальної записки

- Провести аналіз наступних питань:
- Визначити типи різновиди велосипедних касет та матеріалів.
- Оцінити основні причини зносу та проблеми.
- Запропонувати технології підвищення довговічності вузла
- Розробити необхідне технологічне оснащення
- Визначити необхідні міри з техніки безпеки

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

- плакат на тему «Касета велосипедна»
- плакат на тему «Знос касети та наслідки»
- плакат на тему «Чому ресурс касети важливий»
- креслення Механізм повороту руки маніпулятора
- креслення Система обертання механічного маніпулятора

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1	Підготовчий етап	19 травня 2024 р.	
2	Основний етап	5 червня 2024 р.	
3	Заключний етап	12 червня 2024 р.	

Студент

(підпис)

Є.О. Голишев

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

М.С. Блошицин

РЕФЕРАТ

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» спеціальності 131 прикладна механіка освітньо-професійною програмою «Інжиніринг зварювання, лазерних та споріднених технологій». Голишев Євгеній Олегович КПІ ім. Ігоря Сікорського. Навчально-науковий інститут матеріалознавства та зварювання імені Є.О. Патона, кафедра «Лазерної техніки та фізико-технічних технологій». Група ФП-01. 2024. – ____ с., іл. ____, табл. __.

В дипломному проекті проведено огляд науково-технічної літератури по використанню лазерних технологій в цілях створення композитної велосипедної зірки. За результатами проведеного аналізу, розроблено новітню композитну зірку, яка за своїми фізико-механічними характеристиками краще представлених на ринку та запропоновано технологію її виготовлення.

Робота оформлена у вигляді пояснювальної записки, графічного матеріалу у вигляді 6 креслень. Записка складається з 3 розділів супроводжується анотацією та списком цитованої літератури.

ABSTRACT

Diploma project of educational and qualification level "Bachelor" specialty 131 applied mechanics educational and professional program "Engineering of welding, laser and related technologies". Golyshev Yevhenii Olegovich KPI named after Igor Sikorsky. E.O. Educational and Research Institute of Materials Science and Welding Paton, department of "Laser technology and physical and technical technologies". Group FP-01. 2024 . – ____ p., ill. __, tables ____.

The diploma project reviews the scientific and technical literature on laser processing in order to manufacture composite bicycle chainring wich consists of ceramics and carbon parts. Based on the results of the analysis, a new composite chainring has higher physical and mechanical characteristics than other chainrings presented on the market. Chainring technology of development is proposed. The work is designed in the form of an explanatory note, graphic material in the form of 6 drawings and 2 posters. The note consists of 6 sections accompanied by an annotation and a list of cited references.

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку велоіндустрії виникає необхідність підвищення надійності та довговічності велосипедних компонентів, зокрема касет. Це пов'язано із зростаючими вимогами до експлуатаційних характеристик велосипедів, що використовуються як у спортивних змаганнях, так і в повсякденному житті. Одним із перспективних напрямків для досягнення цієї мети є використання лазерних систем для обробки та зміцнення поверхонь касет.

У дослідженні фахової інженерно-технологічної проблеми через огляд доступних інформаційних джерел, а також аналіз матеріалів дипломного проєкту, вдалося розкрити сутність та актуальність цього питання. Було висвітлено становище проблеми, її основні аспекти та виклики, що стоять перед сучасною індустрією. У критичному огляді схожих робіт, проведених у цій галузі, виявлені як успіхи, так і недоліки. Позитивно оцінено досягнення у використанні лазерних технологій для підвищення ресурсу велосипедних касет, зокрема їхній вплив на покращення експлуатаційних характеристик та зниження витрат на обслуговування. Проте зазначено й певні невирішені аспекти, такі як оптимізація процесів обробки, підвищення ефективності використання ресурсів та пошук нових підходів до вирішення проблеми. Цей аналіз відображає потребу у подальшому дослідженні та розвитку технологічних рішень для оптимізації виробничих процесів у велосипедній промисловості. Таке дослідження може сприяти не лише покращенню якості продукції, але й підвищенню конкурентоспроможності компаній у цьому сегменті ринку.

Розробка та впровадження технології лазерної обробки для підвищення ресурсу велосипедних касет є ключовим завданням, спрямованим на покращення якості та конкурентоспроможності продукції велосипедної промисловості. Ця ініціатива має стратегічне значення, оскільки велосипедні касети є важливими компонентами для ефективної роботи велосипедів будь-

якого класу. Використання лазерної технології для обробки касет дозволяє досягти значного покращення їхніх експлуатаційних характеристик. Завдяки цьому підходу можна збільшити термін служби касет, знизити ризик виникнення дефектів та збільшити стійкість до зношування. Крім того, впровадження лазерної обробки сприяє зниженню витрат на технічне обслуговування, оскільки зменшується необхідність у частій заміні та ремонті касет. Розроблені рішення мають велике значення для підвищення ефективності та економічності виробничих процесів у велоіндустрії. Застосування лазерної технології дозволяє виробникам велосипедних касет зробити крок у майбутнє, підвищити якість своєї продукції та забезпечити задоволення потреб споживачів у надійних та довговічних деталях для їхніх велосипедів.

Таким чином, необхідність проведення інженерно-технологічних робіт у цьому напрямку є очевидною, що підтверджується як технічними, так і економічними вигодами. Цей дипломний проєкт спрямований на вирішення актуальної інженерної проблеми та внесення значущого внеску в розвиток сучасних технологій виробництва велосипедних компонентів.

Зміст	стр
ВСТУП.....	
1. Класифікація сучасних моделей велосипедних касет відомих виробників	10
1.1 Особливості велосипедних зірок.....	10
1.2 Стандарти кріплення касети до валу	12
1.3. Основні причини зношування.....	28
1. 4. Аналіз магнієвих сплавів.....	32
1.4.1 Виробництво магнієвих сплавів	32
1.4.2 Недоліки магнієвих сплавів.....	34
1.5. Особливості лазерного різання велосипедних зірок.....	34
1.6.Технологія лазерного наплавлення.....	41
1.7.Розрахунок режимів лазерної обробки.....	45
2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	51
2.1. Промисловий робот з шарнірним маніпулятором	51
2.2. Опис маніпулятора та його функцій.....	51
2.3. Розробка конструкції обертання роботизованої системи.....	55
3.ОХОРОНА ПРАЦІ.....	57
3.1. Класифікація лазерного обладнання.....	58
3.2. Влив небезпечних факторів лазерного випромінювання на людину.....	59
3.3. Заходи безпеки.....	61
3.3.1. Захисний пристрій і блокування, пристрій попередження лазерної небезпеки.....	61
3.3.2. Органи керування лазерною установкою і система спостереження.....	63
3.3.3. Контроль лазерного випромінювання	64
3.3.4.Вимоги до приміщення і розміщення лазерного устаткування, організація робочих місць.....	68
Використані джерела	73

1. КЛАСИФІКАЦІЯ СУЧАСНИХ МОДЕЛЕЙ ВЕЛОСИПЕДНИХ КАСЕТ ВІДОМИХ ВИРОБНИКІВ

Касета (Cogset з англ.) – це набір зірочок, які кріпляться до втулки заднього колеса велосипеда. Велосипедна касета працює разом із задньою системою перемикання швидкостей, використовуючи зубчасту передачу для зміни швидкостей під час їзди. Система (рис. 1.1) – велосипедна касета [1].



Рисунок. 1.1 – Велосипедна касета

Кількість зубів на зірочці позначається буквою Т (англ. Tooth - зуб) - наприклад, 12-зубая зірка позначається як 12Т.

1.1 Особливості велосипедних зірок

Профіль зубів:

Спеціально розроблений профіль зубців зірочок, а також виямки, піни та виступи металу в певних точках сприяють плавному перемиканню передач: ланцюг швидко і легко затягується або скидається. У різних виробників ці технології мають різні назви:

- Shimano — Hyperglide;
- SRAM — Powerglide, X-Glide, Openglide.

Для одинарних систем гірських велосипедів, розрахованих на використання з 11-швидкісною касетою, став популярним профіль зубів Narrow-Wide (рис. 1.2). У таких зірочок кожен другий зуб приблизно вдвічі товщий за звичайний і розташовується між зовнішніми пластинами ланцюга. Цей профіль зубів покращує стабільність ланцюга на зірці, дозволяючи обійтися без успокоювача, оскільки ланцюг не злітає.

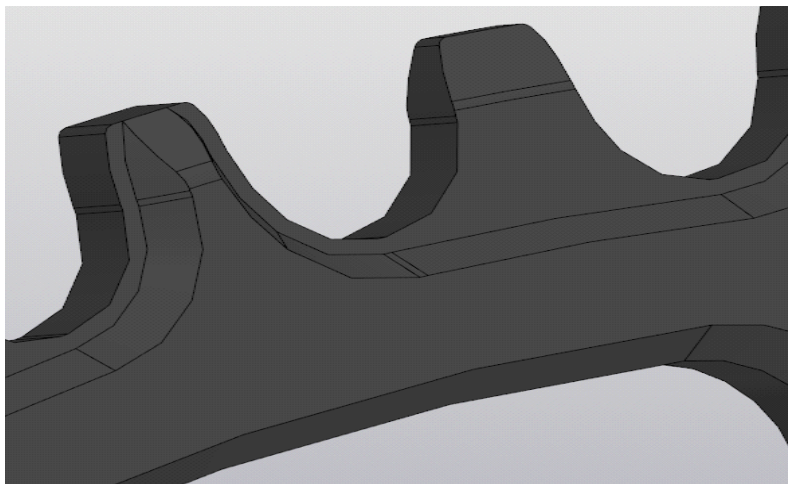


Рисунок. 1.2. Профіль зуба Shimano Narrow-Wide

BCD параметр

Це один з параметрів, що враховуються при виготовленні конструкції зірок (рис. 1.3).

Параметр BCD визначає діаметр кола, на якому знаходяться отвори для кріплення. Існує кілька досить чітко визначених стандартів розміру.

По-перше, для зірок шатунів кількість отворів для болтів - зазвичай 4 або 5.

По-друге, є деякі конкретні розміри, які зазвичай використовуються - 104 мм, 110 мм, 130 мм тощо, - які відрізняються від кількості болтів для закріплення.

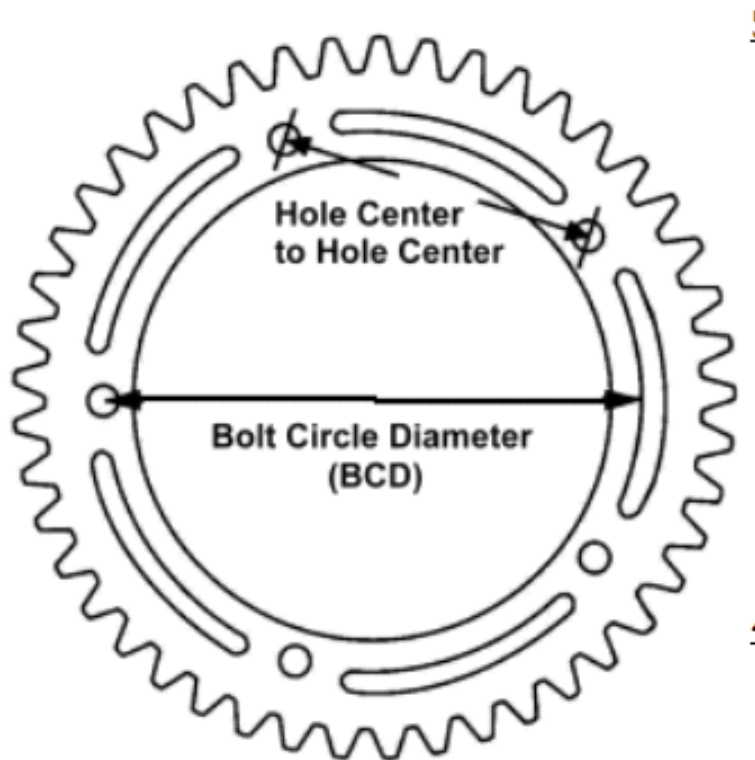


Рисунок. 1.3. BCD параметр

Храповий механізм (англ. ratchet mechanism) або просто храповик (англ. ratchet) — це механізм, який дозволяє лінійний або обертальний рух в одному напрямку і блокує рух у протилежному. Також його називають механізмом вільного ходу (MBX) (англ. Freewheel mechanism). (рис. 1.4.)

Храповий механізм (храповик)

На втулці під кассету В трісківці



Рисунок. 1.4. Типи храпового механізму

ПРИНЦИП РОБОТИ ХРАПОВОГО МЕХАНІЗМУ

Крутимо педалі назад

Не крутимо педалі

Крутимо педалі вперед

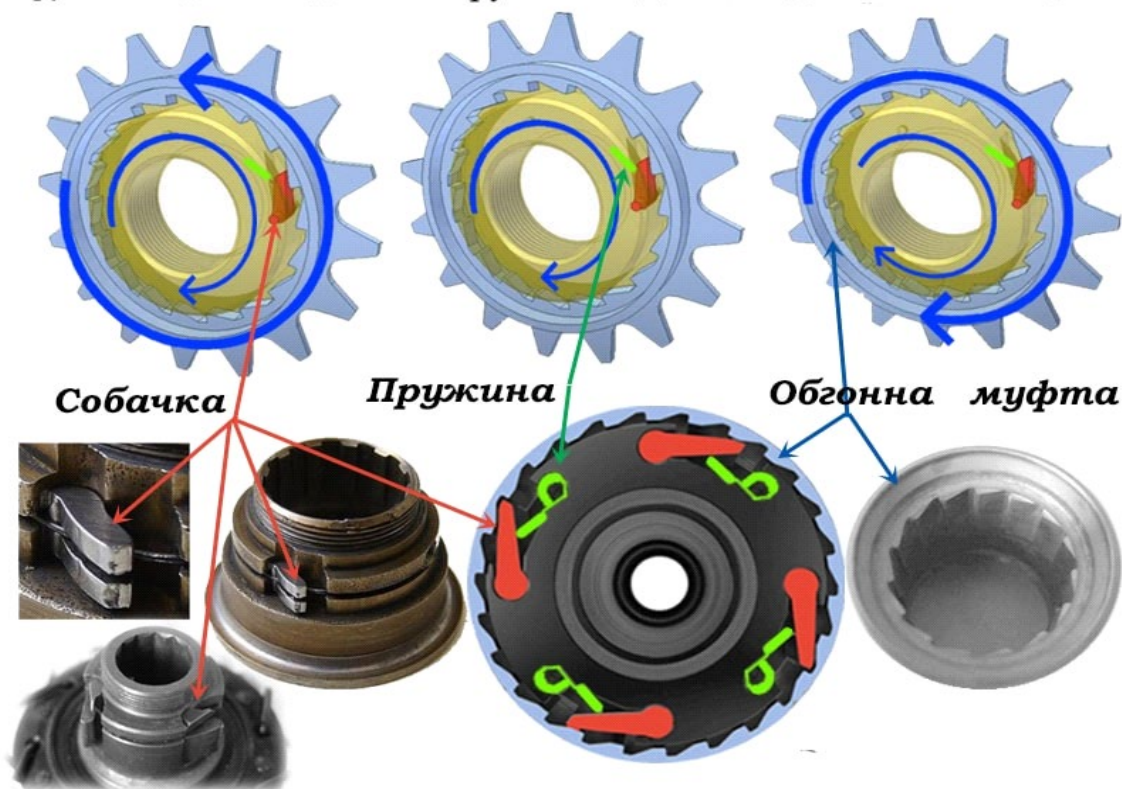


Рис. 1.5. Храповик трісківка



Рис 1.6. Кріплення втулки храпового механізму

Кількість зубів зірочки безпосередньо впливає на передавальне відношення ланцюгової передачі. Вибір зірочки з певною кількістю зубів визначає навантаження на ноги велосипедиста та впливає на роботу всієї системи. Збільшення кількості зубів на зірочці підвищує її довговічність.

Застосування лазерних систем для покращення ресурсу велосипедних касет має кілька ключових характеристик, які впливають на ефективність цієї технології та її вплив на виробничі й експлуатаційні процеси. Основна характеристика використання лазерних систем – висока точність обробки матеріалів. Лазерні технології дозволяють досягти мікронної точності, що забезпечує ідеальну відповідність зубців касет ланцюгу. Це зменшує тертя і знос обох компонентів, що забезпечує більш плавну та ефективну роботу трансмісії.

Іншою важливою характеристикою є можливість створення складних геометричних форм зубців касет. Лазерні системи дозволяють виготовляти

касети з оптимізованою геометрією, що підвищує ефективність передачі енергії від педалей до коліс. Це особливо важливо для змагальних велосипедів, де кожна деталь може вплинути на результат гонки. Завдяки можливості точного контролю процесу обробки, лазерні системи дозволяють створювати касети з унікальними характеристиками, які відповідають конкретним вимогам велосипедистів.

Лазерні системи також надають можливість зміцнення поверхонь касет за допомогою лазерного загартування або нанесення спеціальних покриттів. Ці методи підвищують твердість і зносостійкість поверхонь, що контактують з ланцюгом, забезпечуючи довший термін служби касет, особливо в умовах високих навантажень та агресивного середовища, наприклад, при катанні в горах або в умовах підвищеної вологості та забруднення. Це дозволяє велосипедистам рідше замінювати касети, що зменшує витрати на обслуговування.

Найпоширеніший матеріал для касет – різні марки сталей. Дешеві сталеві касети виготовляються зі сталей з низькою зносостійкістю, але таких на ринку небагато, найчастіше їх виробляють безіменні китайські компанії.

За конструкцією касети поділяються на:

- розбірні;
- спейсерні;
- на одному павуку;
- на декількох павуках;
- OpenGlide (блокові або цільнофрезеровані);
- X-Dome.

Розбірні касети мають всі зірки виконані окремо і з'єднані між собою заклепками або гвинтами. Це найдешевша, але важча в порівнянні з іншими, конструкція. Її перевага в тому, що при зносі будь-якої зірочки її можна замінити. Оскільки всі зірочки з'єднані між собою, крутильне навантаження з

кожної зірки, на якій знаходиться ланцюг, розподіляється по всіх зірочках, забезпечуючи рівномірний тиск по всій довжині шліців на барабані.



Рис. 1.7. Розбірні велосипедні касети

Спейсерні касети. Являють собою набір різних по діаметру зірок, скріплених окремими шліцами зі сталевим або алюмінієвим барабаном. Для поділу зірочок один від одного використовують спеціальні пластикові або металеві роздільники однієї товщини – спейсери. Звідси і назва: «Спейсерні». Зазвичай спейсери круглі, але в деяких моделях касет між великими зірками ставлять і зіркоподібні, з витягнутими променями.

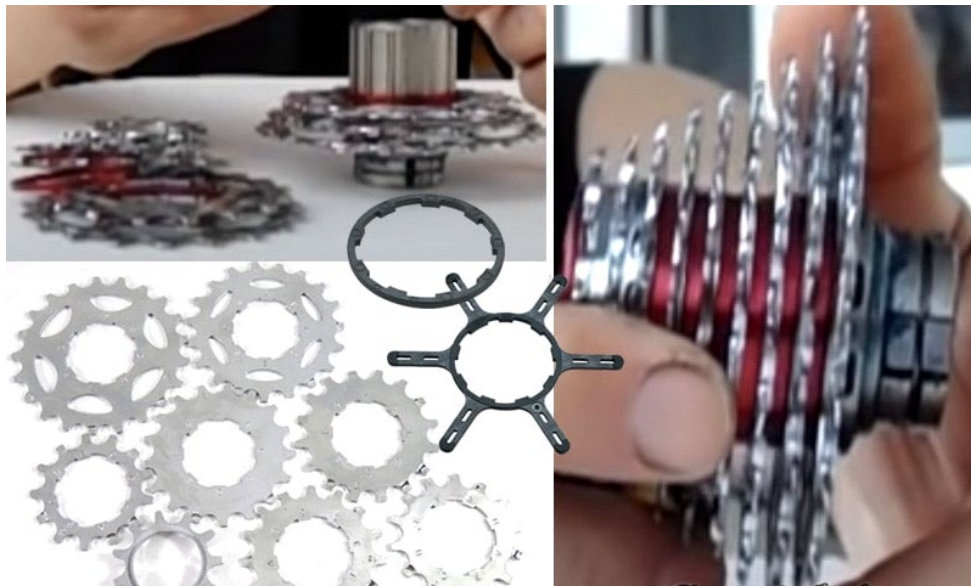


Рис. 1.8. Спейсерні касети

Перевагою цієї конструкції, як і попередньої, є відносно низька ціна та можливість повного розбирання для заміни окремих зірок у разі їх зносу. Проте її вага є більшою порівняно з аналогічними касетами інших типів. Недоліком, при використанні алюмінієвого барабана в касеті, є можливість його пошкодження сталевією зіркою. Оскільки з кожної зірочки товщиною близько 2 мм зусилля передається безпосередньо на алюмінієвий барабан, шліцьове з'єднання може не витримати великого навантаження від сталевієї зірки і зрізатися. При використанні більш міцного сталевіого барабана цей недолік зникає. Такі конструкції застосовуються для шосейних моделей з невеликою різницею в кількості зубів.

Касети на одному павуку. У цій конструкції всі зірки закріплені на єдиному павукоподібному шліці, лапки якого мають форму драбинки з окремими сходами для кожної передачі.



Рис. 1.9. Касети на одному павуку

У цих касетах крутильне зусилля з кожної зірочки розподіляється по всьому барабану, знижуючи навантаження на його шліци. Для зменшення ваги павук виготовляють з алюмінієвих сплавів.

Касети на декількох павуках. На відміну від попередньої конструкції, ця використовує кілька павуків для різних груп передач. Деякі зірки, особливо з малою кількістю зубів, можуть бути встановлені окремо.



Рис. 1.10. Велосипедні касети на одному павуку

Касети OpenGlide (суцільнофрезеровані). Компанія SRAM вперше запропонувала цю конструкцію. Касета виготовлена з цільного шматка сталі у формі порожнистого усіченого конуса з заданою кількістю зубів на кожному рівні (зірочці). Конус закривається алюмінієвою кришкою. Касета кріпиться до барабана вільного ходу втулки у двох точках: на вершині конуса та на алюмінієвій кришці. Моделі OpenGlide виготовляються методом фрезерування, що робить процес довгим і дорогим, тому ціна таких касет висока, що є їхнім основним недоліком. Перевага – дуже мала вага. Під час виготовлення між зірками та зубами фрезеруються додаткові отвори та пази для відводу бруду і зменшення ваги, що запобігає накопиченню бруду. При встановленні касети на велосипед на втулку надягається легка алюмінієва захисна трубка, яка кріпиться до найменшої зірочки і алюмінієвої кришки, захищаючи механізм вільного ходу втулки (так званий "горіх") від води та

бруду під час їзди. Касети OpenGlide використовуються виключно на шосейних велосипедах.



Рис. 1.11. Касети на одному павуку

Касети X-Dome. Це ще один продукт від фірми SRAM. На відміну від попередньої конструкції, у цій дві крайні зірки виготовляються окремо, а середні формуються єдиним блоком. Найбільша зірка зазвичай виготовляється з алюмінієвого або титанового сплаву для зменшення ваги конструкції. Найбільша та найменша зірки мають шліци для кріплення на барабані вільного ходу втулки. Середні зірки, як і у моделі OpenGlide, виточуються з цільної сталевий заготовки та жорстко з'єднуються з великою і малою зірками, утворюючи готову касету. Між крайніми зірками також кріпиться легка алюмінієва захисна трубка, яка надягається на втулку і захищає її від бруду.

Важливою характеристикою є можливість кастомізації касет під індивідуальні потреби клієнтів лазерні технології дозволяють виготовляти касети з особливими параметрами які максимально відповідають вимогам

конкретного велосипедиста це може включати спеціальні профілі зубців захисні покриття або навіть унікальні дизайнерські рішення що робить кожну касету унікальною і підкреслює індивідуальність власника велосипеда. У сфері ремонту та відновлення зношених касет лазерні системи також мають важливе значення вони дозволяють точно відновлювати зношені зубці повертаючи їм початкову форму та функціональність це значно подовжує термін служби касет і зменшує витрати на їх заміну що є важливим для велосипедистів які використовують свої велосипеди у важких умовах і потребують надійності та довговічності компонентів [16, с. 576].

Енергоефективність та екологічність є ще однією важливою характеристикою застосування лазерних систем лазерні технології дозволяють зменшити кількість енергії що витрачається на обробку матеріалів порівняно з традиційними методами крім того відсутність потреби в хімічних речовинах для обробки поверхонь робить процес більш дружнім до навколишнього середовища зменшення кількості відходів і можливість повторного використання матеріалів також сприяють зниженню негативного впливу на довкілля це робить лазерні технології привабливими для виробників які прагнуть підвищити свою екологічну відповідальність. Ще однією важливою характеристикою є можливість швидкого прототипування і тестування нових конструкцій касет завдяки лазерним системам виробники можуть швидко створювати дослідні зразки і проводити їх тестування в реальних умовах це значно скорочує цикл розробки нових продуктів і дозволяє оперативно реагувати на зміни у вимогах ринку та впроваджувати інноваційні рішення які підвищують ефективність і надійність велосипедних касет. Лазерні системи також забезпечують високу повторюваність і стабільність процесу обробки це означає що кожна виготовлена касета буде мати однакові характеристики і відповідати високим стандартам якості це особливо важливо для масового виробництва де навіть невеликі відхилення від стандартів можуть призвести до зниження якості продукції і підвищення рівня браку

впровадження лазерних систем у виробничий процес дозволяє мінімізувати ці ризики і забезпечити стабільно високу якість продукції [6, с. 13].

Загалом характеристика застосування лазерних систем для підвищення ресурсу велосипедних касет включає високу точність обробки можливість створення складних геометричних форм зміцнення поверхонь енергоефективність та екологічність можливість швидкого прототипування і тестування високу повторюваність та стабільність процесу кастомізацію під індивідуальні потреби клієнтів та можливість відновлення зношених компонентів ці характеристики роблять лазерні системи перспективним напрямком для покращення якості та надійності велосипедних касет і сприяють розвитку сучасного велоспорту і велотуризму.

1.2 Стандарти кріплення касети до валу

Касети "HyperDrive-C" на стандартних втулках Shimano використовує термін "HyperDrive-C" для позначення систем, що використовують 11-зубову зірочку ("C" означає "compact" – "компактний"). Зазвичай такі зірочки застосовуються з меншими ведучими зірками, наприклад, у гірських велосипедах. Через проблеми з зазорами пази на 11-зубових зірочках доходять лише до половини їх товщини. Відповідні виступи на барабані HyperDrive-C також не доходять до краю (Рис. 1.2.2.).



Рис. 1.2.1. Втулка HyperDrive-C

Вважається, що існує один найбільш поширений стандарт кріплення касети до втулки. Йдеться про форму барабана, на який встановлюються зірки. На багатьох велосипедах бюджетного та середнього рівня використовується барабан HG. Цей стандарт був розроблений відносно давно та дозволяє встановлювати касети з 7 до 11 швидкостей. Він дуже поширений, і касети для нього ще довго будуть доступні в магазинах. Якщо ваш велосипед коштує до 500-600\$, він, ймовірно, оснащений саме таким барабаном. На зображенні нижче це перший барабан зліва.



Рис. 1.2.2. Втулки типів Втулка HyperDrive-C та HG

Це варто враховувати, особливо якщо ваша втулка має алюмінієвий барабан. Зазвичай, барабан HG може бути виготовлений зі сталі або алюмінію. Раніше всі втулки мали сталеві барабани, але їх вага була досить значною. Тому все більше виробників почали випускати барабани з легкого алюмінію. Однак разом зі зниженням ваги виникла проблема: касета почала залишати на барабані глибокі задирки, що ускладнювало її демонтаж без пошкодження барабана.

Щоб вирішити цю проблему, виробники почали випускати касети з суцільною алюмінієвою основою. Таким чином, касета торкається барабана лише алюмінієвою основою, яку називають "павуком". Це мало кілька переваг: барабан перестав деформуватися, а касета стала легшою завдяки меншій кількості сталі. Проте такі касети значно дорожчі за звичайні.

Процес фрезерування елементів касети

Загальний робочий процес включає:

- Розробка конфігурації зірки в CAD-програмі.
- Різка заготовок.
- Обробка на верстатах з ЧПК у дві операції.
- Анодування.
- Нанесення лазерних гравіровок та маркувань.

Спочатку здійснюється фрезерування базової плити для закріплення алюмінієвої пластини перед подальшим фрезеруванням. (рис. 1.2.3)

Базуюча поверхня виготовлена з 20мм заготовки алюмінію.



Рисунок. 1.2.3 Підготовка

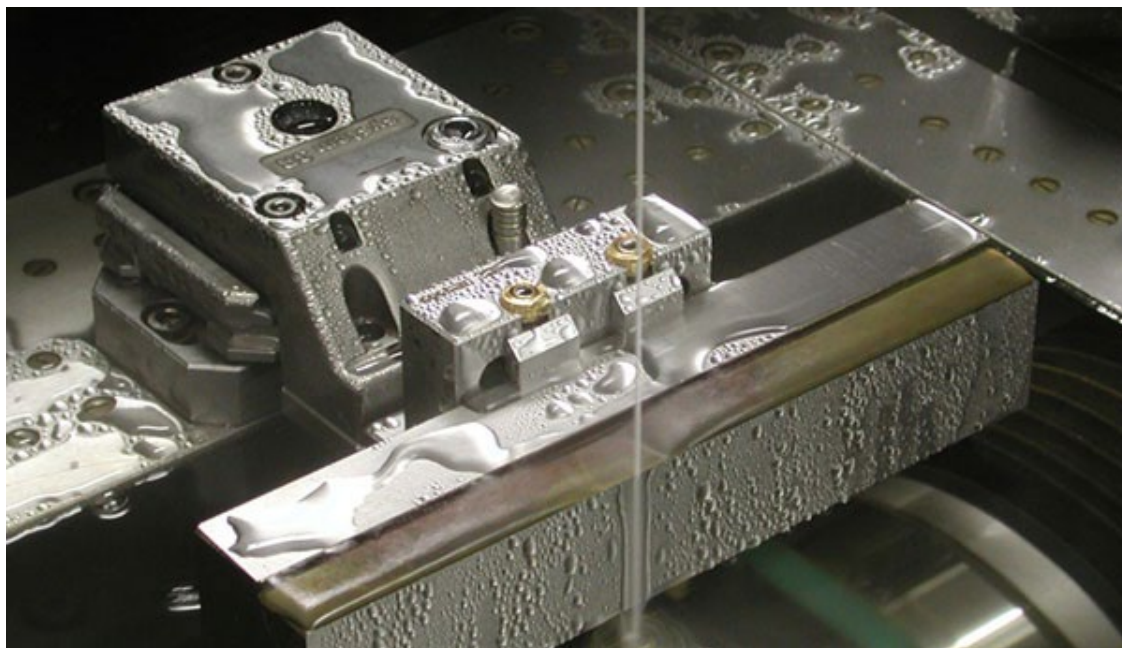


Рисунок.1.2.4. Базування допоміжної плити в лещатах

Після того як було завершено виготовлення допоміжної плити, до неї фіксуючими гвинтами кріпиться пластина, що вже є заготовкою для велосипедної зірки. (рис. 1.2.5.)

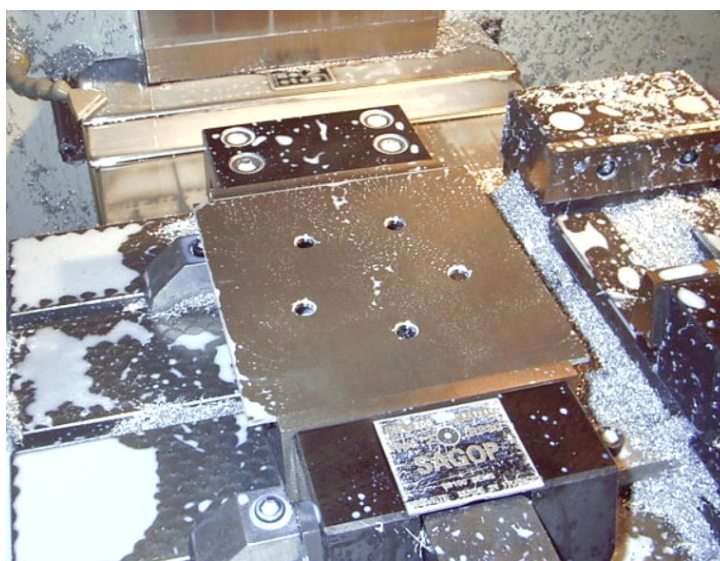


Рисунок. 1.2.5. Свердління отворів під кріпильні гвинти

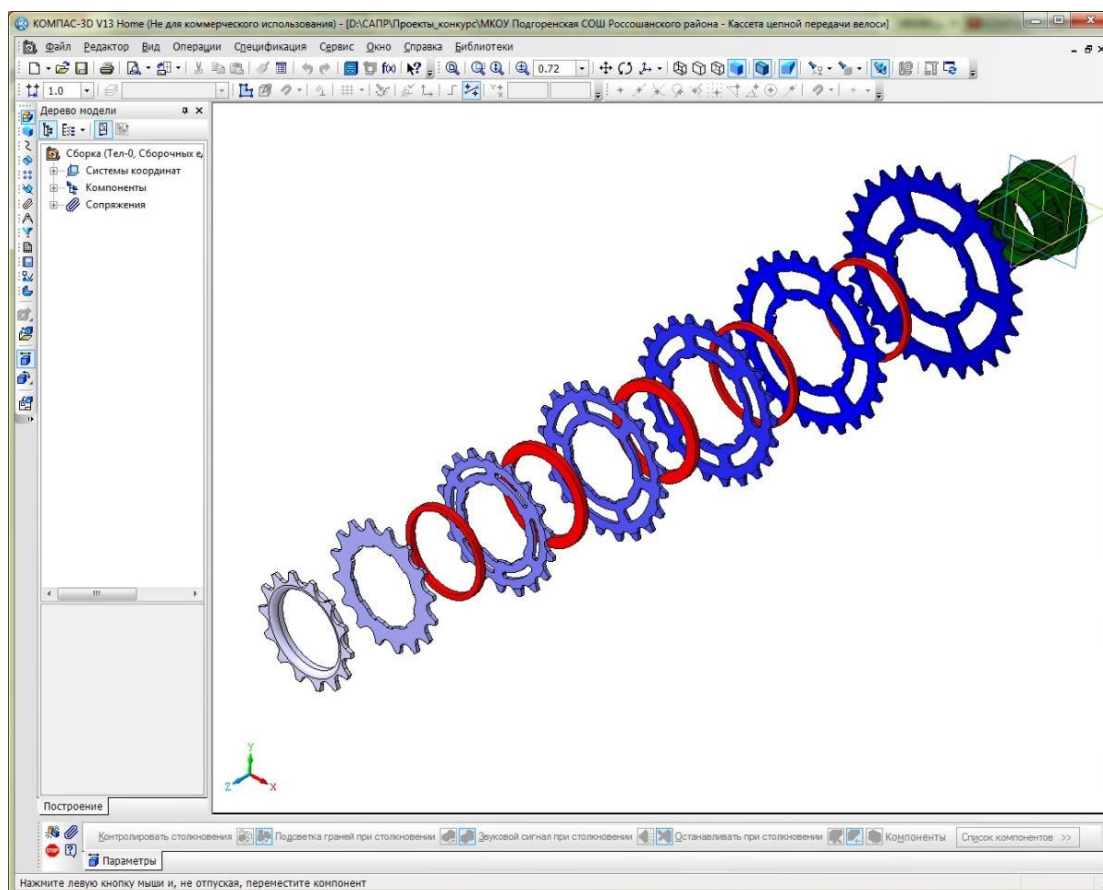


Рисунок. 1.2.6. Моделювання касети в САD програмі

На рис. 1.2.6. докладно зображена схема базування. Таким чином заготовка позбавляється шести ступенів вільності, та повністю збазована.

Наступний етап –профілювання контуру зубців.



Рисунок. 1.2.7 Формування зірки

Потім потрібно виготовити різні конструкційні елементи зірки, такі як канавки, "спідниці", пази.



Рисунок. 1.2.8. Виведення загальної форми зірки

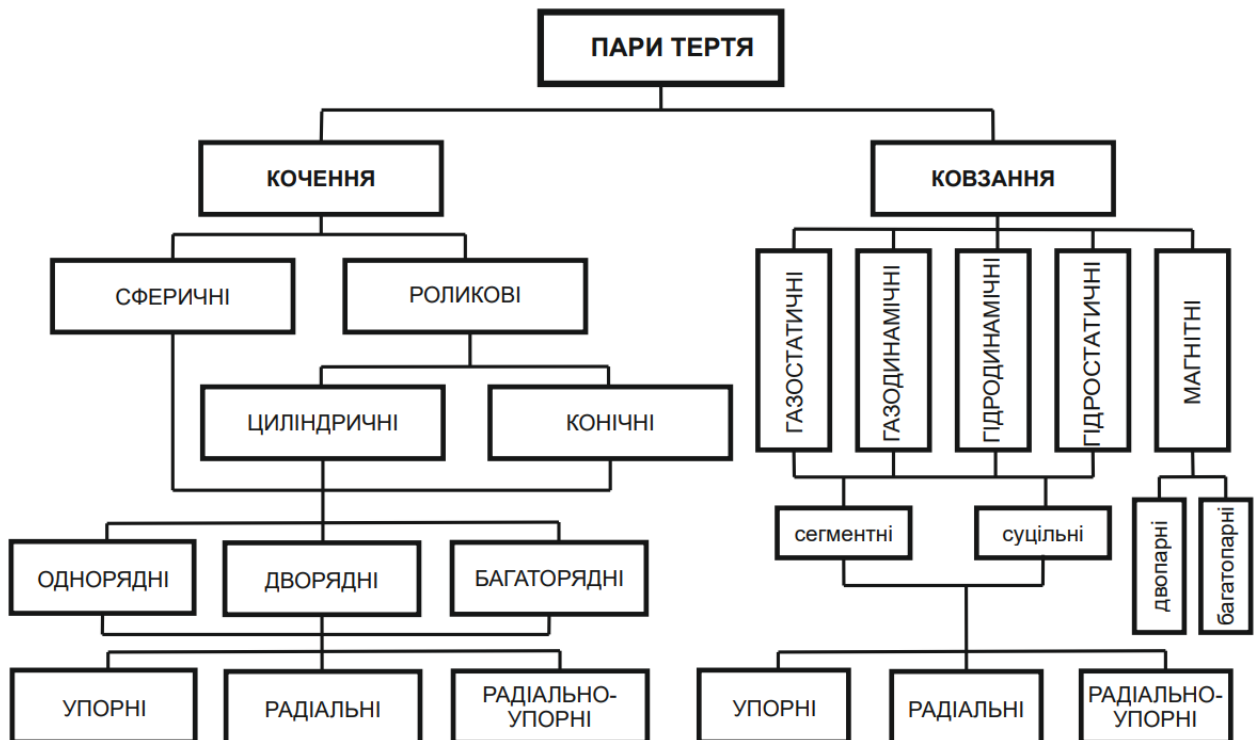
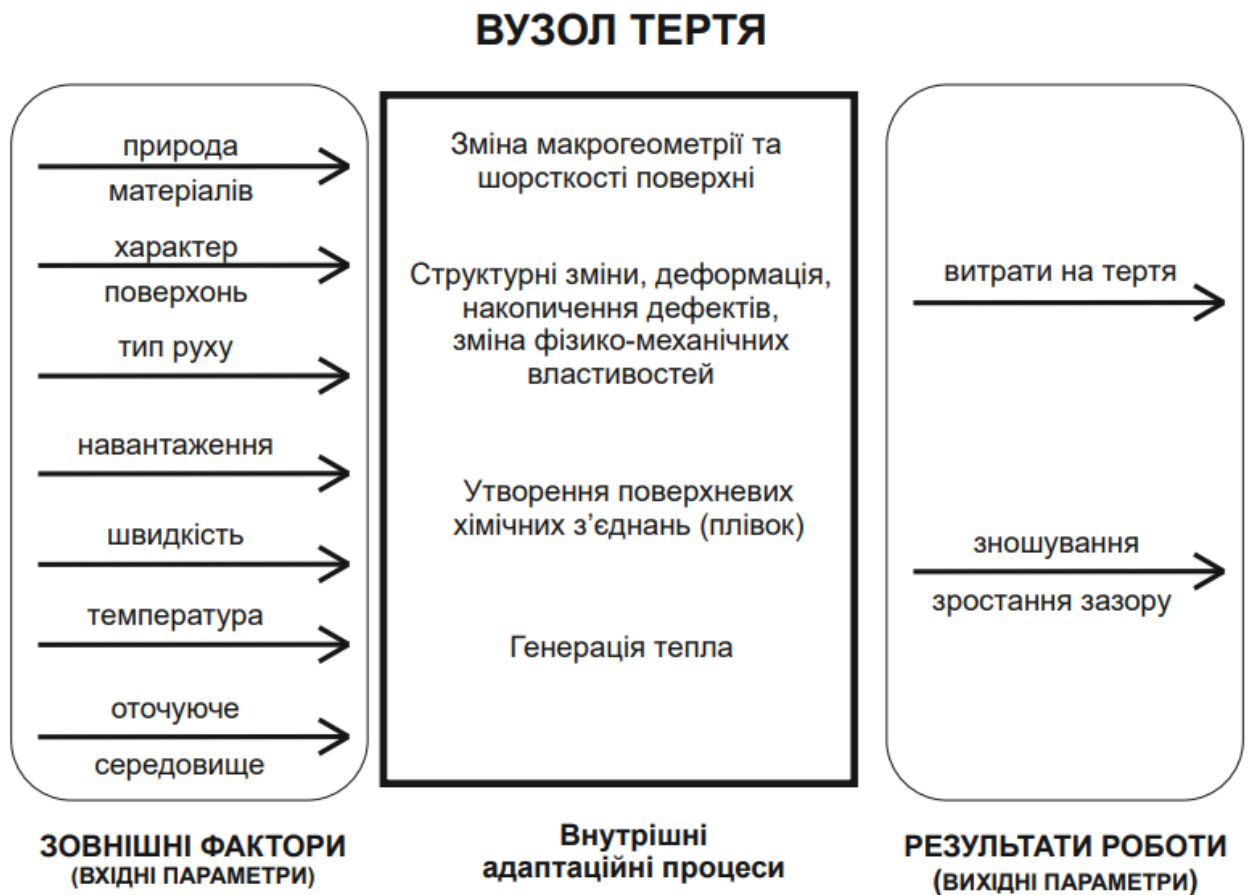
Наступним етапом йде надання фаски на фрезувальному станку

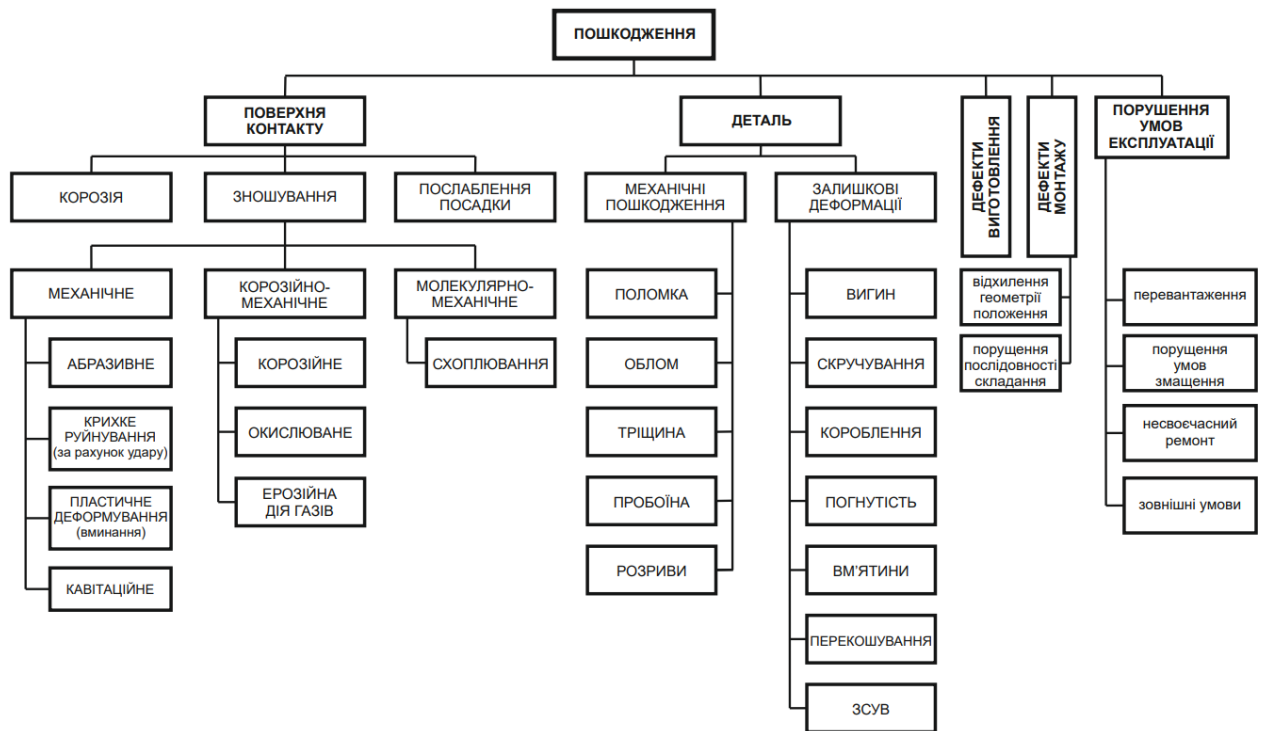


Рисунок 1.2.9 Зняття фасок

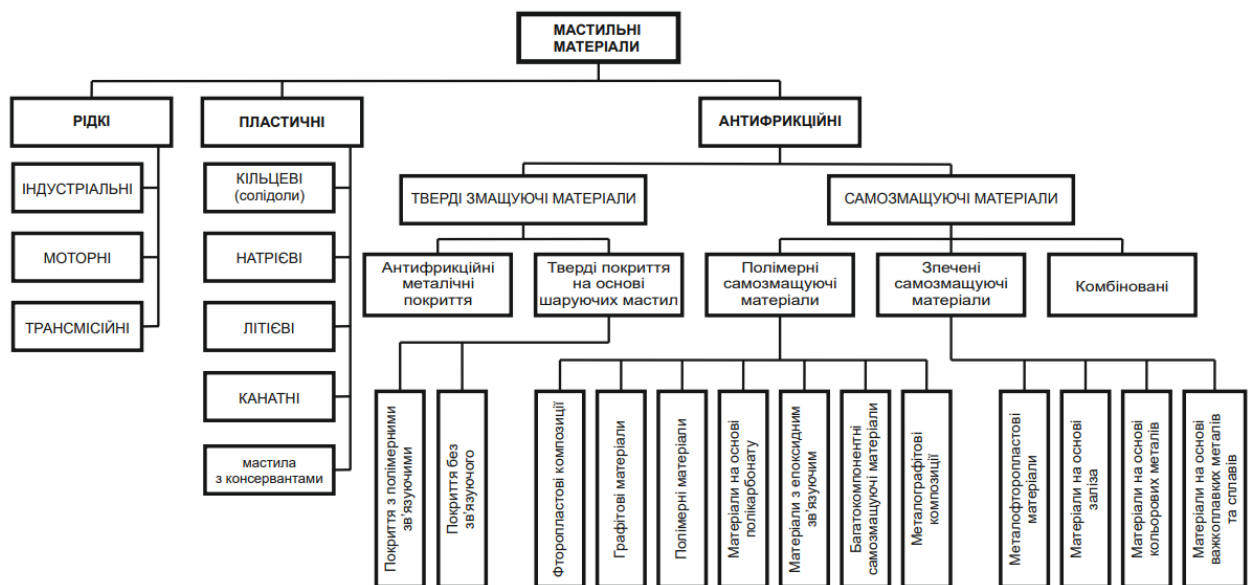
Цей технічний процес триває близько трьох годин.

1.3. Основні причини зношування



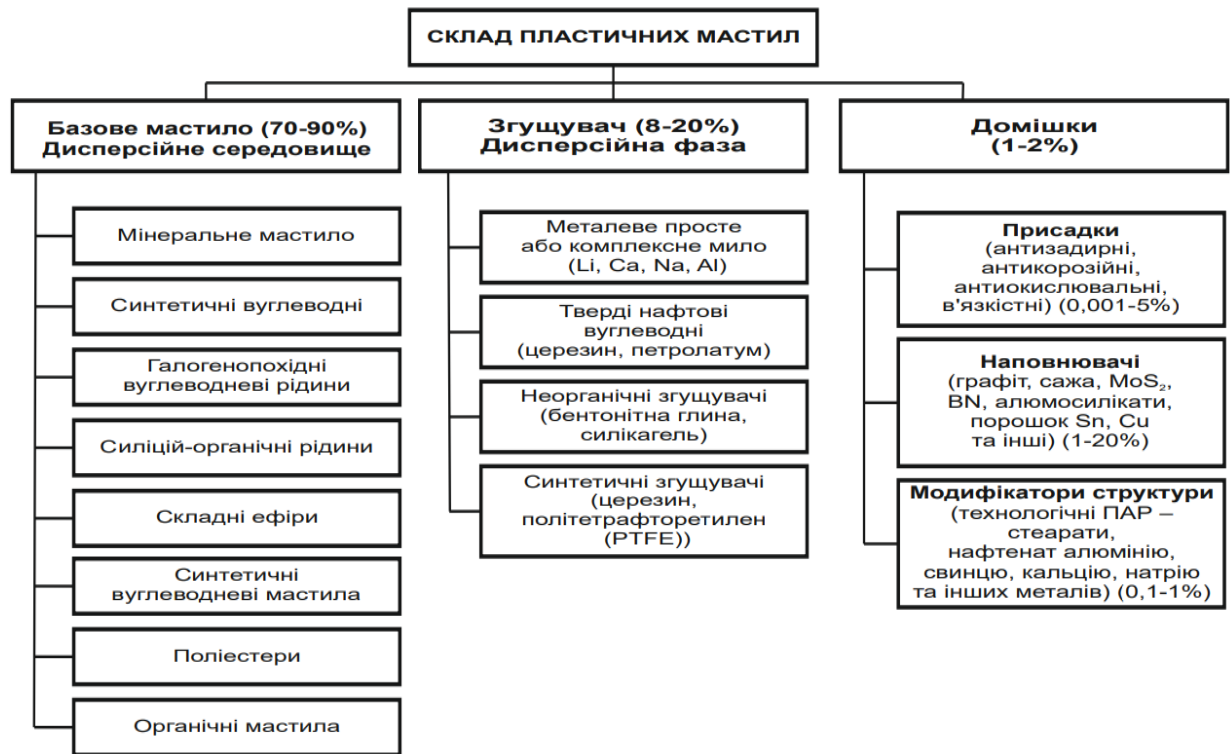


З цього випливає що основною проблемою є тертя та неідеальна пара тертя, то ж треба використовувати матеріали що зменшують тертя.



Масильний матеріал — це речовина, яка наноситься на поверхню тертя для зменшення опору і зносу, що призводить до підвищення навантажувальної спроможності механізмів.

- За фізичним станом, мастильні матеріали поділяються на тверді, пластичні, рідинні та газоподібні. Найчастіше для змащення використовуються рідинні мастила (наприклад, оливи) і пластичні змащуючі матеріали (мастила)



Недоліки:

- Великі енергетичні втрати під час запуску і недостатнього змащення. Використання більш дорогих матеріалів.
- Зменшення коефіцієнта корисної дії.
- Порівняно великі осьові розміри.
- Високі витрати мастильних матеріалів.
- Нерівномірне зношування підшипника і втулки.

Висновок:

Виготовлення зірок методом фрезерування є трудомістким, дорогим та тривалим процесом. Проте використання правильного обладнання та інструментів дозволяє дотримуватися всіх необхідних розмірів і технологічних параметрів. Штampuвання, навпаки, краще підходить для

виготовлення сталевих зірок, які зазвичай не використовуються у професійному велоспорті.

1. 4. Аналіз магнієвих сплавів

1.4.1 Виробництво магнієвих сплавів

Магнієві сплави (англ. magnesium alloys) — це сплави на основі магнію. Магнієві сплави є найлегшими металевими конструкційними матеріалами: їх густина в чотири рази менша, ніж у сталі, і в 1,5 рази менша, ніж у алюмінію та його сплавів. Вони характеризуються високою питомою міцністю, з межею міцності деяких видів сплавів, що досягає 250–400 Н/мм² при густині до 2 г/см³. Ці сплави здатні поглинати енергію ударів і вібраційні коливання, легко обробляються різанням. Магнієві сплави добре зварюються контактним роликотим та дуговим зварюванням.

Застосування матеріалів із магнієвих сплавів

Магнієві сплави добре зварюються контактним роликотим та дуговим зварюванням. Ці матеріали є найлегшими серед інженерних металів, відомі як "зелені інженерні матеріали 21 століття", з високою міцністю, ударостійкістю, чудовим тепловідведенням та стабільністю розмірів. Литі магнієві сплави мають високу питому міцність і жорсткість, стабільні у бензині, гасі й мастилах. Вони широко використовуються в транспорті, електроніці, військовій техніці, зокрема в автомобільних панелях приладів, коробках передач, двигунах, дверях, рамах. Використання магнієвих сплавів дозволяє зменшити вагу автомобіля, знизити витрати палива, зменшити викиди і покращити гнучкість конструкції. Сплави магнію легко формуються, мають чудові механічні властивості та унікальну функцію біологічного розкладання, що робить їх найкращим вибором для медичних металевих матеріалів.



Рисунок. 1.4.1.Магнієві сплав



Рисунок. 1.4.2. Магнієва шестерня

1.4.2 Недоліки магнієвих сплавів

Недоліками магнієвих сплавів є:

- їх легка окислюваність і самозаймистість при плавці, що вимагає проведення плавки та розливання цих сплавів під шаром флюсів або у вакуумі;
- менша корозійна стійкість і гірші ливарні властивості порівняно з алюмінієвими сплавами.

Ці недоліки усуваються додаванням невеликих кількостей берилію в сплави, нанесенням захисних покриттів та покращенням технології виробництва виливків. Позначення Ливарні магнієві сплави згідно з ГОСТ 2856-45 позначаються марками від МЛ1 до МЛ6.

1.5. Особливості лазерного різання велосипедних зірок

Термічне різання металу використовує термічну обробку для відрізання частин металевих заготовок з метою отримання готового продукту з потрібними геометричними характеристиками. Цей процес може включати розплавлення або випаровування зовнішнього шару матеріалу за допомогою термодинамічного впливу. Термічне різання поділяється на різання в середині і зовнішнє, залежно від форми і характеру розрізу, а також на первинне і фінальне, в залежності від потреби у подальшій обробці поверхні. Основними методами термічного різання металу є газове, плазмове і лазерне різання, кожне з яких має свої переваги і обмеження за товщиною і видом оброблюваного металу, а також забезпечує певний рівень якості обробки поверхні. (табл.1.5.1).

Лазерне різання є сучасним методом обробки металів, що використовує інтенсивний лазерний промінь. Висока енергія лазерного променя зосереджується на поверхні металевого листа, що призводить до утворення

отворів, випаровування металу та розплавлення, який видаляється під високим тиском суміші газів 10^7 - 10^8 Вт / см².

Табл. 1.5.1. Порівняльна характеристика [19]

Параметр	Вид різання		
	Кислородна	Плазмова	Лазерна
Область застосування	метали та їхні сплави, крім нержавіючої сталі, алюмінію, міді, латуні; бетон і залізобетон, кольорові метали (киснево-флюсова різка)	метали та інші електропровідні матеріали (плазмова-дугова різка); різні неелектропровідні матеріали (різка плазмовою струєю)	Майже всі матеріали
Характерна товщина металу (мм)	до 1500–2000 та більше	до 100–150 Зазвичай до 50–100	до 40 Зазвичай до 6–20
Ширина різу (мм)	до 10	2–7	0,1–1
Якість	Низька	Середня	Висока
Продуктивність різання металу (без пакетного різання)	попередній нагрів; повільна швидкість з поступовим зниженням на середніх і великих товщинах	швидке вигорання; дуже висока швидкість при малих і середніх товщинах звичайно з різким зниженням при збільшенні товщини	дуже висока швидкість при малих товщинах зазвичай супроводжується помітним зниженням при збільшенні товщини; тривалий вигорання для великих товщин
Зона термічного впливу	Велика	Велика	Середня
Вартість обладнання	низька	середня	висока
Вартість обслуговування	низька	низька	висока

Лазер - пристрій, який генерує оптичне квантовий випромінювання за принципом стимульованої емісії світла. Атоми матеріалу з певним запасом енергії, що перебувають на стійкому енергетичному рівні, можуть бути збуджені для виходу з цього стану. Це досягається за допомогою світлових імпульсів від імпульсної лампи, які тривають близько 0,01 секунди. Під час збудження атоми випромінюють два фотона, які далі збуджують інші атоми у активному середовищі, піднімаючи їхні електрони на вищі енергетичні рівні.

Фотони, які виникають, взаємодіють з іншими атомами, викликаючи лавиноподібний потік фотонів у різних напрямках. У системі з паралельними торцевими дзеркальними поверхнями атоми кілька разів відбиваються від дзеркал, що призводить до збудження більше половини атомів приблизно через 0,5 мікросекунди. Це спричиняє нестійкість системи і викликає виникнення світлового потоку в активному середовищі.

На сьогоднішній день структура зони термічного впливу (ЗТВ) після лазерного різання конструкційних сталей ще не повністю досліджена, і залишається відкритим питання щодо необхідності видалення поверхневого шару деталі. Лазерне різання металів зазвичай виконується одним з двох подібних методів. У першому методі лазерний промінь фокусується на поверхні матеріалу, що призводить до його плавлення, а потім розплав видаляється за допомогою струменя газу. Другий метод подібний до першого, але газ взаємодіє з матеріалом, що створює сприятливі умови для процесу різання. Структурна схема обладнання показана на рисунку 1.2: лазерний промінь, який направлений вертикально, фокусується лінзою на поверхні матеріалу або нижче неї. Простір між лінзою і матеріалом заповнюється камерою, яка стискає вхідний газ і випускає його через сопло в місце різку. [19]

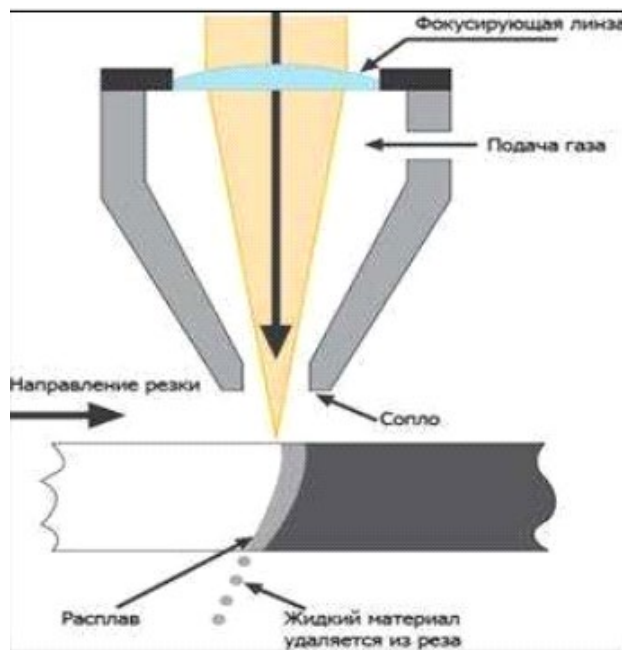


Рисунок 1.5.1. Загальна схема ГЛР

Під впливом лазерного випромінювання на метали під час різання відбувається наступний процес: спочатку поверхня металу поглинає випромінювання, що призводить до нагрівання до першої температури руйнування - температури плавлення. Далі додаткове поглинання енергії лазера викликає розплавлення металу і зсув фазового переходу плавлення вглиб матеріалу. У цей час енергія лазерного проміння продовжує підвищувати температуру, досягаючи другої температури руйнування - температури кипіння, коли відбувається активне випаровування металу. Швидкість випаровування залежить від температури, досягаючи максимуму при стаціонарній температурі випаровування, коли швидкості фазових переходів (плавлення і випаровування) вирівнюються. [19]..

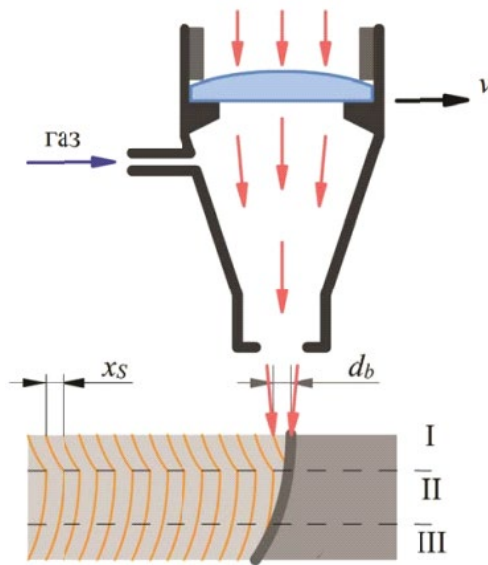


Рисунок 1.5.2. Формування зон під час глибокого лазерного різання (ГЛР) металів залежить від кількох ключових параметрів, таких як щільність потужності лазерного випромінювання, обсяг розплавленого металу, стаціонарна температура, а також швидкість плавлення і випаровування. Ці фактори безпосередньо впливають на процес руйнування матеріалу під дією лазерного променя.

Густина потужності лазерного променя визначається енергією, що концентрується на одиницю площі поверхні матеріалу, і визначає інтенсивність нагрівання матеріалу та кількість утвореного розплавленого металу.

Стаціонарна температура характеризує температурний режим у точці впливу лазерного променя і може досягати значень плавлення або кипіння залежно від інтенсивності та тривалості дії променя.

Швидкість плавлення і випаровування визначається енергетичним впливом лазера, що призводить до цих процесів. Вони експоненціально залежать від температури, і максимальні значення досягаються при стаціонарній температурі випаровування.

Поглинання енергії лазерного променя металом залежить від температури поверхні, довжини хвилі променя, його поляризації та кута падіння на поверхню. Ці параметри впливають на ефективність передачі енергії в матеріал і, відповідно, на результативність процесу різання.

Таким чином, змінюючи щільність потужності та час впливу лазерного випромінювання, можна регулювати глибину і якість різки металів при глибокому лазерному різанні (ГЛР), що дозволяє досягати оптимальних технологічних результатів в обробці матеріалу.

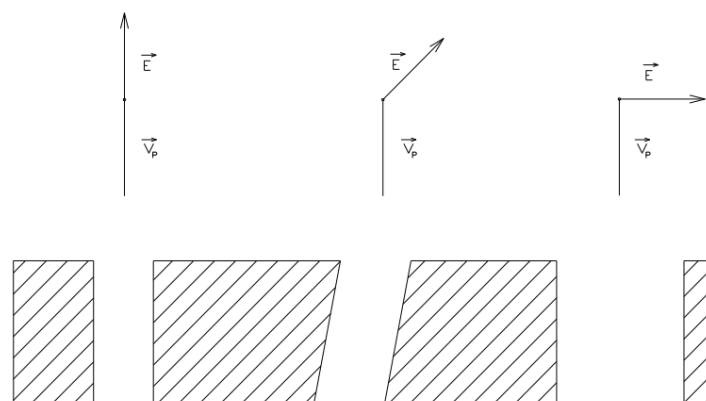


Рисунок 1.5.3. різання металів, включають:

1. **Швидкість різання:** Цей параметр визначає швидкість руху лазерного променя вздовж матеріалу під час різання. Швидкість різання

впливає на тепловий вплив на матеріал і формування зони плавлення та випаровування. Висока швидкість різання може зменшити зону термічного впливу і мінімізувати деформацію матеріалу.

2. **Потужність випромінювання:** Це енергія лазерного променя, що падає на оброблюваний матеріал на одиницю площі. Потужність випромінювання визначає інтенсивність нагрівання і розплавлення матеріалу. Висока потужність дозволяє швидше розплавити матеріал, що може збільшити швидкість різання і покращити якість різі.

3. **Тиск газу:** Це тиск газу, який використовується для видалення розплавленого матеріалу з зони різання. Ефективне видалення розплавленого матеріалу дозволяє підтримувати чистоту різі і запобігати утворенню бризок. Оптимальний тиск газу допомагає зменшити тепловий вплив на матеріал і покращити якість різі.

Експериментальні дослідження показують, що серед цих параметрів найбільший вплив на глибину різання має швидкість різання. Вона є ключовим фактором, який визначає можливу глибину різання і впливає на ефективність процесу в цілому [20].

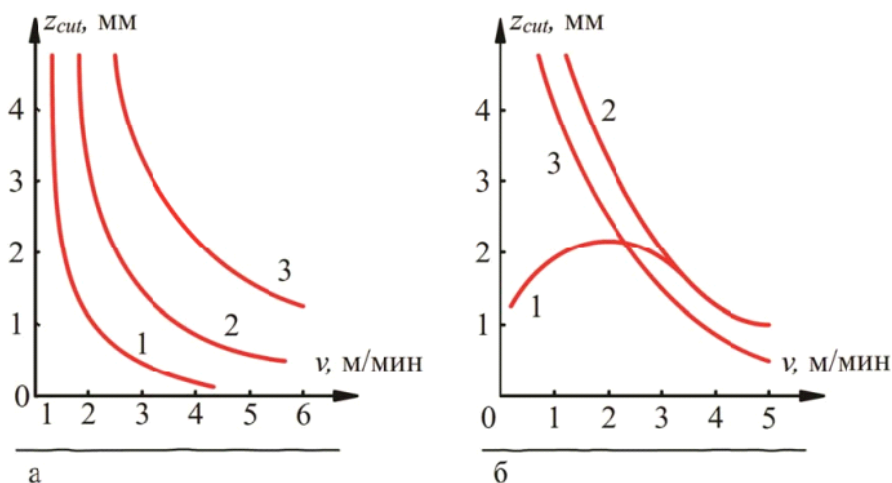


Рисунок 1.5.4. Вплив швидкості обробки на глибину і якість різі змінюється залежно від типу матеріалу та умов фокусування лазерного променя.

а) Для якісного різання вуглецевої сталі швидкість обробки є дуже важливим фактором. Збільшення швидкості може знизити якість різу через скорочення часу взаємодії лазерного променя з матеріалом. Важливо знайти оптимальну швидкість, яка дозволить досягти необхідної глибини різу без значного погіршення якості оброблених країв.

б) При різанні корозійно-стійкої сталі також потрібно враховувати швидкість обробки, але в цьому випадку вона може бути менш критичним фактором, оскільки цей матеріал зазвичай менш чутливий до термічних впливів порівняно з вуглецевою сталлю. Оптимальна швидкість буде залежати від конкретного складу корозійно-стійкої сталі та параметрів лазерного променя.

В обох випадках важливо проводити дослідження і тестування для визначення оптимальних умов фокусування і швидкості обробки, що забезпечать максимальну ефективність і якість різу при роботі з різними типами сталі. [20]

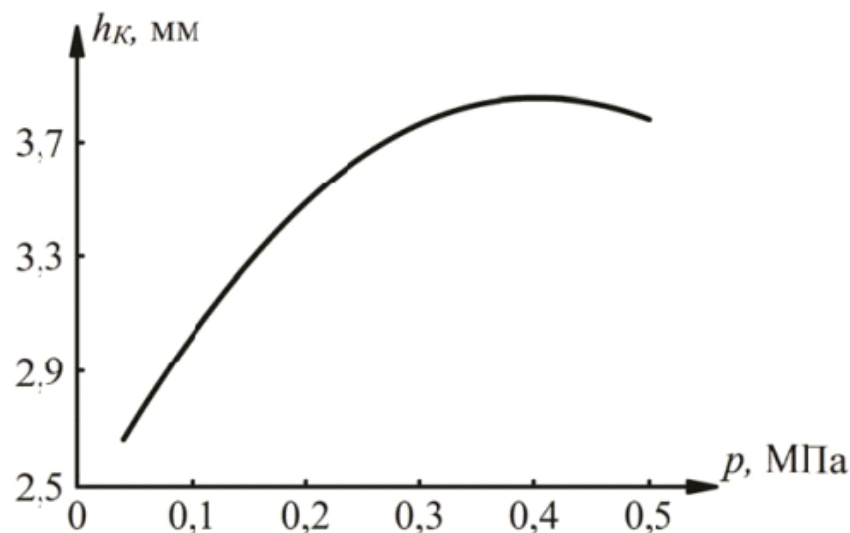


Рисунок 1.5.5. Вплив тиску допоміжного газу на глибину різання вуглецевої сталі. [20]

1.6. Технологія лазерного наплавлення

Лазерне наплавлення — це технологія, яка дозволяє відновлювати деталі з металу, що піддаються підвищеному зносу, динамічним навантаженням і механічним впливам під час експлуатації. Лазерним променем на поверхні виробу створюється зона розплаву. У цю зону подають присадки: порошок, дріт або інший комбінований матеріал. У результаті утворюються наплавлення, які відновлюють зношену структуру виробів. Цей метод широко застосовується на підприємствах та в майстернях, що займаються виготовленням і ремонтом металевих інструментів, штамсів, прес-форм, компонентів компресорного обладнання тощо. Під час технологічного процесу усуваються тріщини, сколи, подряпини, задирки, забоїни та інші дефекти поверхні, а також відновлюється міцність виробу.

Роботи виконуються на верстатах, оснащених лазерними генераторами діодного, алюмоїтрієвого або оптоволоконного типу. Вони здатні генерувати промені з довжиною хвилі 0,9-1,3 мкм. У такому діапазоні найкраще поглинається більшість чистих металів. Найбільше поширення отримали діодні лазери. Вони забезпечують максимально рівномірну щільність розподілу в місці, де фокусується промінь.

Лазерне наплавлення металу здійснюється із застосуванням порошкових, газопорошкових присадок та дроту. Способи подачі витратного матеріалу можуть бути різними:

- коаксіальна,
- латеральна,
- радіальна.

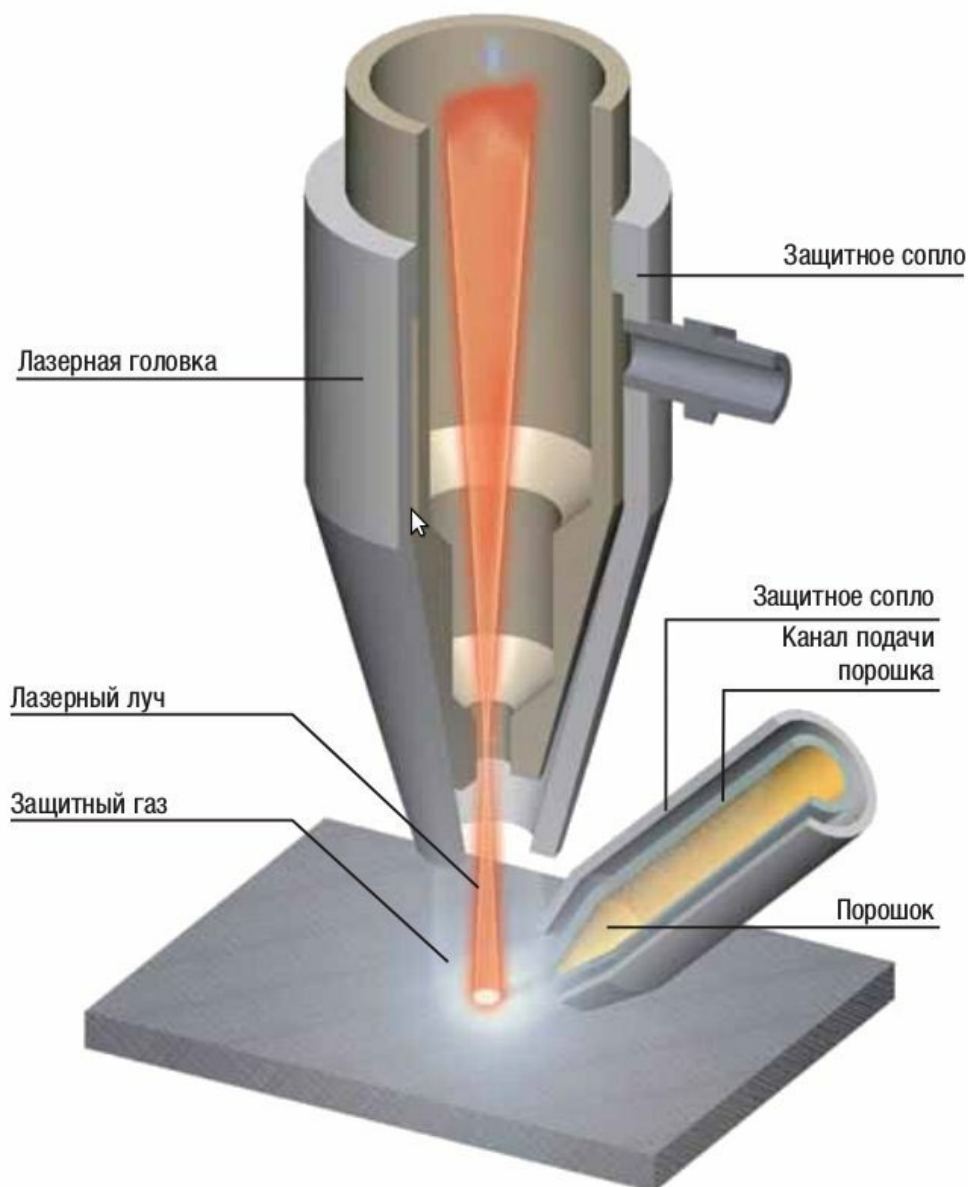


Рис 1.6.1 Пристрій наплавлювальної головки

Виконання наплавки здійснюється роботом-маніпулятором за заздалегідь складеною та завантаженою програмою. Лазерний промінь точково розплавляє матеріал, після чого в зону розплаву подаються присадки, які також плавляться. Після охолодження вони утворюють новий шар на поверхні деталі. Цей процес відзначається високою якістю, точністю та швидкістю виконання.

За характером випромінювання технологія лазерної наплавки буває двох типів:

- Непривне.
- Імпульсна.

Непривне наплавлювання Застосовується там, де потрібна висока продуктивність обладнання без надмірно високих температур і потужності. Метод добре зарекомендував себе при роботі з важкозварювальними деталями. Основний метал і присадка змішуються в невеликій зоні: 10-30 мкм залежно від робочого режиму. За один прохід променя обладнання робить наплавку товщиною 0,05-3 мм.

Сучасні оптичні системи надають можливість працювати не тільки з зовнішніми частинами деталей, але й з внутрішніми. У цьому випадку станки додатково оснащуються поворотними призми або дзеркалами, що спрямовують потік енергії до необхідної області. Неперервна лазерна наплавка порошком, газом або дротом знайшла широке застосування в нафтогазовій промисловості, суднобудуванні, металургії та на підприємствах, що виробляють гіпсоцементні склади.

Імпульсне наплавлювання Лазери імпульсного типу мають дуже високу пікову потужність. Вони можуть працювати як в ручному режимі, використовуючи в якості присадки дріт, так і в автоматичному (з дротом або порошком), під керуванням роботизованих систем.

У першому випадку оператор спостерігає за процесом через мікроскоп, встановлює мітки для фокусування лазерного променя. Розмір області розплаву має бути в 1,5-2 рази більшим за діаметр дроту, щоб обсяги розплаву зводилися до мінімуму, і відновлюване виріб нагрівався незначно. Щоб запобігти потраплянню кисню в робочу область і уникнути окислювальних процесів, додатково подається інертний газ. Ручний метод використовується переважно при роботі з деталями машин, прес-формами для відновлення їх початкових розмірів. Сам процес подібний до лазерного зварювання з використанням металевого дроту.

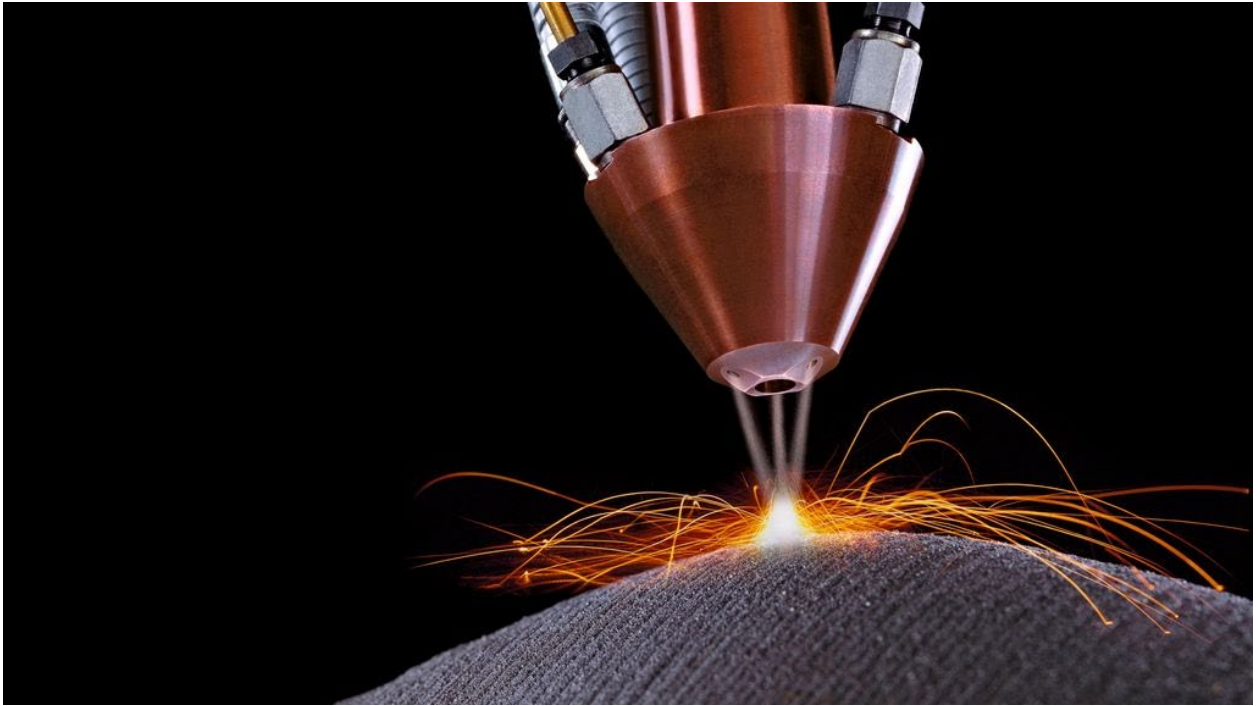


Рис 1.6.2. Непривне лазерне наплавлювання

Переваги

Технологія лазерної наплавки має низку значних переваг: Можливість змінювати робочі параметри: Дозволяє коригувати фізико-хімічні властивості наплавленого шару в широкому діапазоні. Мінімальний температурний вплив на деталь: Завдяки високій точності дозування імпульсу, незначному часу та локальності його подачі геометрична форма оброблюваної деталі зберігається.

Високі адгезійні властивості: Вихідний матеріал і наплавлене покриття з'єднуються дуже міцно, не поступаючись металургійній обробці. Підвищена твердість, в'язкість, корозійна та теплова стійкість наплавленого шару: Поверхня стає стійкою до зносу, розтріскування, механічних пошкоджень та інших дефектів.

Мінімальні припуски: Значно спрощують фінішну механічну обробку. Можливість роботи з великогабаритними деталями без їх демонтажу: Обробка внутрішніх і важкодоступних поверхонь забезпечується волоконною технологією передачі лазерного випромінювання.

Висока точність товщини наплавленого шару та його фізико-хімічних показників: Оператор і програмне забезпечення дуже точно контролюють робочий процес.

Невисока собівартість процесу та оперативність виконання робіт у порівнянні з іншими способами відновлення пошкоджених і зношених металевих поверхонь: Технологія не потребує створення і підтримання високих температур, тривалої фінішної обробки. Під час роботи з хромованими виробами захисний шар видаляти не потрібно.

1.7.Розрахунок режимів лазерної обробки

Вихідні дані для розрахунків режимів лазерного наплавлення:

Теплофізичні властивості основного металу

Матеріал	Сталь 35ХМ
Глибина зміцненого шару	$Z_z = 1 \text{ мм} = 0,1 \text{ см.}$
Твердість зміцненого шару	HV 850
Довідкові дані	
Температура загартування	$T_{\text{заг}} = 850^\circ\text{C}$
Температура плавлення	$T_{\text{пл}} = 1510^\circ\text{C}$
Температура кипіння	$T_{\text{кип}} = 2850$
$^\circ\text{C}$	

Коефіцієнт теплопровідності	$k = 0,40 \text{ Вт/см}$
$^\circ\text{C} \cdot ^\circ\text{C}$	

Коефіцієнт температуропровідності $a = K/(^{\rho} \text{ c})$; $a = 0,123 \text{ см}^2/\text{c}$;

Поглинаюча властивість матеріалу $A = 0,85$

Скоректована температура загартування:

$$T_z = T_{zag} + 80^{\circ}\text{C}$$

$$T_z = 930^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Густина} - \rho = 7800 \text{ кг/м}^3;$$

$$\text{Теплоємність} - c = 0,462 \text{ Дж/(г*град)};$$

Під час наплавлення створюється шар, склад і властивості якого визначаються характеристиками наплавленого матеріалу та технологічними параметрами процесу. Матеріал для наплавлення може бути нанесений у вигляді порошку, дроту, стрічки, фольги тощо. В технологіях лазерного наплавлення широко використовується порошкове наплавлення, яке потребує мінімальних енергетичних витрат і забезпечує високу продуктивність порівняно з іншими методами. Існує кілька різновидів процесів лазерного порошкового наплавлення, що відрізняються способом подачі присадного матеріалу в зону дії лазерного променя: у вигляді шлікерної обмазки (ЛНШО), з подачею порошку безпосередньо в зону обробки струменем транспортуючого газу (ГПЛН), та нанесенням порошку на поверхню у вигляді газотермічних або гальванічних покриттів. Кожен із цих методів має свої переваги та недоліки, які визначають область їх застосування. Найважливішими факторами, що визначають вибір конкретного способу наплавлення, є структура випромінювання, конфігурація поверхні, необхідна товщина наплавленого шару та склад присадного матеріалу.

Для плазмового і лазерного наплавлення використовуються порошки зі сферичними або округлими частинками, які мають добру плинність. Найчастіше застосовуються порошки на основі заліза, нікелю і кобальту. За ГОСТ 21448-75 випускаються порошки на основі заліза типу "сормайт": ПГ - С1; ПГ - УС25; ПГ - С27; ПГ - ФБХ6 - 2; ПГ - АН1. Крім того, виробляються порошки на залізній основі за відомчими технічними умовами (ТУ): ПР - 10Р6М5; ПГ - АН2; ЛГС - 1; ЛГС - 2.

Табл 1.7.1 Порошкові матеріали для наплавлення

Найменування сплавів	Спосіб наплавлення	В яких випадках застосовується	Приклади застосування	Яким різновидам зносу протидіють
Порошкова проволока: ПП-Х12ВФ ПП-Х12Ф ПП-Х12М ПП-сормайт №2	Автоматичне наплавлення під флюсом АН-30	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу.	Броньовані листи бункерів на металургійних заводах, штампи холодної штамповки, валки холодної прокатки, волочні барабани, пуансони і матриці для брикетированих бурих вуглів тощо.	Механічному зносу
Порошкова проволока: ПП-3Х2В8 Проволока суцільного перетину: ЭИ-701	Під флюсом АН-20	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу.	Валки гарячої прокатки, штанги малого корпусу доменної печі, ножі для гарячої різки металу, штампи для гарячої штамповки, пресуючі інструменти та ін..	Механічному зносу
Порошкова проволока: ПП-Г13 Проволока суцільного перетину: СВ-Х20Н10Г6	Під флюсом АН-30 для проволоки ПП-Г13, АН-22 для проволоки СВ-Х20Н10Г6	При відновлюванні деталей зі сталі Г13Л	Деталі камене- і вуглерозмольних мельниць, зубів екскаваторів, працюючих в умовах ударних навантажень і високих тисків та ін.	Механічному зносу
Порошкова проволока: ПП-Х12ВФ; ЕШ, ПП-Х12Ф1; ПП-4Ф	Електрошлакове автоматичне наплавлення під флюсом АН-22	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості, де припускається значна товщина	Робочі покриття плоских деталей і тіл-обертання. Можна наплавляти круглі деталі з товщиною 13-20 мм покриття, що наплавляється.	Механічному зносу

		покриття, що наплавлюється.		
Порошкова проволока: ПП-Р18; ПП-Р9; ПП-3ХВ8 ПП-Х12ВФ	Автоматичне дугове наплавлення в середовищі вуглекислого газу	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу	Робочі поверхні деталей, що мають прямолінійні частини, поверхні тіл обертання. Проволока застосовується в залежності від вимог до поверхні, яка підлягає наплавленню.	Механічному зносу
Сталиміт	Електричною дугою – вугільним електродом (метод Бенардоса). Електричною дугою – металевим електродом (метод Славянова).	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після підвищеного зносу (комбіновано шар)	Муфти, шпинделі, з'єднувальні муфти прокатних станів, валки дробилок, молотки дробилок, зуби і козирки ковшем екскаваторів та інші деталі.	Механічному зносу
Стеліти	Ацетиленокисневим пламенем, електричною дугою у атомному водні, електричною дугою за методом Славянова.	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу.	Лопатки турбін, клапани двигунів внутрішнього згорання, ножі прес-ножиць для гарячої і холодної різки металу, матриці і пуансони.	Корозії, ерозії, механічному зносу і кавітації.
Сормайт №1 (стеліт-подібні)	Ацетиленокисневим пламенем, електричною дугою у атомному водні, електричною дугою за методом Славянова.	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу	Ножі прес-ножиць для гарячої і холодної різки металу, поверхні деталей для різки інших матеріалів, матриці, пуансони. Великогабаритні деталі, підігрів яких для наплавлення газом неможливий.	Механічному зносу

Порошки ПГН-2Н1, ПГН-Н4, ПГН-4Н80, ПГН-6Н80, ПГН-8Н80	Газоплазмове наплавлення і газотермічне напилення з наступним оплавленням.	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу	Зміцнення і відновлення поршнів, валів, муфт і насосів; наплавлення на деталі з простих і нержавіючих сталей і чугунів (достатньо низький коефіцієнт тертя, добре оброблюються різанням); зміцнення і відновлення прокатних валів; напилення на деталі з простих і нержавіючих сталей і чугунів (добре протистоять тертю метала об метал, відмінний опір корозії і технічним ударам).	Корозії, ерозії, механічному зносу і кавітації
Порошкові композити марок ВК-15, ВК-20, ВК-25, КХН-15, КХН-30	Метод детонаційного і газотермічного напилення.	На нових деталях з метою підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу	Зміцнення нових деталей зі сталі, титану і його сплавів; відновлення зношених деталей зі сталей, титану і його сплавів.	Механічному зносу
Порошок марки СНГН-50, СНГН-55 і СНГН-60	Газопорошкове наплавлення і газотермічне напилювання	На нових деталях для підвищення зносостійкості. При відновленні деталей після зносу	Наплавлення і напилення: валів; кулачків; напрямних клапанів; золотників та інших деталей.	Механічному зносу, абразивному зносу.

Табл 1.7.2 Гранулометричний склад за ГОСТ 21448-75

Клас	Розмір часток основної фракції, мкм	Склад основної фракції, % не менше	Допустимі відхилення від основної фракції, % не більше	
			Плюсова фракція	Мінусова фракція

K	1250-800	80	10	10
C	800-400	80	10	10
M	400-280	80	10	10
	280-160	80	10	10
OM	160-100	80	10	10
	100-40	80	10	10
	40-0	90	10	-

2. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Промисловий робот з шарнірним маніпулятором

Для переміщення оптичної системи при лазерній обробці було обрано маніпулятор сімейства Melfa від Mitsubishi Electric - Робот з шарнірним маніпулятором RV-13FRM. Він має компактні розміри і вантажопідйомність до 13 кг. Технічні характеристики маніпулятора взяті з [<https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/dl/7022/>] і наведені нижче.

2.2. Опис маніпулятора та його функцій

Компактний робот RV-13FRM можна легко інтегрувати в різноманітні системи автоматизації. Гнучкість і широкий діапазон рухів дозволяють виконувати в обмеженому просторі такі роботи як монтаж, збірка, палетизація, сортування і зварка. Базова модель постачається з повністю оснащеним стандартним контроллером (рис.2.2.1)



Рис.2.2.1. Промисловий робот RV-13FRM

[<https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/dl/7022/>]

Властивості:

-Довжина руки 834 мм;

- Вага 120 кг;
- Максимальна гнучкість;
- Можливий монтаж на підлогу, стіни та стелю;
- Стабільність позиціонування ± 0.02 мм.

До особливих функцій даної моделі можна віднести:

-Зменшення часу такту досягається за рахунок використання високопродуктивних двигунів і унікальної технології керування приводами, розробленої Mitsubishi Electric. За рахунок цього зберігається високий обертальний момент при височій частоті обертання і знижується час розгону/сповільнення. Також зменшується час позиціонування і покращується режим безперервної роботи.

Збільшена ефективність обробки за рахунок внутрішньої маршрутизації проводки маніпулятора та сигнальних кабелів, що зменшує ризик роз'єднання дротів і усуває плутанину дротів навколо пристрою (рис.2.2.2.)



Рис.2.2.2. Внутрішня прокладка дротів і каналів всередині маніпулятора [<https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/dl/7022/>]

- Маніпулятори оснащені відеосенсорами
 - Збільшена ефективність використання робочого простору
 - Підвищення зручності використання робота за рахунок автоматизації керування, функцій резервного копіювання/відновлення та можливості передачі стану виконання роботи на FTP-сервер чи збереження на SD-картах;
 - Підвищення точності досягається за рахунок активного регулювання зусилля та спрощення налаштування довжини інструменту;
- Зіткнення двох маніпуляторів, що працюють в одні робочій зоні неможливе за рахунок швидкісного регулювання положення, яке вмонтоване в iQ Platform у вигляді стандартної функції (рис.2.2.3)

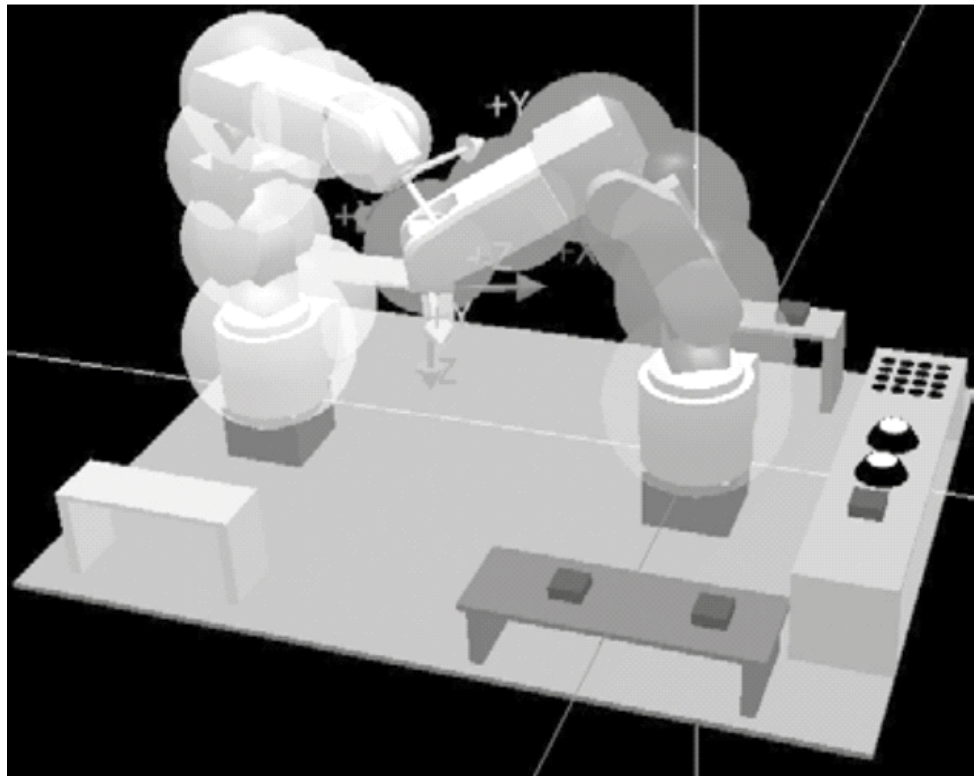


Рис.2.2.3 Усунена можливість зіткнення з іншим роботом

[<https://ru3a.mitsubishielectric.com/fa/ru/dl/7022/>]

- Робот має спеціальні датчики сили і моменту, що контролюють силу захоплення робота, а також підтримують її постійною

-Датчик температури дозволяє компенсувати теплове розширення для більш точнішого позиціонування

Технічні характеристики

Кількість ступенів свобод – 6

Розпізнання позицій – Абсолютний датчик положення

Вантажопідйомність – 12-13 кг

Радіус робочої зони – 1094 мм

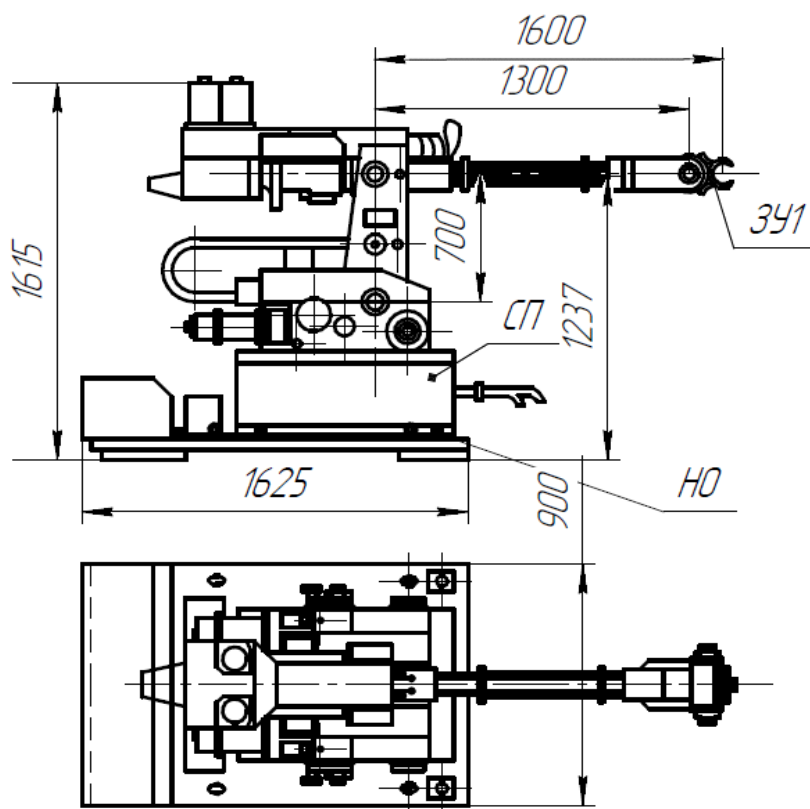
Максимальна швидкість, мм/с - 10450

Час циклу, с – 0.53

Точність повтору операції – ± 0.05

Температура оточуючого середовища ,°C – Від 0 до 40

Радіус робочої зони – ISO 9409-1-40



Клас захисту – IP67

Рис 2.2.4. Креслення робота з шарнірним маніпулятором

2.3. Розробка конструкції обертання роботизованої системи

Було визначено та графічно зображено можливе робоче поле механізованої системи, що зображено на рисунку 2.3.1.

Для обертання механічного маніпулятора було розроблено механічну систему на основі циліндричного редуктора представлено на рисунку 2.3.2.

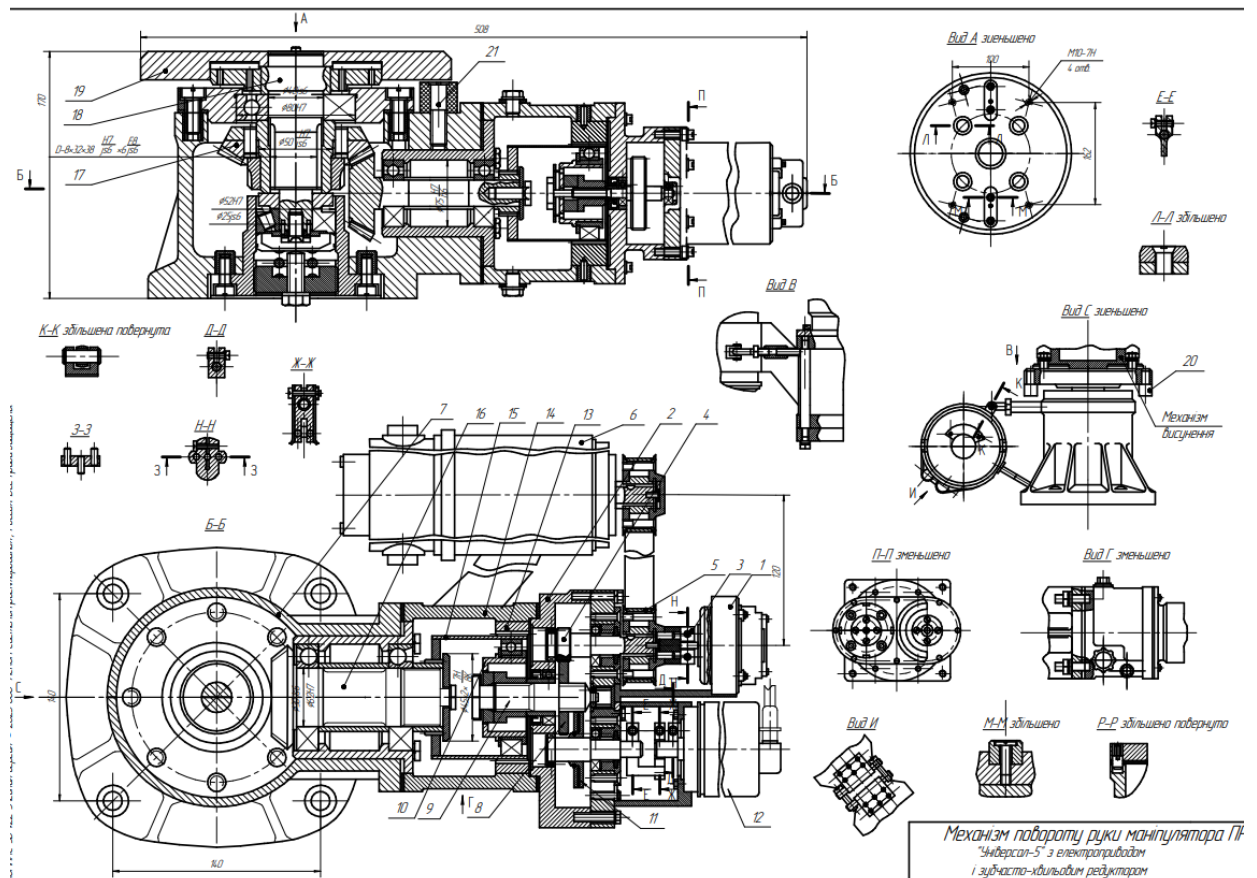


Рисунок 2.3.1 Механізм повороту руки маніпулятора

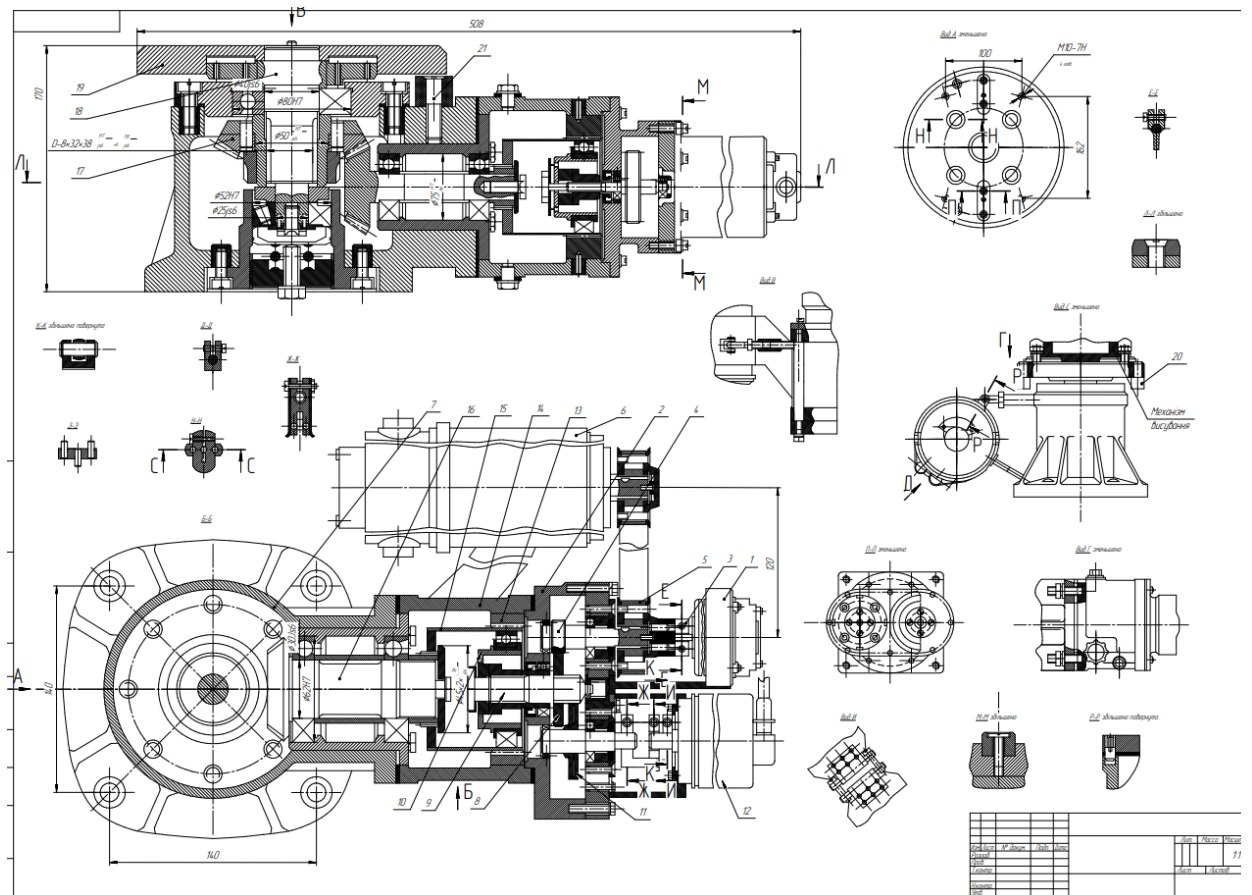


Рисунок 2.3.2 Система обертання механічного маніпулятора

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Небезпечні та шкідливі фактори, що виникають при експлуатації, розробці та виготовленні лазерного устаткування, поділяються на фізичні, хімічні і психофізіологічні. До основних фізично небезпечних і шкідливих виробничих факторів відносять [23]:

- 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;
- локальні навантаження на м'язи і кістки передпліч, зап'ясть, шиї;
- напруженість аналізаторних функцій (зір, слух).

3.1. Класифікація лазерного обладнання

Класифікую лазерне обладнання за ступенем небезпечності випромінювання, розрізняють чотири класи:

-Клас 1. Це безпечні лазерні вироби при передбачуваних умовах експлуатації, тобто такі, що не заподіють шкоди шкірі чи очам людини при виході випромінювання з установки.

-Клас 2. Лазерні вироби, що генерують видиме випромінювання (в діапазоні від 400 до 700 нм). Захист очей при цьому забезпечується власними рефlekсами організму, наприклад, морганням.

-Клас 3А. Лазерні вироби, що небезпечні для спостерігання незахищеними очима. Для лазерів, випромінювання яких лежить у діапазоні довжин хвиль від 400 до 700 нм, захист забезпечується власними рефlekсами організму. Для інших довжин хвиль небезпечність для очей не більша, ніж для класу 1.

- Клас 3В. Спостерігання таких лазерних виробів завжди небезпечно. А видиме розсіяне випромінювання завжди безпечне (при відстані між оком і джерелом розсіяння світла не менше 13 см, і максимальним часом спостереження не більше 10 с).

- Клас 4. Лазерні вироби, що створюють небезпечне розсіяне випромінювання. Вони можуть викликати пошкодження шкіри і створювати пожежну небезпеку. При їх використанні необхідно дотримуватися особливої уважності.

Клас небезпечності лазерних виробів визначається при їх розробці и вказується в технічних умовах виробу, експлуатаційній і ремонтній технічній і рекламній документації. При цьому в залежності від умов експлуатації лазерного обладнання проводять класифікацію умов і характеру праці по лазерній небезпеці у відповідності до ГДН (СанПіН 5804-91 «Санітарні норми і правила обладнання і експлуатації лазерів»).

3.2. 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 розрізнити 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, кон'юктивою, рогівкою та кришталиком. Руйнуються молекули білка рогівки, виникає опік кон'юктиви. Больові відчуття виникають через секунди, а наслідки можуть виникнути як миттєво, так і через кілька хвилин, годин. Серед них: гіперемія шкіри повік, кератокон'юктивіт, помутніння кришталика, лазерна офтальмія.

- Випромінювання видимого спектру поглинається райдужкою, сітківкою і судинними оболонками. Основні ураження - опік і руйнування сітківки, судинної і райдужної оболонки, ураження склери.

- Інфрачервоне випромінювання поглинається райдужкою, сітківкою (0,7 - 1,4 мкм), судинною оболонкою (0,7 - 1,4 мкм), рогівкою, кришталиком, склоподібним тілом, шкірою повік та кон'юктивою. Райдужна оболонка нагрівається за рахунок теплопровідності, білки кришталика згортаються.

Види уражень: опіки шкіри повік, кон'юктиви і рогівки, а також під дією ЛВ з довжиною хвилі 0,7 - 1,4 мкм - ураження райдужки, склери, опіки, і у важких випадках - сліпота.

Опромінення шкіри може викликати у ній патологічні зміни, при цьому можливе виникнення як легких функціональних змін (почервоніння), так і важких (некроз - відмирання, карцинома шкіри - злоякісна пухлина). Як і у випадку з очима - характер ураження значно залежить від довжини хвилі випромінювання:

- УФ викликає різні фотохімічні реакції, еритему, руйнування хімічних зв'язків у більшості молекул, що входять до складу біологічних тканин, а також різні переродження, стимуляцію появи новоутворень, утворень вільних радикалів, дію на внутрішні органи.

- Випромінювання видимого діапазону в основному викликає термічний вплив.
- ІЧ випромінювання викликає особливо виражені деструктивні зміни термічного характеру (опіки різного ступеня), мікроскопічні зміни, ураження внутрішніх органів.

3.3. Заходи безпеки

3.3.1. 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 тривалістю не менше 0,2 с) і бути добре помітним через захисні окуляри.

Звуковий пристрій сповіщення повинен пригортати увагу персоналу шляхом передачі перервних добре розрізняваних сигналів, що не асоціюються з іншими типами звукових сповіщень. Тривалість звукового сигналу - не менше 0,2с.

3.3.2. Органи керування лазерною установкою і система спостереження

Органи керування лазерною установкою

Органи керування повинні бути розміщеними и 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 [24].

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.

3.3.3. Контроль лазерного випромінювання

Оцінка ступеня лазерного випромінювання відбувається шляхом його дозиметричного контролю у відповідності до ДСТУ. Виміри параметрів ЛВ проводять на робочих місцях і місцях можливо знаходження персоналу.

Контроль параметрів ЛВ слід проводити:

- а) при прийому 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 точках границі робочої зони, що знаходиться 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 $W(\tau)_{\max}$, Дж;
- максимальне за час контролю значення енергетичної експозиції $H(\tau)_{\max}$, Дж•м⁽⁻²⁾;
- максимальне за час контролю значення середньої потужності неперервного випромінювання $P_{\max}$, Вт;
- максимальне значення опроміненості від неперервного випромінювання $Wt \cdot \text{см}^{(-2)}$.

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

3.3.4. 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.

Вузи 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 (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 м^2 при висоті стелі 3,5-6,5 м. Також в приміщеннях з лазерним обладнанням розташовують два вуглекислотних вогнегасників ВВК-2.

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

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 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.

Траєкторія 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 траєкторії лазерного пучка повинні мати кольорове або світлове маркування,

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

3.3.5. 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 вимірювальної 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.

- 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 експлуатації, дійсні Правила; ознайомитися із засобами захисту і інструкцією по наданню першої допомоги при нещасних випадках на виробництві.

При зміні технічних параметрів лазерів чи характеру виконуваних робіт необхідно проводити позачерговий інструктаж з техніки безпеки і виробничої санітарії.

Особи, що тимчасово залучені до робіт за лазерним устаткуванням, повинні бути ознайомлені з інструкцією з техніки безпеки і закріплені за відповідальною особою.

Персоналу забороняється:

- здійснювати спостереження прямого і дзеркально відбитого ЛВ при експлуатації 2-4 класів без засобів ІЗ;
- розміщувати в зоні лазерного пучка дзеркальні предмети, якщо це не пов'язано з виробництвом. У випадку підозри або очевидного опромінення очей ЛВ слід негайно звернутися до лікаря для спеціального обстеження. Про всі порушення в роботі лазера, невідповідності засобів ІЗ, відхилення від нормального режиму роботи персонал зобов'язаний негайно доповісти адміністрації і зробити відповідний запис в журналі оперативних записів по експлуатації і ремонту лазерної установки.

ВИСНОВКИ

Метою моєї роботи було розробка конфігурації та процесу підвищення ресурсу велосипедної касети. В ході роботи були розглянуті всі аспекти пов'язані з розробкою зірки: обробка металів та сплавів, застосування лазерного термічного розколювання та застосування. Запропоновано технічний процес, схему реалізації, оптичну систему, використання промислового робота для реалізації обробки та проаналізовано сучасні спортивні велосипедні зірки.

В результаті отримали технічне рішення, що буде корисним для велоспорту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://ur0.jp/3h61O>
2. <https://ur0.jp/3wKKX>
3. ГОСТ Р 57407-2017 Волокна углеродные. Общие технические требования и методы испытаний. – Введ. 2017-09-01. - М.: Изд-во стандартов, 2019.
4. Углеродные волокна и углекомпози́ты. Пер. с англ. / Под ред. Э. Фитцера. - М.: Мир, 1988.
5. Мелешко А. И., Половников С. П. Углерод, углеродные волокна, углеродные композиты. – М.: «САЙНС-ПРЕСС», 2007. – 192 с.: ил
6. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н., Шибает В.В. та ін. Лазерна наплавка фасок клапанів двигуна внутрішнього згоряння. //Зварювальне виробництво.-1984, №5, с.19-28.
7. Електрошлакове зварювання та наплавка. /За ред. Б.Є. Патона.-М.: Машинобудування, 1980.-511с.
8. Дорожкін Н.Н., Петюшев Н.Н. Дугова наплавка. -М.: Машинобудування, 1980.-388с.
9. Кравцов Т.Г. Електродугова наплавка електродною стрічкою.-М.: Машинобудування, 1978.-168с.
- 10.Архипов В.Є. Структура та властивості зносостійких покриттів, отриманих методами лазерної наплавки: дисертація канд. техн. наук.-М., 1984, 113с.
- 11.Архипов В.Є., Біргер Е.М., Єпіфанов С.І. Застосування лазерної технології у ремонтному виробництві. //Зварювальне виробництво.-1986.- № 1с. 7-8.
- 12.Черновол М.І., Поєдинок С.Є., Степанов Н.Є. Підвищення якості відновлення деталей машин.- К.: Техніка, 1989-168с.
- 13.Саричев Г.А., Сафонов А.Н., Шахновський М.І. та ін. Структура та зносостійкість поверхневих шарів зі сплавів Ni-Cr-B-Si, наплавлених різними методами. //Електронна обробка матеріалів, -1986, №6, с.25-30.

14. Грузев А.Н., Сафонов А.Н. Тріщиноутворення та мікроструктура Cr-B-Ni сплавів, наплавлених CO₂-лазером. //Зварювальне виробництво.-1986, №3, с.6-.
15. Абельсїітов Г.А., Велихов Є.П., Голубєв В.С., Григорьянц А.Г. та ін. Потужні газорозрядні CO₂-лазери та їх застосування в технології. //М.: Наука, 1984, 107с.
16. Довідник по лазерам /За ред. А.М. Прохорова. М.: Радянське радіо, 1986.
17. Архипов В.Є., Біргер Є.М. Технологічні особливості лазерної порошкової наплавки. //Зварювальне виробництво. 1986, №3, с.8-12.
18. Грузев А.Н., Сафонов А.Н. Тріщиноутворення та мікроструктура хромборнікелевих сплавів, наплавлених за допомогою лазера. Зварювальне виробництво, 1986, с.6-12.
19. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н. Методи поверхневої лазерної обробки.: Навчальний посібник.-М.: Вища школа,- 1987, с.191.
20. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н., Шибасєв В.В. Вибір зв'язуючих речовин при лазерній наплавці зносостійкими Cr-B-Ni порошками. //Електронна обробка матеріалів.-1982, №5, с.33-67.
21. Григорьянц А.Г., Сафонов А.Н., Шибасєв В.В. Дослідження впливу порошкової лазерної наплавки на умови формування та розміри наплавлених валиків. //Зварювальне виробництво, -1983, №6, с.11-45.
22. Григорьянц А.Г., Редкобородий Ю.Н., Сафонов А.Н., Шибасєв В.В. Розрахунок режимів порошкової лазерної наплавки. //Вісник ВУЗів. Машинобудування.-1984, №3, с.155-178.
23. Шибасєв В.В., Сафонов А.Н., Григорьянц А.Г. Про коефіцієнт використання порошку при наплавці лазерним променем. //Автоматичне зварювання.-1983, №10, с.35-47.
24. В. У. Новиков, Л. П. Кобец, И. С. Деев Исследование углеродных волокон с использованием мультифрактального формализма / В. У. Новиков // Пластические массы. – 2004. - №2 – с.15

25. Конкин А.А. Углеродные и другие жаростойкие волокнистые материалы. – М.: Химия, 1974.
26. Углеродные волокна и углекомпози́ты. Пер. с англ. / Под ред. Э. Фитцера. - М.: Мир, 1988.
27. Материаловедение: Учебник для вузов / Б.Н. Арзамасов, В.И.
28. Макарова, Г.Г. Мухин и др. Под общ. ред. Б.Н. Арзамасова, Г.Г.
29. Мухина. – 3-е изд., переработ. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2001
30. Технологические процессы лазерной обработки. Под редакцией А.Г. Григорянца. Москва МГТУ им. Баумана. 2006
31. <https://varimtutru.com/teploprovodnost-alyuminiya-i-keramiki/>
32. Айрапетян Л.Х. Справочник по клеям. Л.: Мир, 1988. – с. 7
33. А.П. Петрова, И.С. Деев, Ю.В. Жердев, В.И. Бек, Д.А. Кардашов. Прочность клеевых соединений и структура эпокси-каучуковых полимеров у поверхности металлов, ВИАМ/1970-195739.
34. Hart-Smith L.J. (2011) Adhesively Bonded Joints in Aircraft Structures. In: da Silva L.F.M., Öchsner A., Adams R.D. (eds) Handbook of Adhesion Technology. Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-01169-6_44
35. K. M. Tanvir Ahmmed, Colin Grambow and Anne-Marie Kietzig Fabrication of Micro/Nano Structures on Metals by Femtosecond Laser Micromachining; Micromachines 2014, 5, 1219-1253; doi:10.3390/mi5041219
36. P. Shukla, D.G. Waugh, J. Lawrence, R. Vilar. Laser surface structuring of ceramics, metals and polymers for biomedical applications: a review, December 2016, DOI: 10.1016/B978-0-08-100883-6.00010-1
37. Тези на тему «Лазерне модифікування поверхонь склеювання композитних велосипедних зірок». Блощин М.С. Л.Ф. Головка. Жегет І.М.
38. Тези на тему «Выбор материала и технология изготовления рамы горного велосипеда Витвинова А.К. – студент группы МиТМ-21, науч. рук. Головина

Е.А. – к.т.н., доцент Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова (г. Барнаул)»

39. Дисертація на тему «Особенности формирования структуры и свойств углеродистых конструкционных и инструментальных сталей при газолазерной резке». Минаев И.В. Тула 2021.
40. Физические основы лазерной обработки материалов. В.Ф. Лосев Томский Политехнический институт 2011.
41. Лазерное термораскалывание сапфира пучками серповидной формы. Никитюк. Шелупаев. Середя. Проблемы физики, математики и техники №3(36), 2018
42. Концепция двухлазерного термораскалывания стеклянных элементов для космических аппаратов. Сысоев, Вятлев. ВЕСТНИК «ФГУП НПО им. Лавочкина» 2011
43. ДСТУ 3941-2000 Лазерна безпека. Терміни та визначення; Охорона праці та цивільний захист / О. Г. Левченко, О. І. Полукаров – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 420 с.
44. <https://cdn.shoplightspeed.com/shops/626906/files/42202591/1652x1652x2/sunshine-sz-mtb-12s-9-50t-xd-cassette.jpg>
45. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D1%81%D0%B8%D0%BF%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D0%B0_%D0%BA%D0%B0%D1%81%D0%B5%D1%82%D0%B0
46. <https://www.sportek.in.ua/blogs/stati/vidy-velosipednyh-kasset?lang=ua>
47. <https://www.sportek.in.ua/blogs/stati/hrapovoy-mehanizm?lang=ua>
48. <https://www.provelo.ru/f/upload/images/RearCognitionHub.jpg>
49. <https://bikedoc.ru/velosipednaya-kasseta-chto-o-ney-nuzhno-znat/>
50. <https://velogo.com.ua/ua/blog/kasseta-velosipeda>
51. <https://ua.wfmagnesium.com/info/application-of-magnesium-alloy-materials-38554132.html>
52. <https://ur0.jp/I3zDU>

53. <https://government.com.ua/nashi-hroshi/magnievi-splavi-zastosuvannya-klasifikatsiya-ta-vlastivosti.html>
54. <https://exist.ua/uk/renault-brand/shesternja-valu-rozpodilchogo-77-00-866-844-10069779/>
55. https://ferrum.at.ua/publ/tekhnologija_metaliv/magnij_ta_jogo_splavi/1-1-0-722
56. <https://licey58.zp.ua/lesson/tema-3-klasifikaciya-i-marki-mastil>
57. <https://lls-mark.ru/company/stati/lazernaja-naplavka/>