

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Кафедра автомобілів
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Ляшук О.Л.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

«29» вересня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня МАГІСТР

(НАЗВА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ)

за спеціальністю 274 «Автомобільний транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

студенту Гнатюку Віктору Леонідовичу

(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я, ПО БАТЬКОВІ)

1. Тема роботи Проект дільниці ремонтного цеху для відновлення випускних клапанів двигунів ЯМЗ з дослідженням процесу зміцнення методом лазерної термічної обробки.

Керівник роботи Рогатинький Р.М., к.т.н., проф.

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

Затверджені наказом ректора від «29» вересня 2020 року № 4/7-690

2. Термін подання студентом завершеної роботи 14 грудня 2020

3. Вихідні дані до роботи Характеристика підприємства, базовий технологічний процес відновлення випускних клапанів двигунів ЯМЗ

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1 Загально-технічний розділ. 2 Технологічний розділ. 3 Конструкторський розділ.

4 Науково-дослідний розділ. 5 Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Випускний клапан – 1А1.

Пристосування для шліфування торця клапана – 1А1.

Деталювання – 1А1.

Пристосування для контролю клапанів – 1А1.

Класифікація методів лазерної обробки – 1А1.

Зміна температури при лазерному термозміцненні – 1А1.

Результати експериментальних досліджень – 1А1.

Планування дільниці ремонту двигунів – 1А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н. доц. Ткаченко І.Г.		
Безпека в надзвичайних ситуаціях	ст. викл. Клепчик В.М.		

7. Дата видачі завдання 29.09.2020**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	15.10.2020	
2	Технологічний розділ	29.10.2020	
3	Конструкторський розділ	11.11.2020	
4	Науково-дослідний розділ	25.11.2020	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	09.12.2020	
6	Оформлення графічної частини	11.12.2020	
7	Захист кваліфікаційної роботи магістра	21.12.2020	

Студент

(підпис)

Гнатюк В.Л.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Рогатинський Р.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційної роботи магістра на тему: «Проект дільниці ремонтного цеху для відновлення випускних клапанів двигунів ЯМЗ з дослідженням процесу зміцнення метода лазерної термічної обробки.».

Робота виконана на кафедрі автомобілів Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Керівник кваліфікаційної роботи магістра д.т.н., професор Рогатинський Р.М.

Пояснювальна записка складається з п'яти розділів і 63 сторінок формату А4 та 8 аркушів формату А1 графічної частини сторінки додатків.

Ключові слова: газорозподільчий механізм, технологічний процес, обробка, твердість, шорсткість.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	8
1.1 Аналіз причин зношування деталі, характер, вид і величина зносів.....	8
1.2 Характеристика технологічних особливостей випускних клапанів двигунів ЯМЗ.....	8
1.3 Технологічний процес дефектування деталі, що відновлюється.....	9
1.4 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу.....	11
2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	12
2.1 Лазерні технологічні комплекси для зміцнення деталей.....	12
2.2 Аналіз базового технологічного процесу відновлення випускних клапанів.....	14
2.3 Розробка структурної послідовності запропонованого технологічного процесу відновлення клапанів.....	14
2.4 Вибір установчих баз при виконанні технологічних операцій.....	15
2.5 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального і контрольного інструменту.....	16
2.6 Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій відновлення випускних клапанів.....	18
2.7 Нормування технологічних операцій запропонованого технологічного процесу відновлення випускних клапанів двигуна ЯМЗ.....	25
3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ.....	27
3.1 Обґрунтування вибору та призначення пристосування.....	27
3.2 Основні розрахунки проектованої конструкції.....	29
4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ.....	32
4.1 Поле температур та напружень в зоні лазерного впливу.....	32
4.2 Параметри лазерного термозміцнення.....	35
4.3 Методика досліджень структури і фізико-механічних властивостей зони лазерного впливу.....	37
4.4 Результати експериментальних досліджень.....	44

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	51
5.1 Аналіз основних небезпечних факторів, що виникають при роботі на лазерному обладнанні.....	51
5.2 Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях.....	56
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
БІБЛІОГРАФІЯ.....	63
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Простоювання техніки на ремонтних підприємствах займає час, а витрати на ремонт є значними. Тому, важливим резервом підвищення ефективності використання техніки та економії матеріальних, паливно-енергетичних та трудових ресурсів є відновлення та послідуочого зміцнення зношених деталей.

Економічна доцільність відновлення та послідуочого зміцнення зношених деталей обумовлена можливістю повторного (дуже часто неодноразового) використання від 65 до 75 % деталей. Собівартість відновлення деталей не перевищує 75 % вартості нових, а використання матеріалу в 15...20 разів нижче, чим при виготовленні деталей.

На сьогодні час частка відновлених деталей в загальному об'ємі запасних частин становить 18-19 а її потреба - 40 %.

Виходячи із зазначеного, можна бачити, що ремонтні підприємства є важливим елементом в ланцюзі технічного сервісу, особливо це стосується спеціалізованих підприємства. В зв'язку з складними фінансово-економічними умовами, що склалися в даний час переоснащення господарств на селі технікою практично припинилося, отже автоматично постає питання ефективного використання тієї техніки, що лишилася. Особливо це стосується складної та дорогої техніки: автомобілів, тракторів та комбайнів як в цілому, так і окремих їх вузлів і агрегатів.

1 ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз причин зношування деталі, характер, вид і величина зносів

Вплив основних зносів деталі і технічний стан спряжень, якість роботи агрегату в цілому

Механізм газорозподілення оказує значний вплив на роботу двигуна в цілому. Клапана поступають в ремонт головним чином через знос фасок, основними причинами, що викликають підвищений знос, є високотемпературна корозія, великий питомий тиск в зоні контакту, що супроводжується пластичним деформуванням, ерозія і наявність абразивних частинок в зоні тертя об сідло.

Також часто зустрічається знос робочої поверхні клапана до 0,75 мм – цей знос є результатом попадання в мастило абразивних частинок.

В процесі експлуатації внаслідок ударної ерозії виникає знос торцю стержня і бойка коромисла, що приводить до збільшення зазору. Величина зносу не повинна перебільшувати 0,03 мм.

В результаті вище перелічених зношень деталей газорозподільчого механізму порушується робота двигуна в цілому. І несе в собі погіршення техніко-економічних і експлуатаційних показників, тобто потужності, збільшення витрати палива, а також різкому зменшенню міжремонтного ресурсу.

1.2 Характеристика технологічних особливостей випускних клапанів двигунів ЯМЗ

Випускний клапан представляє собою суцільну металеву, симетричну відносно центральної вісі і по конструкції відноситься до деталей типу вал. Клапан виготовляється з сталі 45Х14Н14В2М ГОСТ 5632-72, що обумовлено високими динамічними і термічними навантаженнями при експлуатації. Хімічний склад та механічні властивості сталі приведені в таблиці 1.1 та 1.2.

Таблиця 1.1 – Хімічний склад сталі 45X14H14B2M ГОСТ 5632-72

Сталь	Склад, %								
	C	Mn	Cr	Ni	W	Mo	Si	S	P
45X14H14B2 М	0,40- 0,50	0,7	13-15	13-15	2-2.8	0,25- 0,4	0,8	0,02	0,035

Таблиця 1.2 – Механічні властивості сталі 45X14H14B2M ГОСТ 5632-72

Сталь	σ_B , МПа	σ_T , МПа	δ_5 , %
45X14H14B2M	540	-	35

Основними елементами клапана є тарілка і стержень. Перехід від тарілки до стержня зроблений плавним, що забезпечує клапану необхідну міцність і покращує відведення тепла від тарілки.

Щоб щільно закрити отвір в головці циліндрів, тарілка має зовнішній поясок (фаску). Щільність прилягання фасок клапана і сідла досягається шліфуванням, а потім притиранням один до одного.

Поверхня клапана цементується і термооброблюється до отримання твердості HRC 25...30. Торець клапана загартовується до твердості не менше HRC50 на глибину 3 мм.

Стержень клапана рухається по направляючій, тому його поверхня шліфується до Ra = 0,63.

Биття торцю тарілки клапана відносно стержня допускається не більше 0,03 мм.

1.3 Технологічний процес дефектування деталі, що відновлюється

Дефектування деталі є частиною технологічного процесу ремонту машин, основною метою якої є виявлення технічного стану деталі або вузла для подальшого його використання. Дефектування проводять тільки на підставі вимог технічних умов і вказівок, розроблених ГОСНИТИ,

використовуючи контрольні-вимірювальні інструменти, пристосування та прилади.

При дефектуванні дотримуються визначеної послідовності: спочатку контролюють вибраковочні показники деталей, при виявленні яких подальше дефектування припиняють і деталь визнають негодною, а потім інші параметри.

Ступінь гідності деталей, що дефектуються, визначається співставленням даних про її розміри в місцях найбільшого зносу з даними допустимих розмірів, вказаних в таблицях технічних умов. В результаті дефектування деталі сортують на групи і направляють в залежності від технічного стану на відновлення, комплектування або в утиль.

Дефектування виконується на спеціально відведених робочих місцях, обладнаних необхідними приладами, пристосуваннями, інструментом. Технологічний процес забезпечується кваліфікованими робітниками-дефектувальниками у відповідності з технологічними картами дефектування:

Технологічна карта дефектування випускного клапана двигуна ЯМЗ наведена в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Карта дефектування випускного клапана двигуна ЯМЗ

Найменування дефекту	Спосіб та засоби контролю	Розміри, мм			Заключення
		номінальний	Допустимий без ремонту	Допустимий для ремонту	
1 Тріщини і злами	Огляд. Дефектоскоп	-	-	-	Бракувати
2 Сліди роздачі, вигорання або короблення головки	Огляд	-	-	-	Бракувати
3 Виробіток, риски, раковини на робочій фасці головки	Огляд. Калібр 46	Розмір $1,8 \pm 0,1$	Розмір $\geq 0,8$	Розмір $\geq 0,8$	Ремонтувати
4 Знос стержня клапана: номінального розміру	Мікрометр 0-25мм. Скоба 11,88 мм.	$12 \begin{smallmatrix} -0,070 \\ -0,095 \end{smallmatrix}$	11,880	Менше 11,88	Ремонтувати
I-го ремонтного розміру	Скоба 11,68мм	$11,8 \begin{smallmatrix} -0,070 \\ -0,095 \end{smallmatrix}$	11,680	Менше 11,680	Ремонтувати
II-го ремонтного розміру	Скоба 11,48мм	$11,6 \begin{smallmatrix} -0,070 \\ -0,095 \end{smallmatrix}$	11,48	Менше 11,480	Ремонтувати

5 Згин стержня клапана	Призма і індекатор на стійці	Непрямолінійність стержня на довжині 110мм			Ремонтувати
		0,01	0,01	Більше 0,01	
6 Знос торця стержня	Те ж	-	-	-	Ремонтувати

1.4 Висновки та постановка завдання на магістерську роботу

Проаналізувавши технологічні особливості процесу зношування випускних клапанів проведено дефектовку деталі.

Тому було поставлено наступні завдання, які слід вирішити в процесі виконання магістерської роботи:

- в технологічному розділі вибрати метод та послідовність відновлення, розробити технологічні процес відновлення; розробити технічну документацію на проведення ремонту.
- в конструкторському розділі розробити пристосування для контролю клапана;
- провести дослідженням процесу зміцнення метода лазерної термічної обробки;
- описати засоби охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях;
- розробити комплект технологічної документації за ГОСТ 3.1404-86; виконати графічну частину роботи.

2 ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Лазерні технологічні комплекси для зміцнення деталей

В даній роботі для проведення термозміцнення були використана лазерна установка, що випромінюють на довжині хвилі 10,6 мкм в безперервному режимі.

Для обробки зразків і деталей в режимі безперервного випромінення був використаний лазерний технологічний модуль “Комета 2” (рисунок 2.1).

Технологічний модуль “Комета 2” призначений для обробки променем CO₂-лазера різноманітних матеріалів: сталь, мідь та її сплави, алюміній, титан, скло і т.п., а також для термозміцнення деталей будь-якої конфігурації.

Установка має наступні технічні характеристики: діаметр лазерного променя не більше 45 мм; кут розходження променя не більше 5 мрад; експлуатаційна потужність випромінювання до 1 кВт; регулювання потужності випромінювання здійснюється як в одномодовому, так і в багатомодовому режимі; витрати газової суміші при складі CO₂:N₂:He = 1:10:6.5 не більше 5,3 л·атм/хв.

Для забезпечення необхідного режиму обробки, при якому не спостерігається оплавлення поверхні зразка, лазерний пучок дефокусували шляхом зміщення поверхні зразка (деталі) відносно фокальної площини фокуруючої лінзи на відстань ΔF . Це дає можливість змінювати діаметр лазерної плями на робочій поверхні деталі.

Вимірювання потужності проводили калориметричним вимірювачем МЗ-48, виготовленим лазерною секцією лабораторії ПІДУ Московського інституту сталі і сплавів. Похибка вимірювання потужності не перевищила 5%.

Переміщення поверхні опромінювання здійснювали за допомогою технологічного оснащення, виконаного на базі універсального токарно-гвинторізного верстату. Швидкість переміщення зразка (деталі) визначали за допомогою градуированого графіку залежності швидкості подачі від електричної напруги, яка подається на оснащення. Зміщуючись по поверхні матеріалу, пляма лазерного променя створює на ній слід у вигляді доріжки.

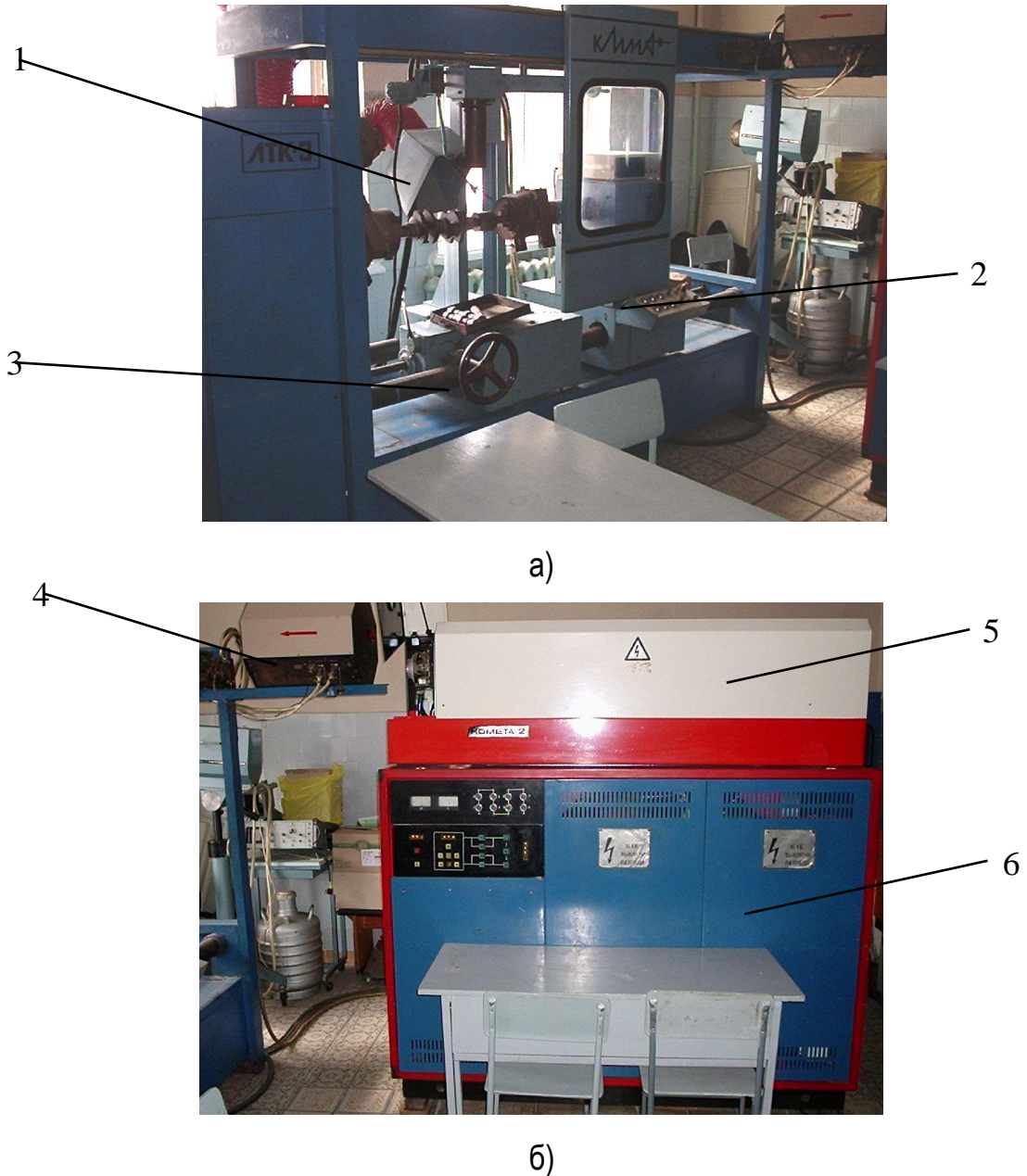


Рисунок 2.1 – Лазерний технологічний модуль “Комета 2”

а) пост лазерної обробки; б) блок живлення та газова станція; 1 – оптична система лінз ; 2 – пульт керування ; 3 - верстат ; 4 – вимірювач потужності; 5 – випромінювач ; 6 – блок живлення.

Режими лазерної обробки підбирали, змінюючи три технологічні параметри: потужність падаючого світлового потоку P ; діаметр світлового пучка d ; відносна швидкість переміщення лазерного променя по поверхні v . За цими параметрами визначали густину потужності лазерного випромінювання q і тривалість його впливу τ .

Лазерну обробку зразків і деталей проводили, як в режимі оплавлення поверхні, так і без нього. Параметри лазерної обробки змінювали у межах:

потужність випромінювання – 0,2...1,0 кВт; діаметр доріжки – 0,5...10,0 мм; швидкість переміщення – 5...40 мм/с. При цьому густина потужності лазерного випромінювання мала значення $10^4 \dots 10^{10}$ Вт/м², а тривалість впливу – 0,1...5,0 с.

2.2 Аналіз базового технологічного процесу відновлення випускних клапанів

Базовий технологічний процес відновлення клапанів наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Базовий технологічний процес відновлення клапанів ЯМЗ

№ операції	№ переходу	Зміст операції
005	1	Шліфувати поверхню стержня клапана до 11,48 мм
010	1	Шліфувати робочу поверхню тарілки клапана до видалення слідів зносу
015	1	Провести газопорошкове наплавлення поверхні тарілки клапана товщиною 1 мм на діаметрі 48 мм
020	1	Провести хромування стержню клапана до діаметра 12,05 мм
025	1	Шліфувати стержень клапана до діаметра $12_{-0,095}^{-0,070}$ мм
030	1	Шліфувати робочу поверхню тарілки клапана до висоти 2,8 мм
035	1	Шліфувати кінець клапана, знявши припуск 0,5 мм
040	1	Контролювати відновлені елементи клапана

2.3 Розробка структурної послідовності запропонованого технологічного процесу відновлення клапанів

Розробка структурної послідовності є важливим етапом проектування

технологічного процесу. Від правильності вибору послідовності технологічних операцій залежить не тільки економічність і скорочення часу циклу, а й можливість дотримання технічних умов на відновлення деталі.

Технологічний процес відновлення повинен забезпечити правильне і повне використання технічних можливостей ремонтпридатних деталей, технологічного обладнання, інструменту і робочого часу. Структурна послідовність операцій технологічного процесу по запропонованому методу відновлення та зміцнення випускних клапанів двигуна ЯМЗ наведена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Запропонований технологічний процес відновлення та зміцнення випускних клапанів двигуна ЯМЗ

№ операції	№ переходу	Зміст операції
005	1	Шліфувати поверхню стержня клапана до 11,48 мм
010	1	Шліфувати робочу поверхню тарілки клапана до видалення слідів зносу
015	1	Наплавити поверхню тарілки клапана товщиною 1 мм на діаметрі 48 мм
020	1	Провести остальювання стержня клапана до діаметра 12,05мм
025	1	Шліфувати стержень клапана до діаметра $12_{-0,095}^{-0,070}$ мм
030	1	Шліфувати робочу поверхню тарілки клапана до висоти 2,8 мм
035	1	Лазерне термозміцнення стержня та тарілки вихлопного клапана.
040	1	Шліфувати торець стержня, знявши припуск 05 мм
045	1	Перевірити якість відновлених елементів

2.4 Вибір установчих баз при виконанні технологічних операцій

Під установчими базами розуміють поверхні деталей, якими вони

встановлюються для обробки у визначеному положенні відносно обладнання і інструменту, що обробляє.

Високу точність обробки можна досягнути тоді, коли всі технологічні процеси обробки ведуться від однієї бази з найменшою кількістю переустановок. В більшості випадків це оказується неможливим, і тоді необхідно звести до мінімуму кількість установчих баз.

В даному випадку базування слід проводити по поверхням, що не зношуються, які не приймають участь в процесі експлуатації, такими поверхнями у деталі служать торцеві поверхні клапана і поясок стержня клапана.

2.5 Обґрунтування вибору технологічного обладнання, ріжучого, вимірювального і контрольного інструменту

Вибір типу обладнання регламентується наступними принципами: можливістю виконання технічних вимог по точності обробки, форми і класу шорсткості поверхні, продуктивністю, використанню по потужності, програмою випуску деталей.

При невеликих програмах випуску деталей в ремонтному виробництві використовується універсальне розповсюджене обладнання і інструмент. Але часто при збільшених програмах і спеціальні верстати.

Ріжучий інструмент підбирається по принципу досягнення оптимальних технологічних вимог.

Основним принципом вибору вимірювального інструменту є: точність заміру і лінійні розміри деталі, продуктивність праці при виконанні контрольних операцій. Вимірювальний інструмент може бути універсальний або спеціальний.

Дані по вибору технологічного інструменту і обладнання наведені в таблицях 2.3, 2.4.

Таблиця 2.3 – Перелік технологічного обладнання і інструмента, що використовується при відновленні клапанів

Номер і найменування операції	Найменування і марка обладнання	Габарити	Ріжучий інструмент
005, 025, 010, 030 Шліфувальна	Круглошліфувальний станок 3А151	3100x2100	Коло шліфувальне ПП150x40x30 Э24СМ1К ГОСТ2424-83
015 Наплавочна	Горілка ВНПО “Ремдеталь” 021-4 Обертач с/ч	-	Порошок ПТ-10Н-01
020 Гальванічна	Комплект ванн для осталоювання, переміщувач ВАКТ-12/6-1600	200x450x930	Холодний хлористий електроліт по РТМ70.0009.021-84
035 Лазерна обробка	Лазерна технологічна установка на базі лазера ЛГН-702 “Кардамон” Токарно-гвинторізний верстат 16К20	1000x6300 1195x2470	
040 Шліфувальна	Станок плоскошліфувальний 3Е710В-1	1310x1150x1550	Коло шліфувальне ПП150x40x30 15А32ПС-41КЛА,50 ГОСТ2424-83
045 Контрольна	Стіл контролера	3500x2000	

Таблиця 2.4 – Перелік вимірювального інструменту, який використовується при відновленні клапанів

Номер і найменування операції	Найменування марки вимірювального інструменту	ГОСТ або інший документ
005, 025 Шліфувальна	Мікрометр МКО-25 Скоба листова 8113-0109А КН-2934	ГОСТ 868-80
010 Шліфувальна	Пристрій для контролю фаски клапана	ГОСТ 70.0019.27-86
015 Наплавочна	Лупа ЛП-6	ГОСТ 2739-82
020 Гальванічна	Штангенциркуль ШЦ-II-0-0.05-320	ГОСТ 166-83
040 Контрольна	Скоба листова 8113-0112 Зразок шорсткості по сталі	ГОСТ 70.0007.09-84 ГОСТ 9378-80

2.6 Розрахунок і вибір режимів виконання технологічних операцій відновлення випускних клапанів

005 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування за формулою:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр поверхні, що обробляється, мм;

d – діаметр поверхні після обробки, мм.

$$h = \frac{11,68 - 11,48}{2} = 0,1 \text{ мм.}$$

Глибина шліфування вибирається за таблицею $t = 0,02$ мм, при цьому глибина шліфування являється і поперечною подачею.

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою:

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина шліфувального кола, мм;

β – повздовжня подача в долях шліфувального кола, $\beta = 0,4$.

$$S_{\text{пр}} = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ мм/об.}$$

Визначаємо число проходів за формулою:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,1}{0,02} = 5.$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею в залежності

від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується

$$V = 28 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо число обертів деталі за формулою:

$$n = 318 \frac{V}{d} = 318 \frac{30}{11,48} = 776 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка

$$n = 1080 \text{ об/хв.}$$

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{1080 \cdot 11,48}{318} = 38,98 = 39 \text{ м/хв.}$$

010 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – ширина фаски після шліфування, мм;

d – , ширина фаски до шліфування, мм.

$$h = \frac{2,5 - 0,78}{2} = 0,86 \text{ мм.}$$

Для шліфування врізанням $h = L_0$.

Шліфування фаски проводимо методом поперечної подачі, повздовжня подача відсутня.

Поперечну подачу визначаємо за таблицею

$$S_{\text{пр}} = 0,02 \text{ мм/об},$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею

$$V = 17 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо число обертів деталі за формулою:

$$n = 318 \frac{V}{d},$$

де V – швидкість різання;

d – діаметр поверхні, що обробляється, $d = 48 \text{ мм}$

Для випускного клапана

$$n = 318 \frac{17}{48} = 112 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка

$$n = 150 \text{ об/хв.}$$

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{150 \cdot 48}{318} = 26,6 \text{ м/сек.}$$

015 Газопорошкове наплавлення

Основними режимами при газопорошковому наплавленні являються:

- 1 Витрата ацетилену – 300 л/год;
- 2 Витрата кисню – 330 л/год;
- 3 Число обертання деталі при обертанні – 3 об/хв

За формулою розраховуємо швидкість наплавлення:

$$V = \frac{n \cdot d}{318}.$$

Для випускного клапана $V = \frac{3 \cdot 48}{318} = 0,45 \text{ м/хв.}$

025 Шліфувальна

Знаходимо припуск на шліфування за формулою:

$$h = \frac{D - d}{2},$$

де D – діаметр заготовки, мм;

d – діаметр поверхні після обробки, мм.

$$h = \frac{12,05 - 11,93}{2} = 0,06 \text{ мм.}$$

Глибина шліфування вибирається за таблицею $t = 0,03$ мм, при цьому глибина шліфування являється і поперечною подачею.

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою:

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де $B_{\text{к}}$ – ширина шліфувального кола, мм;

β – повздовжня подача в долях шліфувального кола, $\beta = 0,4$.

$$S_{\text{пр}} = 40 \cdot 0,4 = 16 \text{ мм/об},$$

Визначаємо число проходів за формулою:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,06}{0,02} = 3.$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею в залежності від повздовжньої подачі, глибини шліфування і діаметра поверхні, що шліфується

$$V = 28 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо число обертів деталі за формулою:

$$n = 318 \frac{V}{d}$$

$$\text{Для випускного клапана } n = 318 \frac{28}{11,93} = 746 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка

$$n = 1080 \text{ об/хв.}$$

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{1080 \cdot 11,93}{318} = 40,5 = 40 \text{ м/хв.}$$

030 Шліфувальна

Режими шліфування аналогічні режимам операції 010:

$$V = 26,6 \text{ м/сек.}$$

035 Лазерна обробка

Виконання операцій здійснюється вручну за допомогою пристосувань та матеріалами які наведені в таблиці 3.8.

Ще не досить детально розглянуті та не одержані аналітичні вирази для розрахунку технологічних параметрів лазерної обробки

040 Шліфувальна

При шліфуванні торцю стержня клапана припуск знімається в межах 0,5 мм.

Глибина шліфування вибирається за таблицею

$$t = 0,02 \text{ мм,}$$

Повздовжня подача при шліфуванні визначається за формулою:

$$S_{\text{пр}} = B_{\text{к}} \cdot \beta,$$

де $B_{\text{к}} = 20$ мм – ширина шліфувального кола, мм;

β – повздовжня подача в долях шліфувального кола, $\beta = 0,4$.

$$S_{\text{пр}} = 20 \cdot 0,4 = 8 \text{ мм/об,}$$

Визначаємо число проходів за формулою:

$$i = \frac{h}{t} = \frac{0,5}{0,02} = 25 \text{ проходів.}$$

Швидкість різання при шліфуванні визначаємо за таблицею

$$V = 40 \text{ м/хв.}$$

Розраховуємо число обертів кола:

$$n = 318 \frac{V}{d},$$

$$n = 318 \frac{40}{12} = 1060 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо найближчі оберти по паспортним даним станка

$$n = 1440 \text{ об/хв.}$$

Перераховуємо швидкість різання у відповідності до прийнятого числа обертів

$$V = \frac{n \cdot d}{318},$$

$$V = \frac{1440 \cdot 12}{318} = 54 \text{ м/хв.}$$

045 Контрольна

Для виконання контрольної операції використовується звітно-статичні норми часу.

Норма часу складає:

$$T_n = 6 \text{ хв.}$$

2.7 Нормування технологічних операцій запропонованого технологічного процесу відновлення випускних клапанів двигуна ЯМЗ

020 Гальванічна (Осталювання)

Для осталювання вибираємо холодний хлористий електроліт.

Температура 18...25 °С.

Щільність струму – 40 А/дм².

Твердість покриття 4000...4500 мм/м².

Основний час операції визначається за формулою:

$$T_o = \frac{h \cdot \gamma \cdot 1000 \cdot 60}{D_k \cdot c \cdot \eta},$$

де h – товщина шару покриття.

$$h = \frac{D-d}{2} = \frac{12,05-11,48}{2} = 0,285 \text{ мм},$$

$\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ – щільність осадженого металу при остальюванні;

$D_k = 40 \text{ А/дм}^2$ – катодна щільність струму;

$c = 1,042 \text{ г/Ач}$ – електрохімічний еквівалент;

$\eta = 60\%$ – вихід металу по току

Тобі основний час для випускного клапана

$$T_o = \frac{0,285 \cdot 7,8 \cdot 1000 \cdot 60}{40 \cdot 1,042 \cdot 60} = 53,3 \text{ хв.}$$

Норма часу часу для випускного клапана складає

$$T_n = \frac{(T_o + T_{\text{дн}} + T_{\text{неп.оп}}) \cdot 1,12}{n \cdot K_b},$$

де $T_o = 53,3 \text{ хв}$;

$T_{\text{дн}}$ -неперикриваємий допоміжний час на завантаження і вивантаження

$$T_{\text{нд}} = 0,48 \cdot 4 = 1,92 \text{ хв.}$$

$T_{\text{неп.оп}}$ неперикриваємий оперативний час .

При остальюванні $T_{\text{неп.оп}} = 4,33 \text{ хв}$.

1,12 – коефіцієнт відношення $T_{\text{пз}}/T_{\text{дод}}$;

K_b – коефіцієнт використання обладнання, $K_b = 0,8$;

n – число деталей в партії, що одночасно завантажені в ванну – 120.

$$T_n = \frac{53,3 + 3,84 + 4,33 \cdot 1,12}{120 \cdot 0,8} = 0,64 \text{ хв.}$$

Дані, отримані при виконанні технічного нормування операцій базового і пропонуємого технічного процесу відновлення клапанів зведені в таблицю 2.6.

Таблиця 2.6– Норма часу на проведення технологічних операцій базового і запропонованого техпроцесу відновлення випускних клапанів двигунів ЯМЗ

Базовий технологічний процес		Запропонований технологічний процес	
номер та найменування операції	норма часу	номер та найменування операції	норма часу
005 Шліфувальна	1,58	005 Шліфувальна	1,58
010 Шліфувальна	3,42	010 Шліфувальна	3,42
015 Наплавочна	2,66	015 Наплавочна	2,66
020 Гальванічна	2,21	020 Гальванічна	0,64
025 Шліфувальна	1,56	025 Шліфувальна	1,56
030 Шліфувальна	3,42	030Шліфувальна	3,42
035 Шліфувальна	3,51	035 Лазерна обробка	0,50
040 Контрольна	2,5	040Шліфувальна	3,51
		045 Контрольна	2,5

3 КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ

3.1 Обґрунтування вибору та призначення пристосування

При дефектуванні клапанів перевіряють прямолінійність стержня та биття робочої фаски головки відносно стержня, для цього використовується пристосування для контролю клапанів.

Під час відновлення клапанів методом осталоювання відбувається зміна розміру та профілю торця стержня клапана. Для відновлення торця клапана пропонується застосувати пристосування для шліфування торця клапана на базі заточного верстата 3А64.

На плиті 12 пристосування (рисунок 3.1) закріплені дві призми 9, на які встановлюють перевіряємий клапан і притискають його до центру 8 пальцем 5. Останній міцно зв'язаний з валиком 2, встановленим в втулку 4 стійки 3. Зверху клапан притиснутий к призмі роликами 7 через коромисло 6. При обертанні маховика 1 валик і палець обертають клапан на призмах. Індикатори 10 та 11 показують биття стержня і фаски. Якщо величини биття стержня чи фаски більш технічним вимог, клапан правлять.

Габаритні розміри: 385x275x230, маса – 6,37 кг.

Пристосування (рисунок 3.2) складається з опорної плити 1 на яку встановлені призма 5, пружина 4, яка притискає педаль 2 до призми. Педаль кріпиться за допомогою серги 3 На призму закріплені сухар 6. Призма кріпиться до плити за допомогою болта 7.

Для шліфування клапана, встановлюється в пристосування і підводиться до шліфувального кола Э36-46 СМ₁Б 4К. 100x13x20, яке обертається з номінальною частотою обертання – 1440 об/хв. Після підведення торця клапана до шліфувального кола виконують шліфування.

Для зняття клапана, за допомогою маховичка відводять шток від шліфувального кола та вручну виймають клапан з пристосування.

Габаритні розміри: 170x175x70 , маса – 3,45 кг.

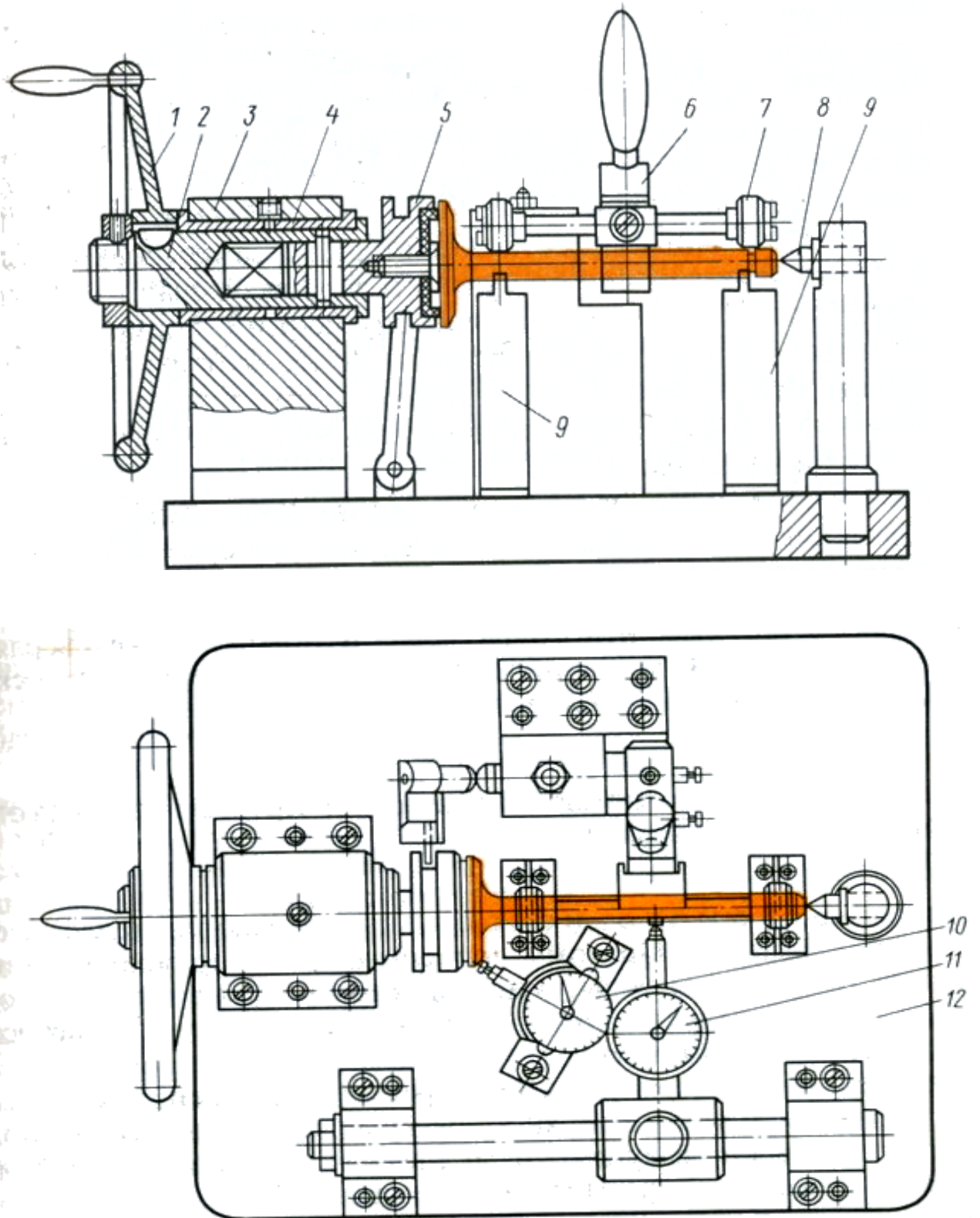


Рисунок 3.1 – Пристосування для контролю клапані:

1 – маховик, 2 – валик, 3 – стійка, 4 – втулка, 5 – палець, 6 – коромисло, 7 – ролик, 8 – центр, 9 – призма, 10, 11 – індикатор, 12 – плита.

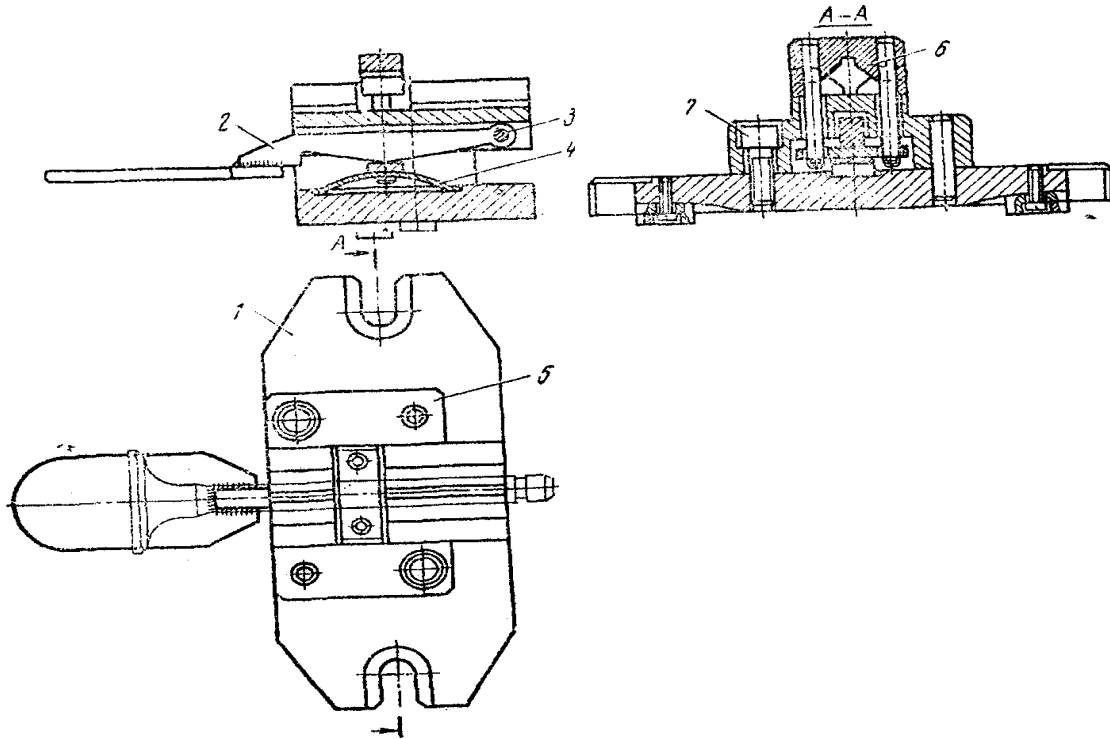


Рисунок 3.2 – Пристосування для шліфування торця клапана:

1 – плита; 2 – педаль; 3 – серга; 4 – пружина; 5 – призма; 6 – сухар; 7 – болт.

3.2 Основні розрахунки проектної конструкції

При поверхневому шліфуванні рівнодіюча сила R може бути розкладена на три складові сили: тангенціальну P_z , радіальну P_y та осьову силу P_x . При шліфуванні радіальна сила P_y , як правило більша за силу P_z , $P_y/P_z > 1$. Складова P_x завжди менша P_z , і при визначені потужності як правило в розрахунок не приймається.

Визначаємо тангенційну силу P_z за формулою

$$P_z = C_p \cdot v_k^{0.7} \cdot S_n^{0.7} \cdot t^{0.6},$$

де C_p – коефіцієнт, що характеризує оброблюваний матеріал, для сталі

$$C_p = 2,2;$$

v_k – швидкість обертання шліфувального круга, $v_k = 376,8$ м/с;

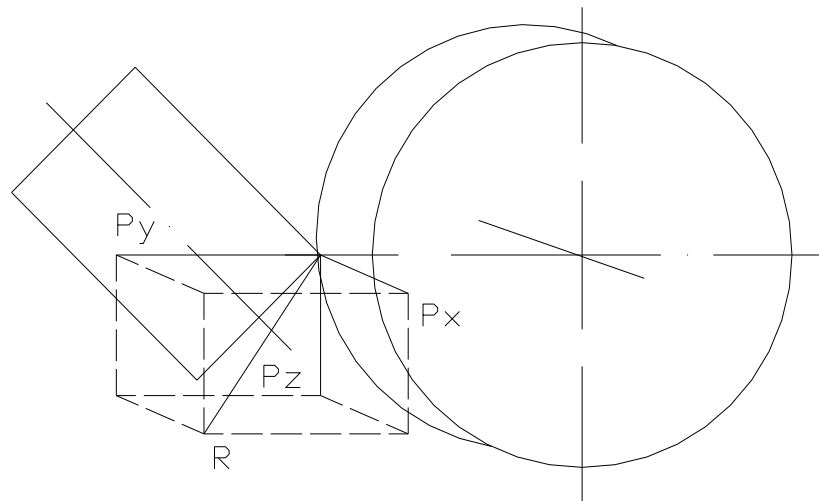
S_n – подача, мм/об;

t – глибина різання, мм.

$$P_z = 2,2 \cdot 376,8^{0,7} \cdot 0,1^{0,7} \cdot 0,5^{0,6} = 27,9 \text{ кг} = 279 \text{ Н.}$$

При значенні $P_z = 279 \text{ Н}$ за графіком [] визначаємо радіальну силу

$$P_y = 379 \text{ Н.}$$



Розрахунок на міцність штоку.

Після розрахунку сил, що виникають при шліфуванні торця стержня клапана, визначаємо що на шток діє дві сили $P_y = 379 \text{ Н}$ та $P_z = 279 \text{ Н}$. Ці сили викликають появу згинального моменту та стискаючої сили, тому навантаження, що діють на шток знаходимо за третьою теорією міцності

$$\sigma_{EKVIII} = \sigma_N + \sigma_M \leq [\sigma],$$

де σ_N – навантаження при стиску,

$$\sigma_N = \frac{P_y}{A},$$

де P_y – сила, що діє на шток, Н;

A – площа поперечного перерізу штоку, мм^2 ,

$$A = \frac{\pi d^2}{4},$$

де d – діаметр поперечного перерізу штоку, мм ;

σ_M – навантаження при згині,

$$\sigma_M = \frac{M}{W_y},$$

де M – крутячий момент, що діє на шток,

$$M = P_z \cdot l,$$

де l – довжина вільного кінця штоку, $l = 150$ мм

$$M = 279 \cdot 0,15 = 41,85 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

W_y – осьовий момент опору круглого перерізу,

$$W_y = \frac{\pi \cdot d^3}{32},$$

$[\sigma]$ – допустиме навантаження при згині, для сталі 45 $[\sigma] = 175$ МПа .

Проаналізувавши всі наведені дані визначаємо навантаження, що діє на шток

$$\sigma_{EKVIII} = \frac{4N}{\pi d^2} + \frac{32M}{\pi d^3},$$

$$\sigma_{EKVIII} = \frac{4 \cdot 379}{3,14 \cdot 0,04^2 \cdot 10^6} + \frac{32 \cdot 41,85}{3,14 \cdot 0,04^3 \cdot 10^6} = 6,96 \text{ МПа} < [\sigma] = 175 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ РОЗДІЛ

4.1 Поле температур та напружень в зоні лазерного впливу

У випадку теплової моделі для циліндра рівняння теплопровідності має вигляд []:

$$V \frac{\partial}{\partial z} T(r, \Theta, Z) + \omega \frac{\partial}{\partial T} T(r, \Theta, Z) - \chi \nabla^2 T(r, \Theta, Z) = 0 \quad (4.1)$$

Початкові і граничні умови

$$\frac{\partial}{\partial r} T(r, \Theta, Z) \Big|_r = -\lambda q(\Theta, Z), \text{ при } r, \Theta, Z \in \Omega$$

$$T(r, \Theta, Z) = 0, \text{ при } r, \Theta, Z \notin \Omega$$

де $T(r, \Theta, Z) = 0$ - розподіл температури циліндра у циліндричній системі координат (вісь Z спрямована уздовж осі циліндра $\Theta = 0; Z = 0$ - центр області Ω),

$q(\Theta, Z)$ - густина теплового потоку, що передається лазерним випромінюванням точкам області Ω ;

r_1, r_2 - зовнішній і внутрішній радіуси циліндра;

V - оператор Гамільтона.

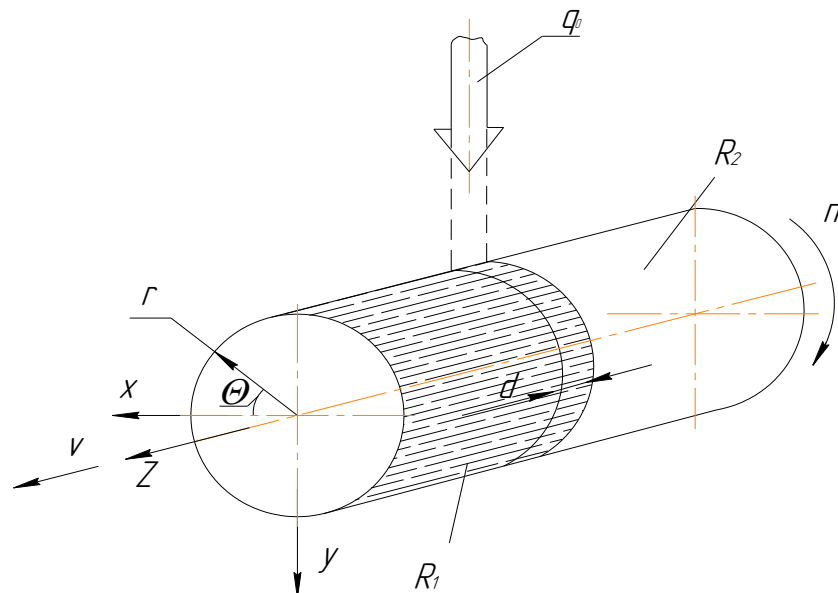


Рис. 4.1. Схема теплової моделі лазерного опромінювання поверхні циліндра

Розподіл температури $T(r_1, \Theta, Z)$ знаходять, розв'язавши рівняння (4.1)

у відповідних умовах задачі:

$$T(r, \Theta, Z) = T_0 \left[1 - \frac{r}{r_1} \left\{ 1 + \frac{2}{\pi} \left[1 + \frac{2}{\pi} \left[\exp\left(-\frac{\phi_0}{2} + \Theta\right) \frac{\chi}{2n} \frac{\pi}{r_1} + \frac{\phi_0}{2} \frac{\gamma_1^2}{\omega_0} \left(\frac{1}{\omega_0 - u} \exp\left(-(\omega_0 - u) \left(\frac{Z_0}{2} - Z \right) \right) + \frac{1}{\omega_0 - u} \exp\left(-(\omega_0 - u) \left(\frac{Z}{2} + Z \right) \right) \right) \right] \right\} \right] \quad (4.2)$$

$$\text{де } u = \frac{1}{2} \frac{V}{\chi} ; \quad \frac{\phi_0}{2} = \frac{\sqrt{\pi}}{4} \frac{d}{r_1} ;$$

$$\gamma_1 = \frac{\pi}{r_1 - r_2} ; \quad \omega_0 = \frac{2\pi n}{V} ; \quad T_0 = T_{nl} - T_c ,$$

де d - ширина лазерної доріжки;

T_{nl} - температура плавлення матеріалу;

T_c - температура середовища.

Оскільки при лазерній обробці у матеріалі присутнє нестационарне температурне поле, що викликає у опромінену матеріалі напружений стан. Напружений стан також змінюється з часом.

Задача по визначенню напруження зводиться до розв'язування рівняння:

$$\nabla^2 \varphi = mT, \quad \left(m = \alpha \frac{1 + \mu}{1 - \mu} \right) \quad (4.4)$$

з початковими і граничними умовами:

$$\varphi|_{t=0} = \frac{\partial \varphi}{\partial t} |_{t=0} = 0,$$

$$\sigma_{zz}(r, 0, t) = \sigma_{xz}(r, 0, t) = 0,$$

де φ - термопружній потенціал зміщення,

$$\frac{\partial \varphi}{\partial Z_i} = R_a, \quad (4.5)$$

R_a - зміщення поверхні тіла;

α - коефіцієнт температурного лінійного розширення;

μ - коефіцієнт Пуассона для даного матеріалу (основи).

При неперервному режимі опромінення можливе встановлення стаціонарного поля напруження:

$$\sigma_{rr}(r, 0, \infty) = \frac{\alpha q_0 K_n E \sqrt{\pi k_0}}{2 \lambda k_0} F_1\left(\frac{1}{2}; 2; -k_0 r^2\right) \quad (4.6)$$

$$\sigma_{\varphi\varphi}(r, 0, \infty) = \frac{\alpha q_0 K_n E \sqrt{\pi k_0}}{2 \lambda k_0} \left[\sqrt{\pi k_0} \exp\left(-\frac{k_0 r^2}{2}\right) \cdot \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\left(\frac{k_0 r^2}{4}\right)^{2m}}{m!(m+1)} - \frac{r}{2} \sqrt{\pi k_0} F_1\left(\frac{1}{2}; 2; -k_0 r^2\right) \right], \quad (4.7)$$

де σ_{rr} - радіальні напруження;

$\sigma_{\varphi\varphi}$ - колові напруження;

K_n - коефіцієнт поглинання;

$k_0 = \frac{4}{d}$; $F_1(a; \beta; \gamma)$ - гіпергеометрична функція;

E - модуль Юнга.

Аналіз поля напруження показав, що максимальні значення напруг у зміщеному шарі після лазерної обробки у точці $r = 0$ можуть бути обчислені за виразом:

$$\begin{aligned} \sigma(0, 0, t) = & \frac{\alpha \chi q_0 R_n G}{\lambda k_0} \frac{1 + \mu}{1 - \mu} \left\{ \frac{1 + \mu}{3 \chi \sqrt{\pi \chi t}} {}_2F_1\left(\frac{3}{2}; \frac{5}{2}; -\frac{1}{4 k_0 \chi t}\right) - \right. \\ & \left. - \sqrt{\frac{t}{\chi \pi}} \frac{2 k_0}{1 + 4 k_0 \chi t} - \frac{\mu - 1}{2 \chi} \left[\sqrt{\pi k_0} - \frac{1}{\sqrt{\pi \chi t}} {}_2F_1\left(\frac{1}{2}; 1; \frac{3}{2}; -\frac{1}{4 k_0 \chi t}\right) \right] \right\} \end{aligned} \quad (4.8)$$

де G - модуль зсуву матеріалу основи;

$F_1(a, \beta, \gamma, \sigma)$ - гіпергеометрична функція.

Вказані вирази (4.7) та (4.8) дають можливість оцінити значення граничної густини потужності, коли у матеріалі досягається межа його текучості σ_t . При q більших за $\sigma_{\sigma=\sigma_t}$ у поверхневому шарі виникають пластичні деформації, а після припинення лазерної обробки неминуча поява залишкових напруг. Введення в матеріал матриці легуючих компонентів механічні коефіцієнти μ, E, G змінюється, внаслідок чого може відбуватися зміна знаку напруги у легованому матеріалі. Якщо ж компонент напруження $\sigma_{\varphi\varphi}$ на деякій відстані від поверхні змінює свій знак, то це призводить до розтріскування матеріалу у зоні опромінення і до наступного його викришування.

У випадку, коли компонент напруження σ_{zz} дорівнює межі міцності матеріалу на розрив, можна оцінити значення густини потужності, при якій може відбутися відшаровування поверхневого зміцненого шару.

Зауважимо, що виразами (4.8, 4.9) можна користуватися у випадку лазерного легування, помноживши їх на K_n - коефіцієнт, що враховує легуючий компонент ($K_n \approx 0,6 \dots 1,2$) []. Ці вирази дають можливість оцінити величину максимального зміщення опроміненої поверхні у центрі лазерного впливу:

$$R_a(0,0, F_0) = (1 + K_n \cdot \mu) \frac{\alpha q_0 K_n}{\lambda k_0} \left[4F_0(1 - 2\zeta) + \frac{1}{4} \ln \frac{1 + 2\zeta}{1 - 2\zeta} \right], \quad (4.9)$$

$$\text{де } \zeta = \frac{\sqrt{2F_0}}{\sqrt{1 + 8F_0}}; \quad F_0 = \frac{4\chi t}{d^2}.$$

4.2 Параметри лазерного термозміцнення

Основним енергетичним параметром є гранична густина потужності, яку визначають в залежності від виду теплової моделі ведення процесу: напівпросторової чи циліндр.

Враховуючи межі зміни діаметру лазерного променя і швидкості його переміщення по поверхні зразків і деталей, а також характер зміни функції

$f(F_0)$, вважаємо, що $f(F_0) \approx \pi/4$.

У випадку напівпросторової теплової моделі гранична густина потужності дорівнює:

$$q_c = \frac{\pi\sqrt{2\pi}K_l T_{nl}\lambda}{K_n d}, \quad (4.10)$$

а у випадку моделі циліндра -

$$q_c = \frac{\lambda K_{zm}}{K_n} T_{nl} \left(\frac{4nr}{\pi^2 \chi d} + \frac{\pi+1}{\pi r} \right), \quad (4.11)$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності;

K_{zm}, K_n - відповідно коефіцієнт зміцнення і перекриття;

r – радіус циліндра;

T_{nl} - температура плавлення матеріалу.

Виходячи з того, що густина потужності є комбінованим показником, який залежить від співвідношення потужності лазерної установки (P) та діаметра (d) лазерного пучка на фокусуючій оптиці, маємо:

$$q_c \geq q = \frac{4PK_l}{\pi d^2}, \quad (4.12)$$

де P – потужність лазерного випромінювання

Зв'язок q_c з часом лазерного впливу дає універсальний показник для технологічних процесів лазерного термозміцнення - питому енергію термозміцнення (E):

$$E_{T.zm} = \frac{\pi q_c K_{zm} K_n}{2V} = \frac{PK_n K_{zm}}{d} \quad (4.13)$$

З урахуванням даних робіт [] аналітичний вираз для визначення швидкості обробки при лазерному термозміцненні матиме вигляд:

$$V_{T.зМ} = \frac{4\chi K_{зМ} K_n}{\pi h} \left(\frac{T_{нл} - T}{T_c} \right)^{\frac{3}{2}}, \quad (4.15)$$

де χ - коефіцієнт температуропровідності матеріалу

Частота обертання деталі при термозміцненні дорівнює :

$$n_{зМ} = \frac{\pi^2 \chi K_l K_{зМ} K_n q_c}{4r\lambda T} \quad (4.16)$$

Глибину зміцненого шару у випадку напівпросторової теплової моделі, виходячи з [], можна оцінити виразом:

$$h_{зМ} = \sqrt{\frac{4\chi d}{\pi V_{зМ} K_n}} \cdot K_{зМ} \cdot \frac{T_{нл} - T}{T_{нл}} \quad (4.17)$$

для циліндра; маємо

$$h_{зМ} = \frac{T_{нл} - T}{T_{нл} K_n} \frac{r K_{зМ}}{\left(1 + \frac{\chi}{\pi r^2} + \frac{V_{зМ}^2 d}{12\sqrt{\pi} r^3 n^2} \right)}, \quad (4.18)$$

Необхідним параметром оцінки технологічного проведення лазерної обробки поверхонь тертя є шорсткість - R_a . Виходячи з виразу (4.9), маємо:

$$R_a = (1 + K_{зМ} \mu) \frac{a q K_n d^2}{16\lambda}, \quad (4.19)$$

4.3 Методика досліджень структури і фізико-механічних властивостей зони лазерного впливу

Мікроструктуру досліджуваних зразків вивчали за допомогою мікроскопу “Neophot-21” (рис. 4.1) при збільшеннях 150...900. Для надійності результатів

досліджень були виготовлені шліфи з косим зрізом, які полірували за допомогою алмазних паст зернистістю від 30 до 1 мкм, або ж в електроліті складу 100 мл H_3PO_3 і 20 г Cr_2O_3 при 350 К і густині струму $(5...8) \times 10^2$ А/м² [].



Рисунок 4.1. – Мікроскоп “Neophot-21”

Металографічні дослідження проводили в такій послідовності. Зразки, після лазерного опромінення, розрізали перпендикулярно поверхні зразка наждачним кругом чи ножовочним полотном з інтенсивною подачею рідини для охолодження і досліджували з поверхні і по глибині шару. Після отримання зразка необхідного розміру і профілю, його обробляли на шкурках з різноманітною дисперсністю абразиву і полірували на сукні з додаванням водневого розчину оксиду хрому. Мікроструктуру шару виявляли травленням в 4% розчині азотної кислоти.

Твердість і мікротвердість

Обробку результатів проводили методами математичної статистики, запропонованими у роботі []. Похибка у визначенні мікротвердості – не більша за 8 %.

Твердість зовнішньої загартованої поверхні визначали за шкалою

Роквелла на приладі ТК-2М (ГОСТ 13407-67). Випробування проводили під дією двох послідовних прикладених навантажень: попереднього $P_0 = 100$ Н та загального $P = P_0 + P_1$, де P_1 – основне навантаження. Для алмазного конусу (шкала С) основне навантаження складало 1400 Н.

Для оцінки мікротвердості окремих фаз, або структурних складових після лазерної обробки зразків у роботі проводили дюрOMETRІЧНІ дослідження.

Поверхню зразка для визначення мікротвердості готували так само, як і для дослідження мікроструктури.

Вимірювання проводили на приладі ПМТ-3 при збільшенні $\times 487$ у відповідності з ГОСТ 9450-76. Навантаження на інденторі вибирали з урахуванням дисперсності структурних складових досліджуваних зразків сталей і можливого усереднення одержаних результатів [].

Визначали і розподіл мікротвердостей по глибині загартованого шару. Вимірювання проводили на повздовжніх і поперечних шліфах, вирізаних з ділянок на які нанесено лазерні доріжки. Обробку результатів вимірювання проводили з використанням пакетів прикладних програм на ЕОМ. Похибка у визначенні мікротвердості не перевищувала 8 %.

При оцінці температури зразків використовували як контактні так і безконтактні способи вимірювання.

Основною перевагою контактного способу вимірювання температури є відносна простота вимірювання. До недоліків слід віднести інерційність термопар і непридатність проводити вимірювання в області високих температур.

Зазначених недоліків позбавлені безконтактні способи вимірювання температури.

За своєю будовою і принципом дії більшість приладів безконтактного вимірювання температури являють собою оптикоелектронні пристрої.

Контроль даних, одержаних контактним способом, здійснювали інфрачервоним радіометром .

В основі принципу дії інфрачервоного радіометру покладено метод спалаху, який розв'язує проблему температурного опору і зменшує до мінімуму теплові втрати з поверхні зразка шляхом проведення вимірювання за дуже короткий

проміжок часу.

В методі спалаху високоінтенсивних й дуже короткий тепловий імпульс впливає на поверхню зразка, що знаходиться при заданій температурі.

Функціональна схема інфрачервоного радіометра, що дозволяє вимірювати температуру до 3273 К безконтактним способом, зображена на рисунку 4.2.

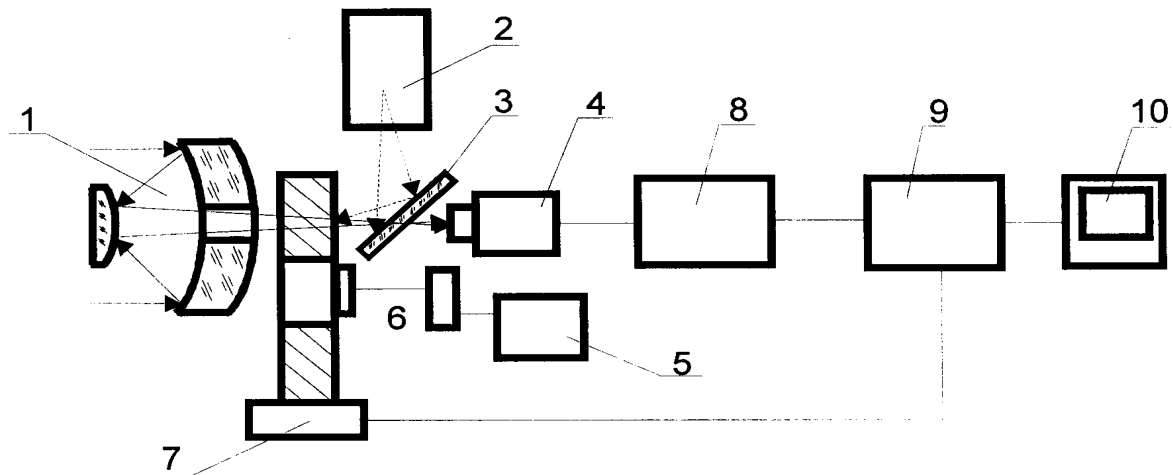


Рисунок 4.2. Функціональна схема інфрачервоного радіометра:

1 – оптична система; 2 – еталонне джерело; 3 – дзеркало; 4 – болометр; 5 – електродвигун; 6 – модулятор (механічний переривач); 7 – генератор; 8 – підсилювач; 9 – синхронний випрямляч; 10 – вимірювальний прилад.

Випромінювання від об'єкта фокусується оптичною системою 1 на приймачі (болометрі) 4. За допомогою секторного диска – модулятора 6, який обертається електродвигуном 5, на приймач і надходять поперемінно випромінювання від об'єкта і еталонного джерела 2. Для цього поверхні секторів модуляторів, що повернуті до приймача виконуються дзеркальними. Застосування модуляції променистих потоків дозволяють підсилювати сигнали з виходу приймача вузькосмугастим підсилювачем 8, внаслідок чого чутливість приладу зростає. Моделюючий диск 6, обертаючись, одночасно перекриває сигнальну лампу, яка освітлює фоторезистор, що входить до схеми опорних напружень 7.

Генератор 7 формує синхронізуючі імпульси, які управляють перемикачем сигналів синхронного випрямляча 9. При проведенні

випромінювання промодульовані сигнали від еталонного джерела і об'єкта надходять по черзі один за одним на реєструючий прилад 10 і порівнюються за величиною.

В якості еталонного джерела високоефективного імпульсного теплового випромінювання використовується або ксенонова імпульсна лампа, або імпульсний лазер ГОР-100М.

При визначенні характеру розподілу температури в зразку за основу взято методику вимірювання та реєстрації температур для порівняння великих швидкостей нагрівання, коли теплова інерція невелика. Найбільше цим вимогам відповідає використання шлейфового осцилографа, де датчиком температур при контактних вимірюваннях є хромель-алюмінева термопара (діаметр електродів – 0,1 мм). Схема підключення шлейфового осцилографу для вимірювання температури показана на рисунку 4.3.

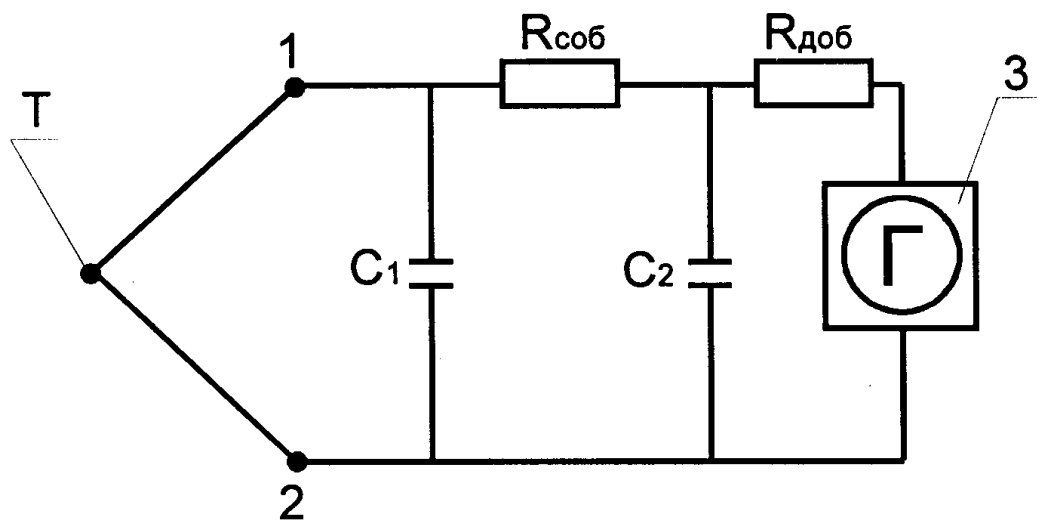


Рисунок 4.3. Схема включення термопари для градуювання і запису термічних кривих:

T – гарячий спай термопари; $R_{\text{в}}$ – власний опір ланцюга; $R_{\text{д}}$ – добавлений опір в мережі; C_1 , C_2 – конденсатори; 1, 2 – точки з'єднання термопари з компенсаційними проводами; 3 – шлейфовий осцилограф з гальванометром.

Зміну температури визначали контактним методом за допомогою термопар і реєстрували світлопроменевим осцилографом з ртутним освітлювачем Н-117/1. Запис проводиться на світлочутливому папері типу

УФ-67-135 шириною 120 мм і довжиною 25 м.

Аналізуючи осцилограми, контролювали тривалість процесу нагрівання та охолодження. Окрім цього шлейфовий осцилограф дає можливість змінювати швидкість запису процесу без відключення осцилографу під час переключення швидкостей. Зазначене важливе у випадку фіксування процесу нагрівання і охолодження. Для запису термічних кривих було взято три гальванометри, технічні дані і характеристики яких подано у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні технічні дані і характеристик гальванометрів

Найменування технічної характеристики та одиниці вимірювання	Марка гальванометра		
	МО17-150	МО10-40	МО10-80
Власна частота, Гц	150	40	80
Робоча смуга частот, Гц	0...150	0...24	0...48
Чутливість до струму при довжині світлового променя 300 мм, мм/мА	1200	4200	2100
Внутрішній опір, Ом	45	150	70
Зовнішній опір, Ом	150	1800	500
Максимально допустимий струм, мА	0,1	0,027	0,08
Градуйоване відхилення, мм	70	70	70

Градування термопар здійснюється за допомогою проторованої трубчастої печі типу Т-40/600 з автоматичним регулятором температури. В якості реєструючого приладу використовували шлейфовий осцилограф. За допомогою градуйованої термопарі визначали різницю температур гарячого і холодного спаїв. Істинну температури визначали як суму $T = \Delta T + T_x$, де ΔT – різниця температур гарячого і холодного спаїв, T_x – температура холодного спаю. Градування проводили з інтервалом 100 К.

При визначенні температури термопара зачеканювалась в отвір зразка.

Нульова лінія осцилографа відповідала кімнатній температурі. Запис термічної кривої проводили при швидкості стрічки 0,01 м/с.

Зразок з термопарою встановлювали на машину тертя МІ-1М або СМЦ-2. Осцилограф вмикали на запис за 10 с до виключення машини тертя. Після вимикання, запис на осцилографі припинявся після чого як світлова точка на його шкалі виходила за верхню межу, шкали. За одержаною термічною кривою будували залежність температури від коефіцієнту тертя та інтенсивності зношування.

Дослідження теплостійкості необхідні для оцінювання можливості роботи зміцнених поверхонь деталей в умовах високих температур.

Партії досліджуваних сталених зразків циліндричної форми розмірами 15x20 мм розміщували у кварцевій трубці. Кварцеву трубку, у якій створювали вакуум порядку 10^{-2} Па, запаювали і нагрівали в печі ЛП-24М.

Випробування проводили в інтервалі температур 290...1070 К. При певних температурах зразки ізотермічне витримували від 1 до 10 год. Задану температуру підтримували автоматично. Коливання температури у печі не перевищували ± 5 К. Після відповідного ізотермічного витримання протягом кількох годин і охолодження зразки підлягали металографічним та дюрOMETRІЧНИМ дослідженням. Окрім цього за глибиною зміцненого шару повторно проводили рентгенівський фазовий аналіз та оже-електронну і рентгенівську фотоелектронну спектроскопії.

Оцінку шорсткості зміцненої поверхні зразків та деталей проводили на профілографах – профілометрах моделі 201 і “Talysarf-5” (фірми “Taylor-Hobson”) згідно ГОСТ 2789-73.

Параметри мікрогеометрії оцінюють на основі обробки профілограм (рисунок 4.4).

Для профілографування, як правило, вибирають найбільш характерні ділянки, а профілограму знімають не менш чим з п'яти місць поверхні. Якщо на профілограмі помітна хвилястість, то зменшують довжину кожної ділянки профілограми (збільшенням їхнього числа).

4.4 Результати експериментальних досліджень

Зразки вирізані з робочих поверхонь деталей сталі 45X14H14B2M з мартенситною структурою, сформованою впливом лазерного випромінювання, тертя і звичайного термічного гартування досліджували наступними методами: металографічний, дюрOMETричний, рентгеноструктурні, вимірювання шорсткості, випробування на зносостійкість.

Порівняльний аналіз структур сталі 45X14H14B2M, отриманих в різних умовах формування, наведено на рис. 4.4.

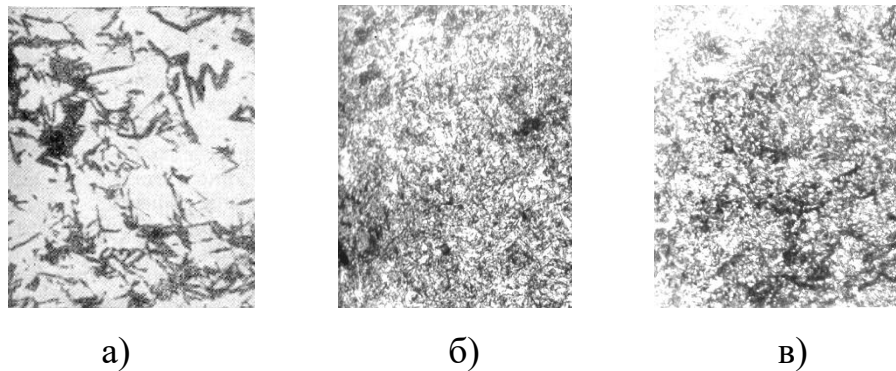


Рис. 4.4. Мікроструктура зразків зі сталі 45X14H14B2M (x300):

а) мартенсит тертя; б) мартенсит після лазерного гартування; в) мартенсит після звичайного термічного гартування.

Можна бачити, що структури мартенситу тертя, лазерного і звичайного гартування відрізняються між собою як ступенем завершеності перетворення (вмістом залишкового аустеніту), так і розміром зерна. Разом з тим, було зафіксовано, що зміна режимів обробки КПЕ, а також триботехнічних характеристик при умові поглинання одиницею об'єму матеріалу однакової кількості енергії, незалежно від того, яким способом вона подається на матеріал, приводить до формування подібних структур мартенситу.

Вплив лазерного випромінювання на матеріал обумовлює не тільки структурні зміни [], але й зміни параметрів шорсткості оброблюваної поверхні.

Величина шорсткості, передусім, залежить від режимів лазерної обробки і в першу чергу від тих, при яких спостерігається оплавлення поверхні.

Застосовуючи певну технологію зміцнення і відновлення, необхідно з'ясувати, чи потребує робоча поверхня деталі подальшої механічної обробки,

тобто оцінити якість зміцненої поверхні за шорсткістю.

Експериментальні дослідження показують, що при лазерній обробці з оплавленням поверхні суттєво змінюється топографія робочих поверхонь.

Внаслідок загартування на мартенсит відбувається збільшення питомого об'єму зони загартування. Це призводить до того, що матеріал в лазерній доріжці піднімається над поверхнею деталі на 2...15 мкм в залежності від режиму лазерного гартування.

Змінюючи характер нанесення лазерних доріжок і площу зміцненої зони, можна управляти триботехнічними властивостями спряженої пари, підвищуючи працездатність вузла тертя. Якщо густина потужності лазерного випромінювання не досягає свого критичного значення, тобто, не спостерігається оплавлення, і узгоджена зі швидкістю обробки деталі, спостерігається незначна зміна мікрорельєфу.

При лазерному термозміцненні спостерігається обернено пропорційна залежність між швидкістю лазерної обробки і величиною шорсткості (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2. Залежність зміни шорсткості поверхні зразків сталі 45X14H14B2M від швидкості лазерної обробки

Швидкість V, мм/с	Шорсткість $R_{a\max}$, мкм	
	теоретична	експериментальна
5	6,3	6,5
10	4,8	4,8
15	3,6	3,8
20	2,4	2,6
25	3,1	3,2

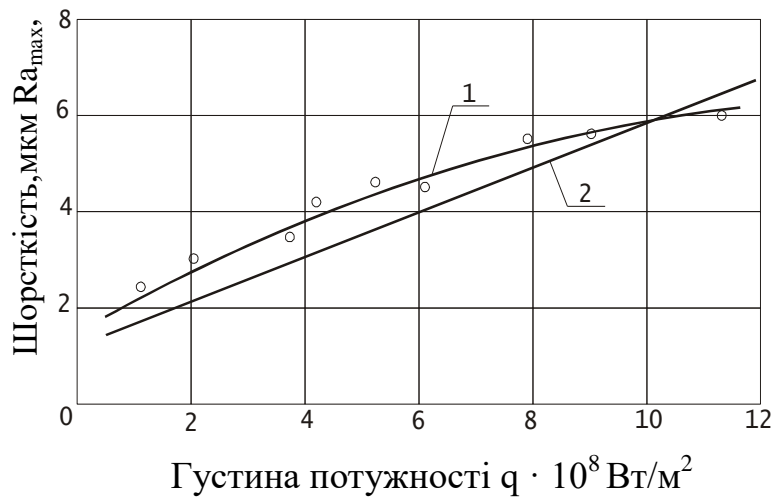
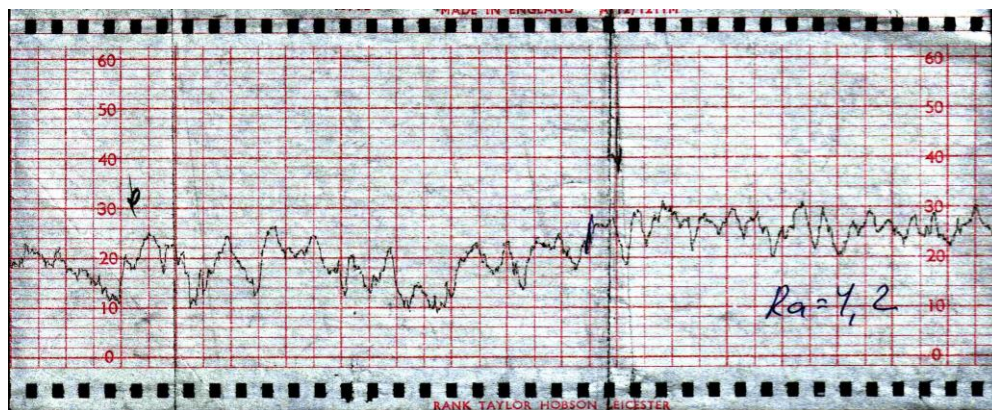


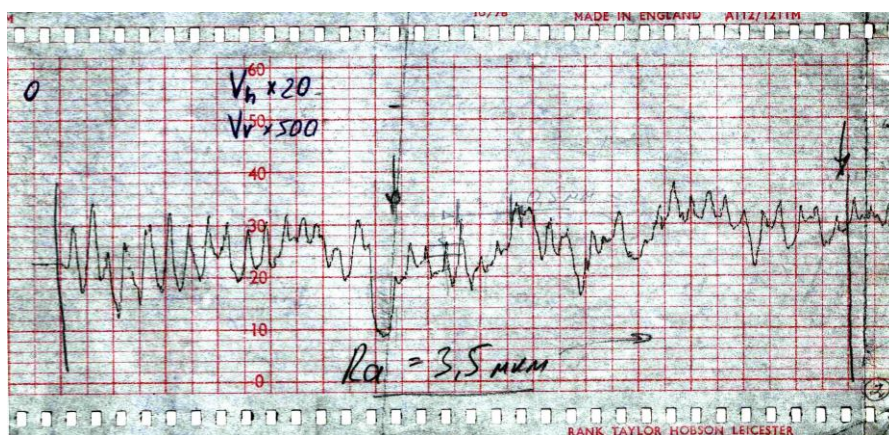
Рис. 4.5 - Залежність зміни шорсткості поверхні зразків сталі 45X14H14B2M при лазерному термозміцненні від густини потужності випромінювання:

1 - експериментальна крива; 2 - теоретична крива

Характерні профілограми поверхонь після лазерної термообробки наведено на рис. 4.6.



а)



б)

Рис. 4.6 - Профілограми поверхонь зразків сталі 45X14H14B2M після

лазерної обробки ($B3 \times 500$, $\Gamma 3 \times 20$): а) - $q = 5,1 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$, $R_a = 4,2 \text{ мкм}$;

б) - $q = 2,6 \cdot 10^8 \text{ Вт/м}^2$, $R_a = 3,5 \text{ мкм}$;

Експериментальні дослідження показують, що при лазерній обробці з оплавленням поверхні суттєво змінюється топографія робочих поверхонь. Внаслідок загартування на мартенсит відбувається збільшення питомого об'єму зони загартування. Це призводить до того, що матеріал в лазерній доріжці піднімається над поверхнею деталі на 2...15 мкм в залежності від режиму загартування.

Зміною характеру нанесення лазерних доріжок і площі зміцненої зони можна регулювати триботехнічні властивості спряженої пари, підвищуючи працездатність вузла тертя. Якщо густина потужності лазерного випромінювання не досягає свого критичного значення і узгоджена зі швидкістю обробки деталі, спостерігається незначна зміна мікрорельєфу.

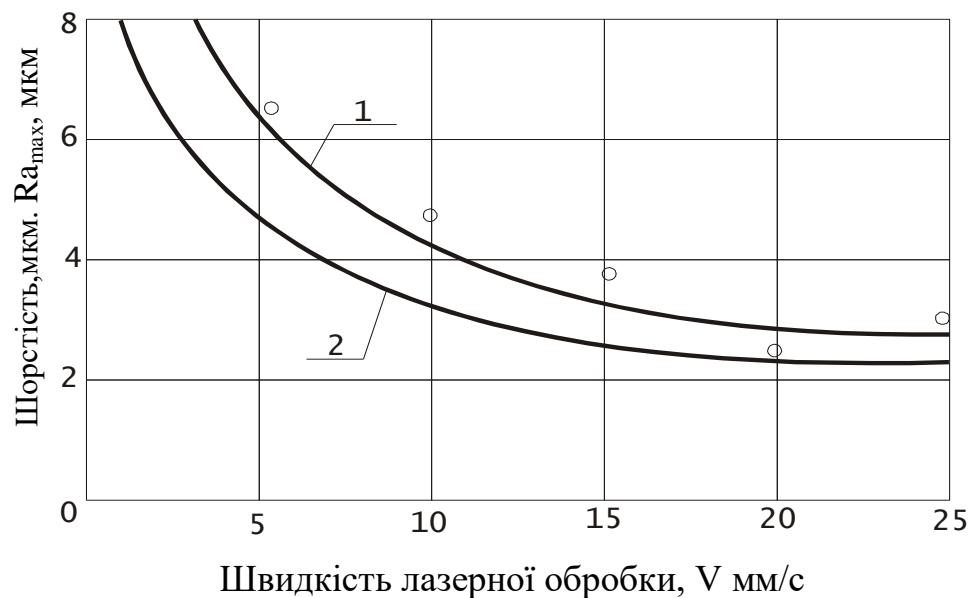


Рис. 4.7 - Залежність зміни шорсткості поверхні зразків сталі 45X14H14B2M при лазерному термозміцненні від швидкості обробки: 1 - експериментальна крива; 2 - теоретична крива.

При лазерному термозміцненні спостерігається обернено пропорційна залежність між швидкістю лазерної обробки і величиною шорсткості (рис. 4.7).

Таким чином, дослідження, проведені в роботі, показують, що величиною

шорсткості робочої поверхні деталі в процесі лазерної термообробки можна цілеспрямовано управляти, змінюючи параметри лазерної обробки за отриманими аналітичними виразами.

Довговічність зазначених деталей залежить передусім від теплостійкості зміцнених шарів робочих поверхонь, а також від забезпечення ними опору окисленню у заданому інтервалі температур [].

В роботі досліджено вплив безперервного лазерного випромінювання ($\lambda = 10,6$ мкм) при термічному обробленні робочих поверхонь деталей зі сталі 45X14H14B2M на тепло- і окалиностійкість.

В дослідженнях на окалиностійкість зразки попередньо зважували, розміщували у фарфорових тиглях, а потім завантажували у муфельну піч, де їх витримували при температурах 773...1173 К від 1 до 10 годин. Оцінку окалиностійкості проводили за збільшенням маси зразків. Перед витяганням з муфельної печі тиглі закривали кришками, щоб запобігти подальшому окисленню. Присутність кисню у зміцнених шарах, а також утворення сполук при окисленні контролювали оже-електронною та рентгенівською фотоелектронною спектроскопією [].

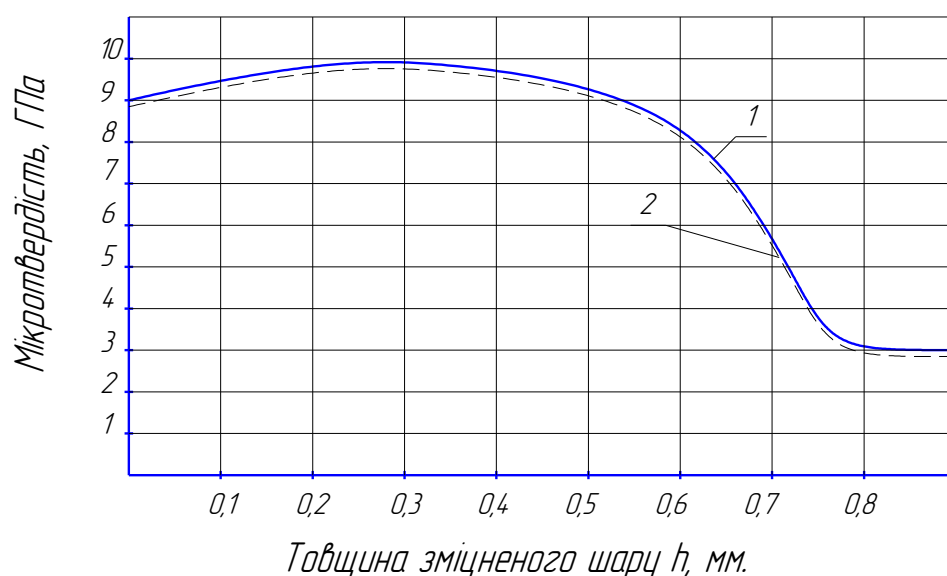


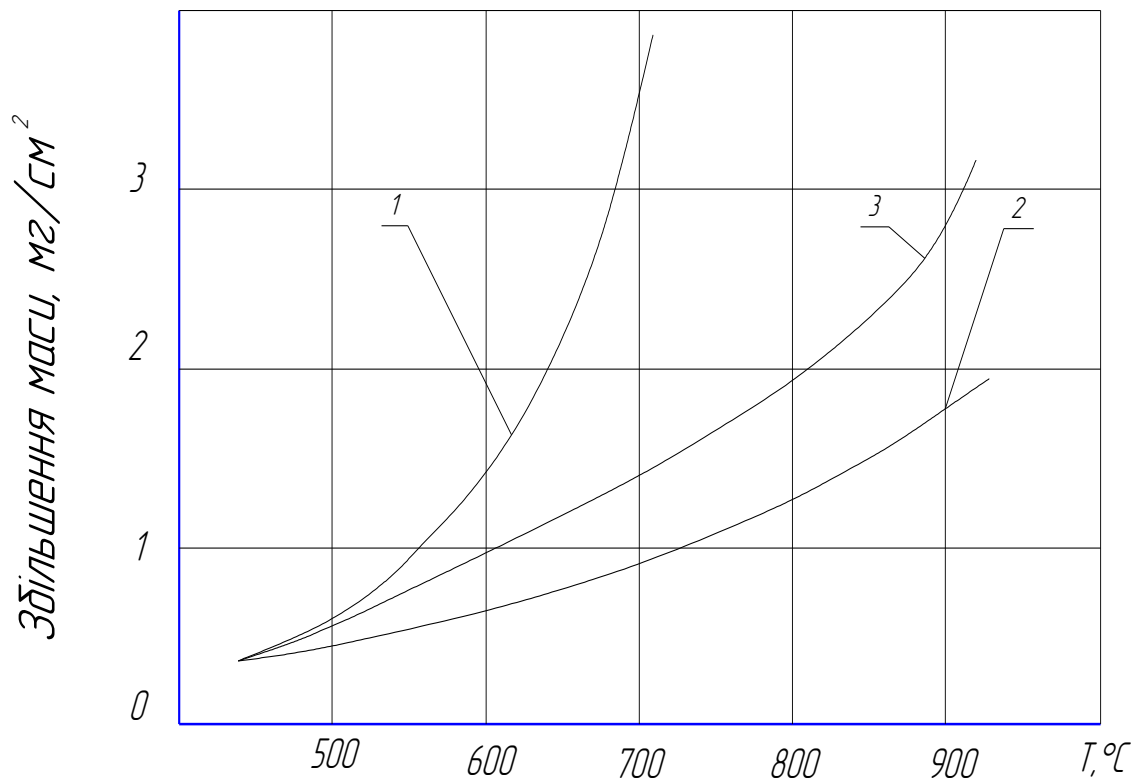
Рис. 4.8. Розподіл мікротвердості по глибині зміцненої зони: 1 - Розподіл мікротвердості після лазерної обробки;
2 - Розподіл мікротвердості після відпалу при 1173К, 3 години в атмосфері аргону.

Дослідження на теплостійкість показали, що опромінені зразки, окрім високої твердості, характеризуються підвищеною стійкістю до знеміцнення при нагріванні. Так, після чотиригодинного витримування опромінених зразків зі сталі 45X14H14B2M при температурі 973 К їх твердість становила 8...9 ГПа.

При дифузійному відпалі (1173 К, протягом 3 годин) у атмосфері аргону. Поведінка зміцненого шару при відпалі аналогічна його поведінці у середовищі аргону.

Дослідження показали, що існує лінійна залежність теплостійкості сталей від густини потужності лазерного випромінювання і часу його впливу.

На рис. 4.9 наведена залежність окалиностійкості від температури нагрівання протягом двох годин.



сталь 45X14H14B2M

Рис. 4.9. Залежність окалиностійкості зразків від температури нагрівання тривалістю дві години:

1 - без лазерної обробки; 2 - з лазерною термообробкою ($q = 2 \cdot 10^7$ Вт/м²); 3 - з лазерною термообробкою ($q = 3,5 \cdot 10^8$ Вт/м²).

Зразки зі сталі 45X14H14B2M підлягали різним видам обробки. Аналіз результатів випробування показав, що окалиностійкість залежить від режимів лазерної обробки: у режимі без оплавлення поверхні (рис. 4.9. крива 2) окалиностійкість у 1,5...2 рази більша, ніж у режимі з оплавленням поверхні (рис. 4.9. крива 3).

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Аналіз основних небезпечних факторів, що виникають при роботі на лазерному обладнанні

Використання лазерів зв'язане з визначеним ступенем небезпеки. Найбільш очевидним є можливість ураження ока. Випромінювання лазерів великої потужності може викликати також опіки шкіри.

При ретельній оцінці ступеня ризику і чітко наміченій програмі безпеки потенційна небезпека при використанні лазерів у наукових чи промислових цілях може бути знижена до прийняттого рівня. У широко застосовуваній апаратурі також маються небезпечні вузли, і лазери в цьому відношенні не є унікальними. Лазери можуть забезпечити бажані результати при такому ж ступені ризику, як і інше устаткування.

Найбільшу небезпеку лазерне випромінювання представляє для сітківки (світлочутлива поверхня дна очного яблука), рогової оболонки (передній прозорий шар ока) і шкірного покриву. Сітківка може бути уражена лазерами видимого ($0,4 < \lambda < 0,7$ мкм) і ближнього інфрачервоного ($0,7 < \lambda < 1,4$ мкм) діапазонів. Лазерне ультрафіолетове ($\lambda < 0,4$ мкм) і далеке інфрачервоне ($\lambda > 1,4$ мкм) випромінювання не досягають сітківки, але можуть ушкоджувати роговицю. На шкірний покрив може впливати випромінювання лазерів будь-якої довжини хвилі.

Тільки випромінювання з довжиною хвилі від 0,4 до 1,4 мкм може проникати через зовнішні шари ока і досягати сітківки. На рисунку 5.1 приведені дві криві: пропускання світла оптичним середовищем ока, що відокремлює сітківку від зовнішнього середовища, і добуток пропускання очного середовища на поглинання різними шарами сітківки. Остання крива власне кажучи відображає небезпеку для сітківки в залежності від довжини хвилі.

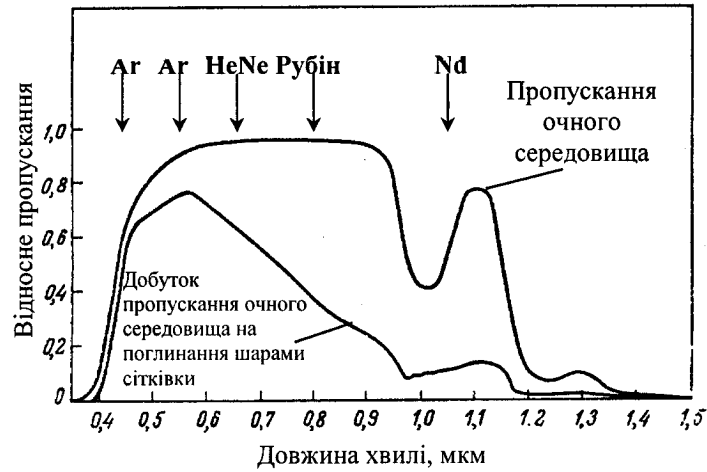


Рисунок 5.1 – Спектральні характеристики людського ока

Сітківка є найбільш вразливою частиною ока із-за фокусуєчих властивостей очної лінзи. Колімірований промінь лазерного випромінювання, входячи в око, може виявитися сфокусований на малій площі сітківки, так що щільність потужності у фокальній плямі виявиться набагато вище, ніж щільність потужності падаючого випромінювання. Тому що діаметр променя на сітківці може зменшитися до 20 мкм, можливо дуже значне збільшення щільності потужності. Зростання щільності потужності пропорційно $(d_p/d_r)^2$, де d_p – діаметр зіниці ока і d_r – фокальний діаметр плями на сітківці. Якщо розглянути типовий випадок $d_p \approx 0,5$ см, $d_r \approx 20 \cdot 10^{-4}$ см, то щільність потужності на сітківці збільшиться в $6 \cdot 10^4$ разів у порівнянні з щільністю потужності на вході в око. Тому сітківка може бути ушкоджена при рівнях потужності, що не представляє небезпеки для інших частин тіла.

Становить інтерес залежність порога ушкодження сітківки від діаметра плями. При дуже коротких часах впливу теплопровідність не істотна. Поріг не залежить від розмірів плями. При великих часах впливу через теплопровідність потрібно більш висока щільність потужності для виникнення ушкодження при малій плямі. З ділянки малої площі тепло легше відвести за рахунок теплопровідності, чим з ділянки великої площі.

Дуже мало мається даних про вплив лазерного випромінювання з пікосекундними імпульсами. Дані, отримані для очей кролика, не завжди можна використовувати для оцінки поразки ока людини. Вплив лазерного

випромінювання на здатність добре бачити протягом життя організму вивчено ще не досить. Невідомий вплив повторюваних імпульсів, що не перевищують поріг. Цілком можна чекати ефектів, що відбуваються нижче порога ушкоджень. При більш довгих експозиціях виникають ускладнення, зв'язані з залежністю порога ушкодження від розміру зображення, тому що важко пророчити точний розмір фокальної плями на сітківці при випадковій експозиції. Проте маємо досить даних, що дозволяють установити границі розкиду.

На рисунку 5.2 приведена потужність на одиницю площі, що попадає на сітківку ока при прямому спостереженні імпульсного рубінового лазера, у залежності від відстані при трьох різних умовах атмосферної видимості. Одне сімейство кривих відповідає імпульсу тривалістю 30 нс і повною енергією 1 Дж. Друге сімейство кривих приведене для імпульсу тривалістю 200 мкс і повною енергією 2 Дж. Ці значення характерні для невеликих серійних рубінових лазерів. Як видно з рисунку 5.2, промінь такого лазера може бути небезпечний навіть на великій відстані від лазера.

Подальша робота з лазерами, що випромінюють на різних довжинах хвиль у всьому видимому діапазоні спектра, показала, що для випромінювання поблизу синьої границі видимого спектра необхідно також враховувати фотохімічну активність.

Інша область, про яку ще мало відомо, – можливість ефекту нагромадження при повторюваному впливі.

Якщо навіть зневажити можливими ефектами нагромадження і розглядати тільки однократний вплив, проблема захисту сітківки ока не так проста, і по цьому питанню до цих пір немає одностайної думки. Для лазерів з великим часом впливу (більш 0,1 с) особливо багато розбіжностей. Це пов'язано з тим, що існує можливість принаймні часткового захисту від поразки при рівнях поблизу порога в результаті природної відповідної реакції на яскраве світло. Різні дослідники розходяться в думці про те, що наскільки ефективно це зможе захистити людське око при таких короткочасних впливах.

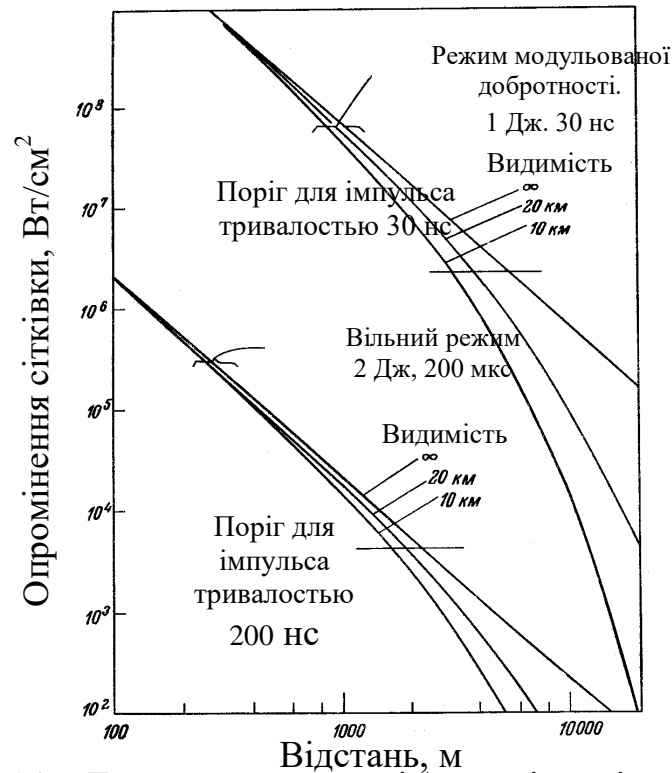


Рисунок 5.2 – Густина потужності (опроміненість) на сітківки в залежності від відстані від лазера

Лазер, що викликає найбільші суперечки, - гелій-неоновий лазер з вихідною потужністю, рівної декільком міліватам. Цей лазер широко використовується в різних областях, і його вихідна потужність знаходиться поблизу рівня, запропонованого в якості максимально припустимого.

Випромінювання CO₂-лазера з довжиною хвилі 10,6 мкм не досягає сітківки. Воно поглинається роговою оболонкою і може викликати її опік. При мінімальних опіках поблизу порога може виникати непрозорість рогової оболонки, що виліковується протягом декількох днів. Деякі дані про поріг щільності потужності CO₂-лазера, що викликає затемнення роговиці, приведені на рисунку 5.3.

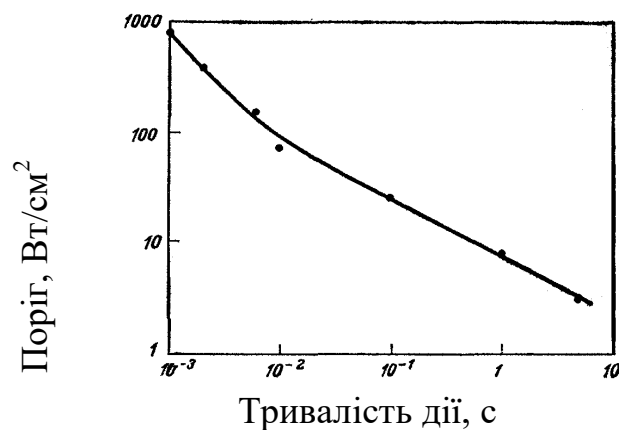


Рисунок 5.3 – Гранична густина потужності, що викликає мінімальне

пошкодження рогової оболонки в залежності від тривалості експозиції

Для функціонування ока як частини живого організму вплив малого опіку на сітківці буде сильно залежати від його положення. Малий опік на чуттєвій плямі - невеликий чуттєвій області, де зір найбільш чіткий, - буде трохи знижувати гостроту зору. Той же самий невеликий опік на периферійних ділянках сітківки буде робити менш помітний вплив. Малі опіки на сітківці згодом частково гояться і супроводжуються втратою гостроти зору [].

Випромінювання лазерів великої потужності може викликати також опік шкіри. У цьому випадку проблема менш гостра, чим у випадку очей, оскільки тут не приходиться зіштовхуватися зі збільшенням щільності потужності завдяки фокусуєчій властивості ока й оскільки поріг, що викликає малий опік який-небудь частини тіла, такого ж чи порядку менше порога, зв'язаного з подібним опіком чи сітківки рогової оболонки. Проте лазерні опіки шкіри мають особливе значення. Лазери великої потужності в даний час використовуються в промисловості і потенційно здатні викликати сильні опіки.

Для тієї частини випромінювання, що не відбивається, коефіцієнт пропущення тканин людського тіла перетерплює істотні зміни. Поблизу $\lambda=1,15$ мкм мається максимум пропущення. Близько 20% падаючого світла на цій довжині хвилі буде проходити через щоку. При видаленні від цієї довжини хвилі пропущення спадає. На довжинах хвиль більш 1,4 мкм і менш 0,5 мкм пропущення щоки практично дорівнює нулю. На противагу цьому на довжині хвилі ~ 10 мкм поглинання відбувається дуже інтенсивно й у дуже тонких поверхневих шарах. У воді довжина шляху, на якому поглинається 90% падаючого світла, складає $\sim 0,03$ мм для $\lambda=10$ мкм.

Таким чином, лазерні опіки шкіри доцільно розглянути в основному для CO₂-лазерів по наступним причинам:

а) CO₂-лазери - найбільше розповсюджені серед потужних лазерів - здатні випромінювати потужність, достатню для виникнення опіків шкіри.

б) Здатність шкірного покриву, що відбиває, на довжині хвилі 10 мкм низька, так що майже вся енергія поглинається, тоді як у видимій і ближньої інфрачервоних областях спектра велика частина випромінювання відбивається.

в) Коефіцієнт поглинання дуже великий, тому енергія затримується в

тонкому шарі. На противагу цьому для лазерів видимого і ближнього інфрачервоного діапазонів поглинання буде відбуватися на більш значній глибині, так що ефекти нагрівання будуть менш сильними.

Ці доводи не означають, що інші лазери не можуть викликати опіки шкіри, але CO₂-лазери, очевидно, у даний час найбільш небезпечні. Навіть скороминуче влучення під промінь великих CO₂-лазерів, використовуваних у промисловості, може викликати тяжкі опіки.

Граничні значення опромінення, при яких CO₂-лазер може викликати опіки шкіри, приведені на рисунку 5.4.

Якщо дані на рисунку 5.4 порівняти з даними на рисунку 5.3, то можна відзначити деяку подібність залежностей. Рогова оболонка не набагато відчутніше до поразки випромінюванням CO₂-лазера, чим інші ділянки шкірного покриву. Очевидно, що малий опік на роговій оболонці більш болісний, чим подібній же опік де-небудь на шкірному покриві.

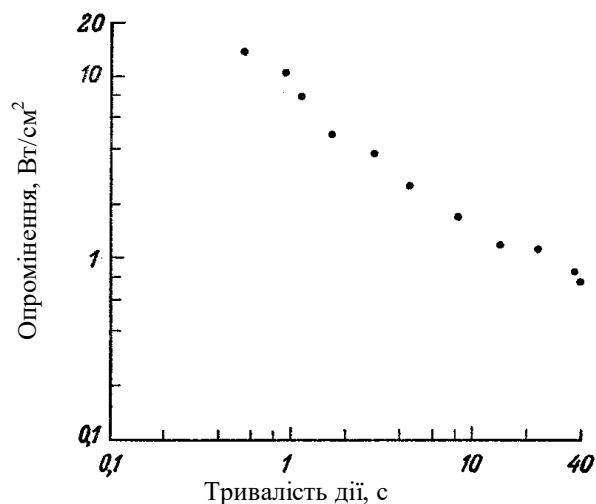


Рисунок 5.4 – Граничне значення для мінімальних опіків шкіри в залежності від часу при опроміненні CO₂-лазером

5.2 Організація оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях

Оповіщення – доведення сигналів і повідомлень органів ЦО про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Система оповіщення цивільної оборони (далі – система оповіщення ЦО) –

комплекс організаційно-технічних заходів, апаратури і технічних засобів оповіщення, апаратури, засобів та каналів зв'язку, призначених для своєчасного доведення сигналів та інформації з питань цивільної оборони до центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ, організацій і населення.

Положення про організацію оповіщення і зв'язку у надзвичайних ситуаціях визначає порядок:

- оповіщення керівного складу центральних і місцевих органів виконавчої влади та відповідних органів ЦО та НС, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ і організацій, населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій природного, техногенного та воєнного характеру у мирний час, в особливий період і у воєнний час та постійного інформування їх про обстановку в зоні можливого ураження з метою вжиття ефективних заходів захисту населення, промислових і сільськогосподарських об'єктів від наслідків надзвичайних ситуацій;

- забезпечення зв'язку для центральних і місцевих органів виконавчої влади, членів комісій з надзвичайних ситуацій на території, де виникла надзвичайна ситуація, сил ЦО, а також зв'язку для зарубіжних формувань та організацій (агентств) з країнами, які беруть участь у ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій;

- забезпечення зв'язку взаємодії між виконавцями рятувальних, інших невідкладних і відновних робіт та відповідними органами управління;

- забезпечення можливості приймання передач радіомовлення для населення, яке постраждало від наслідків надзвичайної ситуації, в місцях його тимчасового проживання;

- проведення експлуатаційно-технічного обслуговування апаратури і технічних засобів оповіщення та зв'язку ЦО.

Оповіщення і зв'язок у надзвичайних ситуаціях забезпечується за допомогою єдиної національної системи зв'язку (ЄНСЗ).

Сигнали оповіщення ЦО, повідомлення про загрозу та виникнення надзвичайних ситуацій, інформація про дії в умовах надзвичайної ситуації доводяться до працівників підприємств, установ, організацій, населення всіма

наявними засобами зв'язку, мовлення, оповіщення.

Система оповіщення ЦО організовується з урахуванням структури державного управління, характеру і рівня надзвичайних ситуацій, наявності і місця розташування сил, які можуть залучатися до ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Оповіщення організовується відповідним органом ЦО та НС за схемою, яка затверджується начальником цивільної оборони відповідного рівня.

Система оповіщення ЦО складається із загальнодержавної, регіональних і спеціальних систем централізованого оповіщення; локальних та об'єктових систем оповіщення, систем циркулярного виклику.

На випадок загрози або виникнення надзвичайної ситуації загальнодержавного рівня створюється загальнодержавна система централізованого оповіщення центральних і місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування.

На випадок загрози або виникнення надзвичайної ситуації регіонального рівня в Автономній Республіці Крим, у кожній області, в містах Києві та Севастополі, а також у містах, віднесених до відповідних категорій і груп з ЦО, створюються регіональні системи централізованого оповіщення місцевих органів виконавчої влади і населення.

У разі виникнення загрози катастрофічного затоплення внаслідок руйнування однієї чи декількох гребель на водосховищах Дніпровського каскаду та інших річках відповідні чергові служби гідроелектростанцій здійснюють оповіщення відповідних чергових служб органів ЦО та НС за допомогою спеціальних систем централізованого оповіщення, створених безпосередньо на гідротехнічних спорудах за кошти їх власників.

У верхніх та нижніх б'єфах гідротехнічних споруд обов'язково повинні розміщуватися датчики, за допомогою яких забезпечується постійний контроль за рівнем води.

У системах централізованого оповіщення можуть використовуватися апаратура і технічні засоби оповіщення ЦО, канали та засоби зв'язку, мережі радіомовлення і телебачення (канали звукового супроводження) центральних і місцевих органів виконавчої влади, підприємств, установ та організацій, мережі

зв'язку яких входять до ЄНСЗ.

Ці системи забезпечують оповіщення і подальше інформування:

- чергових служб міністерств та інших центральних органів виконавчої влади по службових телефонах;
- чергових служб місцевих органів виконавчої влади;
- чергових аварійно-рятувальних служб;
- сил цивільної оборони;
- населення, яке знаходиться в зоні можливого ураження.

Залежно від рівня надзвичайної ситуації централізоване оповіщення здійснюється:

- оперативним черговим МНС – чергових служб центральних органів виконавчої влади, чергових служб територіальних органів ЦО та НС, сил цивільної оборони;
- оперативним черговим територіального органу ЦО та НС – керівного складу та чергових служб місцевих органів виконавчої влади, населення, що знаходяться на території, на якій може виникнути чи виникла надзвичайна ситуація, а також сил цивільної оборони.

Система централізованого оповіщення ЦО повинна забезпечувати можливість циркулярного або вибіркового оповіщення посадових осіб центральних і місцевих органів виконавчої влади, керівників визначених підприємств, установ та організацій, населення залежно від рівня надзвичайної ситуації і заходів, які належить невідкладно вжити.

Для підвищення надійності централізованого оповіщення здійснюється дублювання передавання сигналів за рознесеними трасами та напрямками в обхід міст і підприємств, віднесених до відповідних категорій і груп з ЦО.

Оповіщення населення здійснюється дистанційно за допомогою електросирен, мережі радіомовлення всіх діапазонів частот і видів модуляції та телебачення.

Терміновій інформації, що передається територіальними органами ЦО та НС, потенційно небезпечними підприємствами, повинно передувати уривчасте звучання електросирен, наявних на відповідній території, а також у запису мережею радіомовлення, яке означає "Увага всім!".

Тексти звернення до населення повинні передаватися державною мовою і мовою, якою користується більшість населення в регіоні.

Тексти звернень записуються на магнітних стрічках на весь обсяг касети з обох сторін. Фонограми і друковані тексти звернень зберігаються в запечатаних конвертах в оперативних чергових ЦО, які в необхідних випадках доводять їх до населення. Дублікати фонограм і друкованих текстів звернень зберігаються в запечатаних конвертах на радіотрансляційних вузлах, в апаратних радіомовлення, студіях телебачення і використовуються в разі виходу з ладу апаратури оповіщення або аварії на з'єднувальній лінії зв'язку.

Оповіщення про виникнення надзвичайної ситуації на атомних електростанціях здійснюється за допомогою спеціальних систем оповіщення, що створюються за кошти станцій.

Ці системи повинні передбачати можливість передавання сигналу "Увага всім!" і повідомлень на території атомної електростанції та її промислової зони, у пристанційних населених пунктах з робочого місця начальника зміни станції (чергового диспетчера), а також оповіщення чергових служб територіальних органів ЦО та НС.

Між начальником зміни станції і оперативними черговими відповідних територіальних органів ЦО та НС налагоджується прямий телефонний зв'язок за кошти станції. Обладнання робочого місця начальника зміни станції повинно забезпечувати оперативне включення засобів оповіщення і передавання заздалегідь підготовленого усного повідомлення для населення через радіотрансляційні вузли станції і пристанційного населеного пункту на квартирні та вуличні гучномовці та по домашніх телефонах керівного складу станції, підключених до системи централізованого виклику.

На випадок виникнення надзвичайної ситуації безпосередньо на потенційно небезпечних підприємствах за їх рахунок створюються локальні або об'єктові системи оповіщення, які мають бути сполученими з регіональними системами централізованого оповіщення.

Локальні системи оповіщення створюються на потенційно небезпечних об'єктах, зона ураження від яких, у разі виникнення на них надзвичайної ситуації, досягає заселених територій або інших підприємств, установ,

організацій. До їх складу входять абонентські радіоточки мережі радіомовлення та відомчих радіотрансляційних вузлів, вуличні гучномовці, пристрої запуску електросирен та самі електросирени, система централізованого виклику, магнітофони, магнітні стрічки із записаними текстами звернень.

Локальні системи оповіщення повинні забезпечувати оповіщення:

- керівників та інших працівників потенційно небезпечного об'єкта;
- оперативних чергових аварійних служб, відповідних територіальних органів ЦО та НС, територіальних органів внутрішніх справ по прямих телефонах;
- керівників та інших працівників підприємств, установ (насамперед дитячих, навчальних, медичних закладів, що знаходяться в межах зони можливого ураження), організацій і населення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз проблеми, що розглядається в магістерській роботі, за даними літератури. Її розв'язання, дає можливість зробити наступні висновки.

1. Проведено аналіз умов роботи деталі та вузла в цілому, розглянуто види та причини виникнення дефектів і механізми зношення, вибрано відновлення випускного клапана насталуванням та зміцнення методом лазерної термічної обробки.

2. Зроблено теоретичний аналіз процесу лазерного термозміцнення. Отримано характерну функцію розподілу температури за глибиною зони термозміцнення. Показано, що цей розподіл залежить від технологічних параметрів лазерної обробки.

3. Виходячи з теорії напружено-деформованого стану отримано аналітичні вирази для напруження і шорсткості.

4. Проведені експериментальні дослідження мікроструктури, теплостійкості, окалинотійкості та шорсткості робочих поверхонь зразків та клапанів.

5. Розроблено маршрут технологічного процесу, підібрано обладнання, виконано розрахунки режимів та тривалості виконання технологічних операцій.

6. Розроблено пристосування для контролю клапанів та пристосування для шліфування торця клапана.

1. Ляшук О.Л., Гудь В.З., Пиндус Ю.І., Левкович М.Г., Хорошун Р.В. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи магістра за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр» галузі знань 27 «Транспорт» спеціальності 274 «Автомобільний транспорт» – Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2020. – 66 с.
2. Архипов В.Е. Биргер А.Н., Мажейка А.И. Лазерное термоупрочнение деталей тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин // Конструирование и технология производства сельхозмашин. – 1986. Вып 16. – С.102-103.
3. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: Учебное пособие. – К.: УМК ВО, 1989, – 256 с.
4. Гранкін С.Г. та ін. Надійність сільськогосподарської техніки. – К. Урожай, 1998. – 208 с.
5. Черновол М.И. Повышение качества восстановления деталей машин. – К.:Техника, 1989.
6. Аулин В.В., Аулина Т.Н., Сомов Б.Б. Исследование процессов лазерного легирования конструкционных сталей / Сборник научных трудов МИСиС. - М., 1989. - С.88-91.
7. Ю. Паливода. Інструментальні матеріали, режими різання, технічне нормування механічної обробки: навчально-методичний посібник / Ю. Паливода, А. Дячун, Р. Лещук. – Тернопіль, Тернопільський національний технічний університет ім.І.Пулюя, 2019. – 240с.