

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ
ІНСТИТУТ



КАФЕДРА ЛАЗЕРНОЇ ТЕХНІКИ
ТА ФІЗИКО-ТЕХНІЧНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ



ТЕЗИ ДОПОВІДЕЙ

загальноуніверситетської науково-технічної конференції

молодих вчених та студентів,

присвяченої дню Науки

СЕКЦІЯ «МАШИНОБУДУВАННЯ»

ПІДСЕКЦІЯ
«ЛАЗЕРНА ТЕХНІКА ТА ФІЗИКО-ТЕХНІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ»

2013р.



Тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки. Секція «Машинобудування», підсекція «Лазерної техніки та фізико-технічних технологій» / Укладачі Сердітов О.Т., Кондрашев П.В.-К: НТУУ «КПІ», 2013.-112 с.

В збірці наведено тези доповідей загальноуніверситетської науково-технічної конференції молодих вчених та студентів, присвяченої дню Науки (секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічних технологій»).

Укладачі: Сердітов Олександр Тимофійович, к.т.н., доц., Кондрашев П.В. к.т.н., ст.викл. кафедри лазерної техніки та фізико-технічних технологій НТУУ «КПІ»

За редакцією авторів

Підписано до друку 08.04.2013р. Формат 60x90/16
Папір офсетний. Друк-різографія. Наклад 85 прим.

НТУУ «КПІ», ММІ

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ТКАНИНИ

Лазерне випромінювання має найрізноманітніший, багатофакторний вплив на біотканини. Особливості та ступінь цього впливу залежать від геометрії випромінювання, його енергетичних, спектральних і інших характеристик, а також від оптичних та біофізичних властивостей самої тканини. Тому подальше вивчення фізичних основ застосування лазерної техніки в медицині і закономірностей процесів, що при цьому відбуваються в тканинах є актуальним.

Основними характеристиками лазера є: довжина хвилі, потужність і режим роботи. Лазери генерують випромінювання від ультрафіолетового (0,38-0,10 мкм) до інфрачервоного (1-0,78 мкм) діапазонів. За характером генерації лазери поділяються на імпульсні (з тривалістю випромінювання до 0,25с) і безперервні (понад 0,25с). Нормованими параметрами лазерного випромінювання є відношення потужності до площини поверхні (Вт/см), або щільність енергії на одиницю поверхні (Дж/см). Все це дозволяє застосовувати лазери у медицині в широкому діапазоні від лазерної акупунктури і біостимуляції до хірургії на м'яких і твердих тканинах.

Розглянуті механізми біологічної дії лазерного випромінювання низької і високої інтенсивності. Відмічено, що вони відрізняються один від одного.



Рис.1. а) – експериментальне обладнання, б) – опромінені зразки

У механізмі біологічної дії лазерного випромінювання низької інтенсивності переважають фотохімічні і фотоелектричні ефекти. Біологічна дія лазерного випромінювання високої інтенсивності крім того реалізується в тканинах організму у вигляді змін енергетичного змісту електронних рівнів, коагуляції білкових структур, а також ефектів наслідків.

Для проведення експериментальних досліджень був використаний стенд на базі твердотілого Nd:YAG лазера (ЛТН-102), наведений на рис.1 а Проведене дослідження впливу лазерного випромінювання на біологічну тканину в залежності від глибини фокусування променя і тривалості впливу дозволило якісно проаналізувати процес взаємодії показало, що лазерне випромінювання в ближньому інфрачервоному діапазоні на довжині хвилі 1,06 мкм (Nd:YAG лазер) дозволяє здійснювати керований процес взаємодії. Разом з тим, недоліком його є значний термічний вплив на навколишні тканини (рис. б).

СИСТЕМА ДОПАЛЮВАННЯ ВИПУСКНИХ ГАЗІВ РОТОРНОГО ДВИГУНА

Одним з найбільших недоліків сучасних роторних двигунів є випускні гази, які викидаються в атмосферу забруднюючи навколишнє середовище. Як варіант вирішення цієї проблеми, можна застосувати пристрій, що дозволяє зменшити кількість шкідливих викидів, шляхом термічної дії лазерного випромінювання. Суть даного пристрою полягає в тому, що впродовж такту випуску двигуна, відпрацьовані гази через випускний канал та вхідний клапан допалювача потрапляють у камеру. Потім, на відпрацьований газ діє імпульсне лазерне випромінювання, що через прозорий для довжини хвилі лазера оптичний елемент, проникає всередину камери. Після завершення дії імпульсу, стиснене повітря, через клапан продувки виносить продукти згорання через вихідний клапан. Також стиснене повітря очищає камеру та її елементи, задля запобігання забруднення, яке може призвести до того, що лазерне випромінювання не проникатиме всередину камери.



Рис. 1

Принципова схема системи допалювання випускних газів.

Дія імпульсного випромінювання, та подача стисненого повітря повинні відбуватися в чітко визначений період – в момент закінчення такту випуску двигуна.

Для доведення ефективності даного пристрою проводився лабораторний експеримент, план якого представлено на рисунку 2. Сутність експерименту полягала в тому, що на прозору ємність заповнену випускними газами (1), діяв лазерний промінь (2). Також, через прозору ємність проходив промінь звичайного світла (3), який сприймався люксометром (4). При дії лазерного променя на ємність з випускними газами, спостерігалось підвищення яскравості на люксометрі, що свідчить про те, що кількість перешкод для світла зменшилась, тобто зменшилась кількість газів.

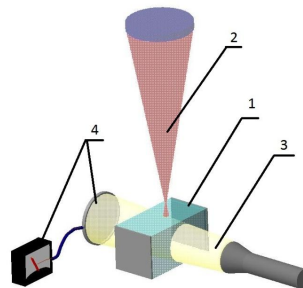


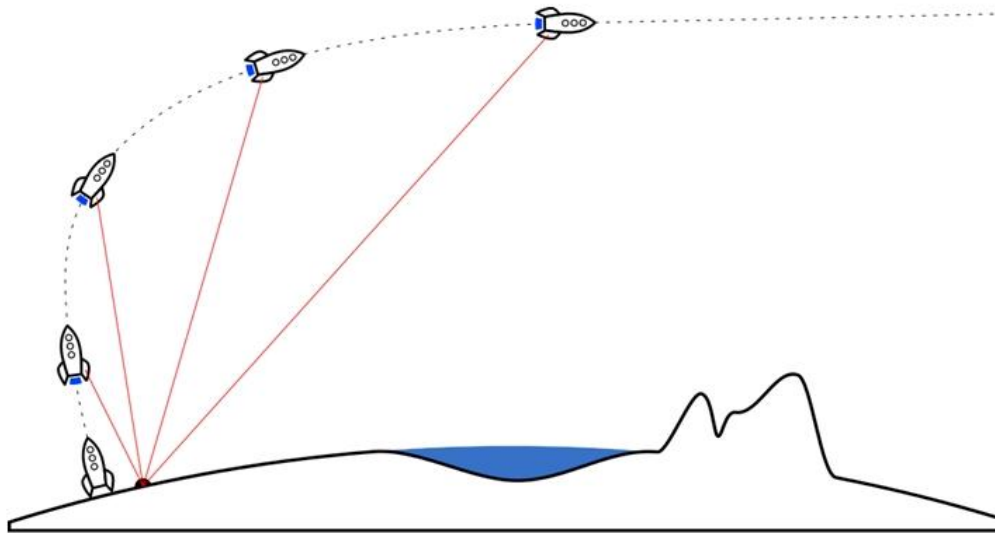
Рис. 2

План лабораторного експерименту щодо визначення ефективності спалювання випускних газів лазерним випромінюванням

- 1- прозора ємність з випускними газами; 2 – лазерний промінь;
3 – промінь звичайного світла; 4 – люксометр.

ТРАНСПОРТУВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ НА РАКЕТОНОСІЙ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЕДЕННЯ ЙОГО З ЩІЛЬНИХ ШАРІВ АТМОСФЕРИ ЗЕМЛІ

В сучасних космічних апаратах вага палива, котре необхідне для виводу літального апарату на орбіту Землі, в декілька разів перевищує корисну вагу судна. Таким чином суттєві об'єми палива використовуються для того, щоб відірвати від поверхні Землі вагу палива, котре буде спалено в наступну мить. Це зумовлює низьку ефективність використання ракетного палива. Автором пропонується передавати енергію, що необхідна для живлення тягових двигунів на космічний апарат посередництвом лазерного випромінювання. Для цього на шляху від джерела живлення до кінцевого споживача необхідно прибїгти до ряду перетворень видів енергії.



*Рис 1: Візуалізація зміни положення та параметрів пучка у часі і просторі.
(Апроксимований розрахунок траєкторії виконано NASA за даними Boeing Company, візуалізація автора)*

Так на самому початку вихідну ЕРС генератор лазерного випромінювання перетворить в когерентне направлене випромінювання, параметри котрого буде підібране для оптимального подолання великих відстаней в атмосфері Землі з мінімальними втратами потужності. Безпосередньо на космічному апараті енергія лазерного випромінювання буде перетворюватися на теплову енергію, нагріваючи пластину уловлювача лазерного випромінювання. Параметри матеріалу, з котрого виготовлений цей елемент максимально наближені до абсолютно чорного тіла для довжини хвилі лазера, що використовується. Далі термогенератор трансформує теплову енергію у термо-ЕРС, котра витрачається для живлення тягових електродвигунів, котрі працюють за принципом ефекту Буфеля-Брауна.

Спосіб дозволяє суттєво підняти значення абсолютні показники ефективності використання енергії адже у розглянутому випадку енергія використовується для підняття виключно корисної ваги. Важливим також є внесок методу в безпеку космічних подорожей. На відміну від сучасних методів енергозабезпечення космічних апаратів запропонований метод не вимагає акумулювання суттєвої кількості акамулювання енергії, що виключає можливість її самодетонування в разі технічних

збоїв в силовій схемі апарату. Фокусувальні системи зможуть динамічно змінювати взаємне положення лінз та положення оптичної осі в просторі відповідно до прорахованої заздалегідь траєкторії виводу судна на орбіту, змінюючи напрямок поширення пучків та кут їх розбіжностей. Сучасні оптичні системи сканування дозволяють додатково коректувати переміщення напрямку пучка за допомогою контролювання реального положення орієнтовано-базових міток на фюзеляжі ракетносія в просторі, що забезпечить безперервне та надійне постачання енергії до силових агрегатів машини. Така висока точність наведення дозволяє виготовити уловлювачі проміння малих розмірів, що в свою чергу дозволяє використати їх велику кількість. Себто для забезпечення необхідного рівня енергозабезпечення ми можемо підібрати необхідну кількість випромінювачів. До того-ж велика кількість випромінювачів дозволить запобігти обриву постачання енергії за рахунок непередбачуваних факторів: перешкоди на шляху випромінювання (птахи чи ін.), вихід з ладу одного з випромінювачів. Це дозволить забезпечити надійність та безпечність даного способу постачання живлення. Проблемою запропонованого автором способу є втрати енергії на кожній ланці ланцюга перетворень видів енергії. Тому основною метою виконання магістерської роботи є оптимізація параметрів цих трансформацій та мінімізація втрат. Перспективу для способу також відкривають постійнозростаючі ККД електроприладів та перетворювачів, що використані в запропонованій силовій схемі. Тому автор впевнений що впровадження вищеприписаної схеми живлення у змозі вивести галузь космічних перевезень на якісно новий економічно-доцільний і безпечний рівень.

УДК 621.375.826:621

Короткий Д.В., магістрант; Котляров В.П. д.т.н., проф.

МЕТОД ТА ЗАСІБ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ В ЗАГОТОВКАХ ІЗ ТЕПЛОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛАХ

Відомі проблеми лазерної обробки заготовки із теплопровідного матеріалу (мідь, алюміній, золото, олово, тощо) пов'язані із складністю ефективного використання теплового джерела, створеного при її опроміненні, внаслідок розсіяння теплової енергії за межі зони обробки механізмом теплопровідності. Ці проблеми стосуються усіх операцій лазерної технології від поверхневої в режимі термообробки до розмірної обробки (ЛРО) з випарним руйнуванням матеріалу заготовки, але в останньому випадку вони більш актуальні внаслідок необхідності створення високої концентрації енергії з густиною потужності теплового джерела $W_p \geq 10^8 \text{Вт/см}^2$. Важливість обмеження розтікання тепла підкреслюється створенням особливої методики аналітичного проектування операції ЛРО при обробці отворів в теплопровідних матеріалах (лунок, глибоких отворів та отворів циліндричної форми) [1]. Для зниження впливу теплопровідності ефективні наступні заходи:

- *скорочення тривалості* опромінення моно імпульсом або його заміна на високочастотну обробку системою коротких імпульсів пічків високої інтенсивності;
- *зменшення товщини* заготовки для зниження ролі бічного тепловідводу;
- *зниження теплопровідності* матеріалу заготовки механічним подрібненням його структури (ППД) або попередньою тепловою обробкою (гарт – для сталі, чавуну);
- *зниження темпу відведення тепла* із зони опромінення в периферійну область шляхом зменшення градієнта температур на її межі.

Останній метод використано в оптичній системі для лазерного зварювання листових заготовок внапусток (рис.1), яку складено із двох співвісних лінз: перша на шляху лазерного променя – негативна (2) з центральним отвором, друга - позитивна (3).

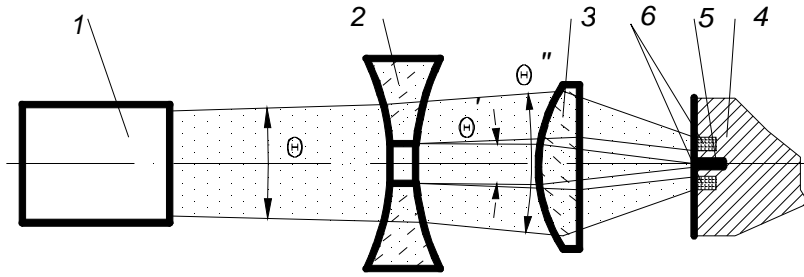


Рис.1. Схема ЛТУ з оптичною системою для створення теплової завіси

Лінза 3 використовується для формування зони опромінення 5 потрібних розмірів d_0 і її фокусна відстань обирається за умови $F_3 = d_0/\theta'$ (θ' - кут розбіжності центрального променя). Система лінз 2 і 3 концентрує периферійний промінь в кільце 6 навколо зони опромінення 5 на поверхні заготовки 4. Інтенсивність в зоні опромінення 5 повинна мати рівень, достатній для створення технологічного ефекту заданого розміру, в кільцевій зоні – для формуванні теплової завіси з температурою, яка не перевищує температури плавлення матеріалу заготовки. Недоліком такого засобу є необхідність в зміні параметрів складових лінз для іншого технологічного завдання як за видом операції, матеріалу заготовки та розмірів оброблювального елемента. Нами запропонована гнучка конструкція засобу для реалізації подібної схемиформування отвору в заготовках із теплопровідних матеріалів. За своєю суттю це модернізована схему трансфокатора з рідкою компонентою [2], для якого змінено умови його застосування (рис.2а) [3]. Як видно з схеми пристрою для обробки лунки (отвору) лазерний промінь 1 діаметром D перетворюється лінзою 2, яка є дном стакану 3 та має фокусну відстань F_1 . В стакан заливається рідина, що має показник заломлення n_p рівний показнику для матеріалу лінзи (наприклад, для скла кронглас FK 3 з $n_c = 1,4644$ такою рідиною може бути гліцерин з $n_2 = 1,4695$ або кремнійорганічні з'єднання $n_k = 1,46$), причому її об'єм V_p обмежується величиною, при якій в стакані, що обертається з кутовою швидкістю ω , утворюється лінза з вільною поверхнею у вигляді параболоїда обертання з розривом в центрі діаметром D_0 . Таким чином, центральна частина пучка в якій інтенсивність випромінювання максимальна, перетворюється центром лінзи 2 і використовується для розмірної обробки отвору, а енергія в його периферичній частині концентрується складеною лінзою (рідинна та скляна) в кільце діаметром d_3 і шириною b_3 довкола лунки при меншій інтенсивності в зоні опромінення, яка достатня для створення теплової завіси без руйнування матеріалу заготовки. Це дозволяє максимально використовувати теплову енергію, наведеною центральною частиною пучка, зменшуючи її втрати на теплопровідність із зони опромінення. Така конструкція майже універсальна тому, що однією лінзою з $F_1 = \text{const}$, використовуючи властивість лазерного променя ($\theta \in 0 \div \theta_D$), можна формувати зони опромінення в широкому діапазоні розмірів, а змінюючи параметри обертання стакану ω та рівень рідини в ньому – створювати необхідну за розмірами (D_3 та R_1) тобто за параметром F_2 додаткову лінзу.

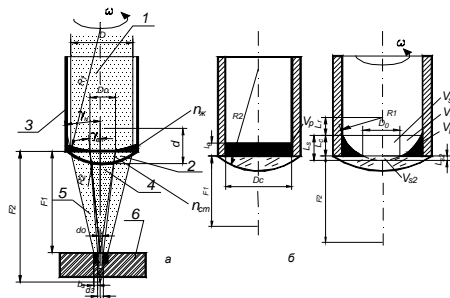


Рис.2. Схема оптичної системи для особливих умов опромінення

Алгоритм проектування об'єктиву (рис. 2б):

- визначити режими обробки (в тому числі d_0) за відповідною методикою;
- обрати лінзу 2, використовуючи залежність $F_1 = d_0/\theta_1$ ($\theta_1 \in 0 \div \theta_D$);
- визначити діаметр центральної частини пучка D_0 , яка має кут розбіжності θ_1 ;
- розрахувати фокусну відстань складеної лінзи для зони б (рис.1) $d_3 > d_0$:

$$F_2 = D_0 F_1 / (D_0 - d_3)$$

- визначити ширину теплової зони b_3 : $b_3 = (F_2 - F_1) \times (D - D_0) / 2F_2$
- встановити радіус кривизни передньої поверхні комбінованої лінзи R_1 :

$$R_1 = [d(n-1) - nR_2] F_2 (n-1) / \{n[R_2 - F_2(n-1)]\}$$

- визначити швидкість обертання лінзи: $\omega = (g/R)^{1/2}$;
- визначити об'єм рідини V_p : $V_p = V_c - (V_{s1} - V_{s2})$,
- визначити висоту шару рідини в нерухомому стакані L_p :

$$L_p = 0,5\omega^2 \left\{ [(0,5D_0)^2 - (0,5D_c)^2] / 0,5D_c^2 g \right\}.$$

Література

1. Herziger G., Stemme R., Weber H. Modulation Technique to Control Laser Material Processing. – IEEE, QE-10, 1987, №2 P.175-176
2. А.с. 574895 СРСР, МКІ³ В23 К 26/00. Об'єктив [Текст] В.С. Коваленко, В. П. Дятел, Ю.В. Кобилянський
3. Патент 74855 Україна, МКІ³ В23К 26/00. Об'єктив для лазерної обробки В.П. Котляров, Д.В. Короткий

УДК 621.375.826:621

Процак О.М., магістрант; Котляров В.П. д.т.н., проф.

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОЇ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

У різних галузях науки і техніки, зокрема, в електротехнічних виробках і радіоелектронних приладах широко застосовуються діелектричні матеріали шаруватої структури з матеріалів, що чергуються за властивостями, і мають природне та штучне походження. Перші, зазвичай, ізотропні в межах кожного шару, представляють складність для лазерної розмірної обробки (ЛРО) на її відомих режимах (з випаром матеріалу) унаслідок супутнього розшарування заготовки дією ерозійного факела. Обробка штучних діелектричних матеріалів супроводиться меншою небезпекою розшарування із-за вищої міцності міжшарових зв'язків, проте, істотні відмінності в механічних і теплофізичних властивостях матеріалів шарів створюють певні, інколи важко визначувані перешкоди для режимного супроводу технологічної операції. У попередній роботі [1] нами розглянуті основні шляхи вирішення технологічних проблем ЛРО і запропоновані засоби їх реалізації [2].

Метою цих експериментів є перевірка розроблених пропозицій, а також визначення фактичних меж режимів обробки з врахуванням реальних властивостей оброблюваних матеріалів. До останніх відносяться, наприклад, такі їх пошарові властивості: однорідність, коефіцієнт поглинання, оптична щільність, спектр поглинання, які складно врахувати в обчислювальних експериментах. У використаному в експериментах устаткуванні передбачалося вживання всіляких за своїми характеристиками, але загальнодоступних випромінювачів: на $YAG: Nd^{+3}$, CO_2 і N_2 . Їх об'єднує імпульсний режим генерації з широким діапазоном варіації частоти дотримання імпульсів ν (від 100Гц до 25кГц) і можливістю досягнення в зоні

опромінення достатнього для випарного механізму руйнування рівня інтенсивності випромінювання (більше 10^8Вт/см^2).

На прикладі контурного вирізання виробів з матеріалу з шарами однакових властивостей, наприклад, із слюди СТА (мусковіт) була оцінена можливість використання режиму «плавлення-вимивання». Цей режим досягається: при інтенсивності в зоні опромінення: $I_p = 4,2 \times 10^5 \text{Вт/см}^2$, необхідному для нагріву поверхні заготовки до $T \geq T_k$. Слюда досить прозора в діапазоні довжин хвиль випромінювання $\lambda \in 0,35 \div 9,60 \text{мкм}$, тому для усунення формування об'ємного теплового джерела в тілі заготовки необхідно використовувати в ЛТУ випромінювачі УФ або далекого ІЧ-діапазону: з перерахованих випромінювачів, застосованих для операції лазерного вирізування, використано лазер на CO_2 моделі ЛГІ-50-3 ($\lambda = 10,6 \text{мкм}$, $P_{cp} = 10 \text{Вт}$, $\nu \in 0,1 \div 15 \text{кГц}$) і N_2 – лазер ЛГІ-505 ($\lambda = 0,337 \text{мкм}$, $P_{cp} = 20 \text{Вт}$, $\nu \in 0,1 \div 100 \text{кГц}$), причому перевагу має останній із-за самостійної організації імпульсного характеру генерації (лазер на само обмежених переходах). На рис.1 показано результати різання слюди: *a* – на газолазерному режимі з продуванням різі повітрям, *б* – одно імпульсне і *в* – багатоімпульсне крізне різання з випаром; *г* - пошарове розрізання з поверхневим поглинанням (лазер на N_2).

Ще критичніші до вибору схеми обробки шаруваті матеріали з контрастними за механічними, теплофізичними і оптичними властивостями шарами, такі як фольговані міддю термореактивні пластмаси шаруватої структури. Оскільки кожен з їх шарів повинен руйнуватися в переважному вигляді (випаровуванні, наприклад)

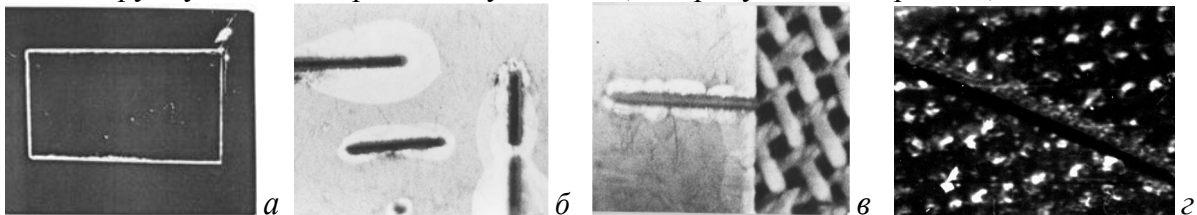


Рис.1. Приклади різів в слюді (*a* – режим плавлення, *б* – одноімпульсне та *в* – багатоімпульсне прорізання, *г* – різання з пошаровим випаровуванням)

одночасно забезпечити цей механізм для всіляких компонентів неможливо. На підставі експериментів встановлено, що для подальшого вдосконалення технологічної операції ЛРО діелектричних шаруватих матеріалів бажано керуватися наступними принципами її організації:

- необхідно застосовувати пошарове видалення його складових;
- забезпечити формування поверхневого теплового джерела для кожного шару;
- при багато прохідній схемі різання бажане використання декількох випромінювачів, оптимальних для кожного шару;
- при оперативній зміні режиму обробки для чергового шару необхідно забезпечити незмінність розмірів і форми інструменту в зоні опромінення;

На цій підставі в традиційну операцію лазерної прошивки отворів в платі друкарського монтажу були внесені наступні зміни:

-використовувався лазер з довжиною хвилі випромінювання, яке поглинається поверхнево мідним провідним шаром і діелектриком (коефіцієнт Бугера-Ламберта $\alpha > 10^3 \text{см}^{-1}$) з достатньою ефективністю (коефіцієнт поглинання $A \geq 0,6$);

-для пошарового руйнування матеріалу плати в операції прошивки отворів $\geq 0,3 \text{мм}$ необхідно використовувати метод трепанації уздовж їх контуру на режимах, достатніх для випару міді ($I_p > 10^7 \text{Вт/см}^2$) і деструкції діелектрика як за рахунок руйнування хімічних зв'язків, так і сублімації ($I_p \in 10^4 \div 10^5 \text{Вт/см}^2$), що у останнього охолоджує стінки різі, запобігаючи обвуглюванню еднальної речовини;

-необхідність багатократного обходу контуру вирізувального отвору при збереженні незмінного розміру пучка випромінювання на поверхні заготовки визначило метод управління інтенсивністю опромінення – використовуючи її залежність від швидкості відносного переміщення пучка випромінювання і заготовки: $[W_p]_i^e$ - критична за випаровуванням густина потужності: мідь – 10ГВт/см²; склотекстоліт СТЕФ –1ГВт/см²; δ_i – товщина шару, який видаляється за один прохід (0,005см), ρ – щільність його матеріалу, L_i – питома теплота випаровування: мідь - 4,8кДж/г, СТЕФ - 0,59 кДж/г)

$$V_i = [W_p]_i^e d_0 / (\rho_i L_{ei} \delta_i)$$

-Розрахункові та експериментально перевірені дані наступні: $V_{Cu} \approx 140$ см/с, $V_{СТЕФ} \approx 240$ см/с.

-Висновок: Експериментальні дослідження деяких видів ЛРО (контурне різання і прошивка отворів) на ряду матеріалів (слюда і фольгований склотекстоліт) дозволили уточнити режими запропонованих раніше [1] технологічних схем і оптимальних режимів обробки.

Література

1. Процак О.М., Котляров В.П. Дослідження процесу лазерної обробки шаруватих матеріалів. Матеріали конференції молодих вчених ММІ НТУУ «КПІ» Київ:КПІ 2012, с.80-83.

2. Процак О.М., Котляров В.П. Спосіб лазерного пробиття отворів. Патент України №75096 В23К 26/02 від 03.04.2012, опубл. 26.11.2012, б.№22.

УДК 621.375.826:621

Ткачук М., магістрант, Котляров В.П., д.т.н. проф.

РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ МЕТОДИКИ НЕЗАЛЕЖНОГО КЕРУВАННЯ ПАРАМТРАМИ ПУЧКА ВИПРОМІНЮВАННЯ

Керування результатом технологічних операціях лазерної обробки виконується внаслідок надання пучку випромінювання необхідних енергетичних, часових і просторових характеристик, що забезпечують визначений рівень інтенсивності I_p в зоні опромінення:

$$I_p = P/S = 4E/(\pi d_0^2 t) \quad \text{для нерухомого відносно заготовки джерела енергії;}$$

$$I_p = P/S = E/St = E/[(\pi d_0 / 4 + Vt)d_0 t] \quad \text{при їх відносному переміщенні.}$$

В цих рівняннях додаткова залежність розміру зони опромінення d_0 від просторових параметрів пучка (D і θ – його діаметр та кут розбіжності), а також умов опромінення (F та ΔF) ускладнює процедуру направлено діяння на рівень узагальненої характеристики I_p . Експлуатаційними характеристиками технологічних лазерів вважаються залежності характеристик пучка випромінювання від рівня керованого (регульованого) чинника, яким є енергія збудження активного середовища лазера. Такі залежності можуть бути отримані як в результаті класичних (однофакторних), так і багатфакторних експериментів. У зв'язку з тим, що метою досліджень є здобуття ряду залежностей при зміні одного чинника, який керує процесом генерації, доцільно використовувати одно факторну стратегію, що дозволить фізично інтерпретувати отримані результати. Для лазерів з імпульсним накачуванням управління зводиться до змінення рівня і частоти подачі енергії накачування до джерел збудження активного середовища (до лампи накачування або лінійок діодів – для

лазерів на твердому активному середовищі) або за рахунок зміни напруги або ємкості накопичувача. Хоча така дія на режим генерації призводить до одночасної зміни часових і просторових характеристик пучка випромінювання (рис.1а), можлива додаткова дія на тривалість імпульсу перебудовою розрядного контуру LC джерела струму. Режим роботи лазерів з безперервним накачуванням змінюється дією на розрядний струм через діоди або лампу накачування (лазери на твердому активному середовищі) або в газорозрядній камері (газові лазери) і це призводить до одночасного змінення усіх характеристик пучка випромінювання (рис.1б).

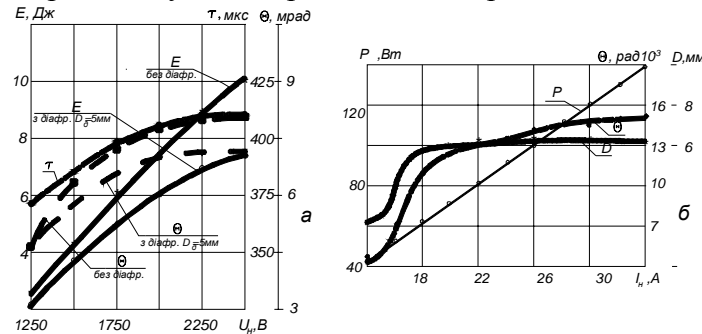


Рис.1. Експлуатаційні характеристики імпульсного та безперервного лазерів

Приведені залежності не лише демонструють неоднозначність впливу енергії накачування на параметри пучка випромінювання, але також дозволяють виявити деякі їх особливості, які можна використовувати при рішенні задачі параметричного управління пучком випромінювання. Усі залежності (крім енергетичних) мають ділянку насичення ($U_n > 2,0$ кВ та $I_n > 18$ А), в межах якої змінення аргументу майже не впливає на рівень функції (D , θ і τ). Це дозволяє при більших його значеннях параметрично впливати на рівень E (P) в межах 2Дж (40Вт), не впливаючи на останні параметри. Для розширення меж параметричного керування можна скористатися ступінчастим змінням їх рівня фільтрацією випромінювання нейтральними світлофільтрами. На рис. 2а зображена схема параметричного впливу на енергію випромінювання для формування енергетичного напрямку факторного простору в багатофакторних експериментах. Грубе змінення рівня енергії для зміщення центру її

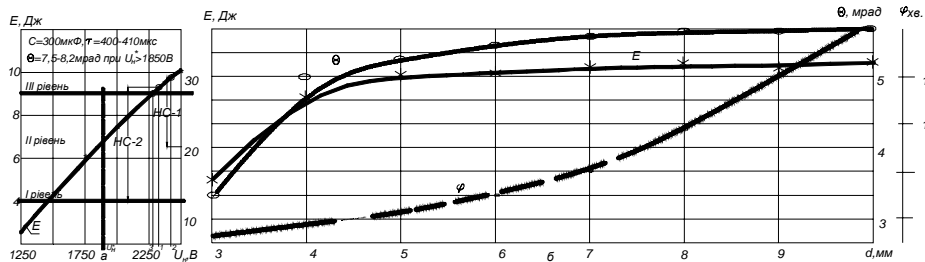


Рис.2. Експериментальні результати параметричного керування енергією та діаметром пучка випромінювання

варіювання енергією накачування виконується фільтрами НС-1 та НС-2, а плавне – за рахунок регулювання напруги в межах $U_n \in 2000 \div 2500$ В, тобто $\Delta E = 2$ Дж. Таким чином виконано формування трьох рівнів енергії 4,0; 6,5 та 9,0Дж при незмінних рівнях D та θ . Для дискретного, але незалежного управління тривалістю імпульсів випромінювання можна використовувати в джерелах живлення лазера типу «драбина», яка є послідовністю декількох вічок (розрядних контурів з елементами C_6 і L_6). Зміною кількості включених вічок n управляють тривалістю імпульсу відповідно до залежності $\tau = n\tau_6$, де τ_6 - тривалість імпульсу випромінювання при використанні одного вічка.

На рис.2б зображені експериментальні результати використання трьох дзеркального резонатора для параметричного (незалежного від кута його розбіжності θ та енергії

випромінювання E) керування діаметром пучка випромінювання D . Внутрішнє дзеркало виконано на модовій діафрагмі з отвором відповідного розміру d , у вигляді ввігнутого конусу, оберненого до активного середовища. Кут нахилу дзеркальної поверхні ϕ обирається із необхідності надання «обрізаному» діафрагмою променю додаткового кута розбіжності, що б компенсувати різницю між θ_a та θ_D . Використання третього дзеркала у резонаторі забезпечує роботу периферійної ділянки активного середовища з плавним перекачуванням енергії створеного в ньому кільцевого пучка в центральну його частину, що забезпечує її стабільність в межах $d \in 4 \div D$ мм. Із графіків видно, що в цьому інтервалі змінення розміру пучка рівень енергії залишається майже незмінним ($29 \div 30,1$ Дж), що відноситься також і до рівня кута розбіжності ($4,7 \div 5,5$ мрад). Необхідно також відмітити, що інтервал змінення кута нахилу стінки дзеркала складає $2 \div 14$ кутових хвилин. До речі, можливе керування просторовими параметрами пучка D і θ за допомогою зовнішніх оптичних пристроїв – одиночної лінзи, або телескопа.

УДК 621.326

Романов Б.С. студ.; Лугай А.М. ст. вик.; Кагляк О.Д. ас.; Блощицин М.С., ас.

ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛОКАЛЬНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Лазерний та плазменний процес формування є економічно вигідним процесом для формування металевих конструкцій, в якості засобу швидкого прототипування і корегування. Формування локальними тепловими джерелами мають велике значення для галузей, які раніше спиралася на дорогі штампи тиснення і преси. Тому у певних галузях промисловості: аерокосмічній, автомобільній, суднобудівній та мікроелектроніці формування локальним тепловим джерелом користується попитом. На відміну від звичайних методів формування цей методу не вимагає механічного контакту і, отже, має багато переваг [1-6]. На базі аналізу результатів виконаних аналітичних розрахунків, проводились експериментальні дослідження процесу плазмового та лазерного формування. Оброблялися зразки з вуглецевої сталі 65Г з розмірами 100x50мм товщиною 0,5мм, з використанням лазерного теплового джерела рис.1.а і плазмового теплового джерела рис.1.б В обох випадках зразки закріплювався консольно в струбчині на відстані 10мм від місця закріплення, пролягав прохід теплового джерела на всю ширину зразка. На відстані 10мм від вільного краю зразка встановлювався індикатор переміщення, рис. 1.

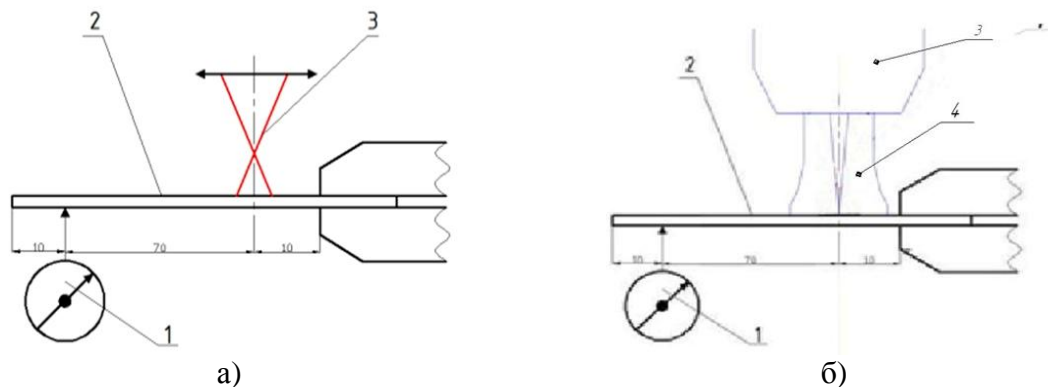


Рис.1. Схеми проведення експерименту: а) лазером 1 – індикатор переміщень, 2 – зразок, 3 – лазерний пучок.; б) плазмою 1 – індикатор переміщень, 2 – зразок, 3-сопло плазмотрона, 4 – факел плазми.

Обробка проводилася за такими режимами:

1)Плазма, сила струму-100А, напруга - 22В, швидкість переміщення-1,2 м/хв, діаметр плями-4мм.

2)Лазер, потужність – 0,8 кВт, швидкість переміщення – 1,0 м/хв., діаметр фокальної плями-4мм.

Після обробки лазером та плазмою спостерігалася пропорційна залежність абсолютної деформації від кількості проходів рис2. Але величина відносної деформації після плазмової обробки була дещо вищою ніж при лазерному формуванні за заданого режиму(сила струму-100А, напруга - 22В, швидкість переміщення-1,2 м/хв, діаметр плями-4 мм.), рис.3.Після 1го проходку лазером або плазмою спостерігалася формування максимального кута,величини якого складала 7 градусів,рис.2.а, б, в подальшому кут формувався в межах 2-4 градусів.[7] Характер лазерного та плазмового формування схожий, але є певні відмінності: 1)густина потужності плазми менше ніж у лазера,тому лазерна система є більш ефективною і може працювати на більших швидкостях 2) плазма має нижчу стабільність,тому точність формування,де що нижча ніж у лазера 3)лазерне формування може відбуватись на мікро рівні,завдяки новому технологічному обладнанню.

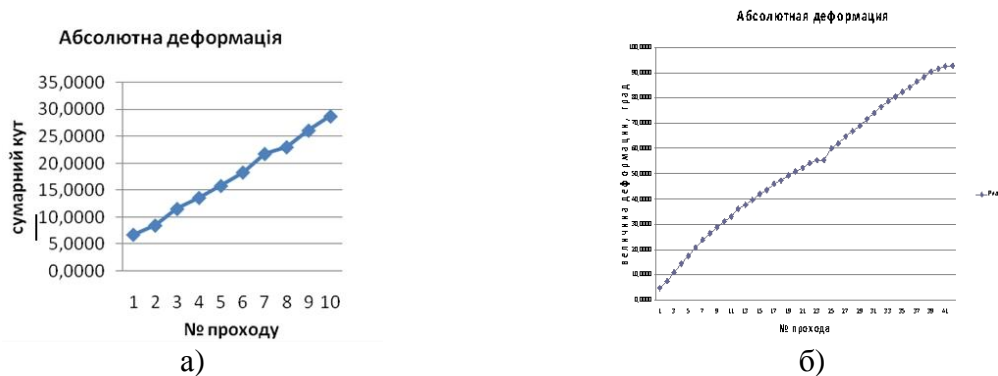


Рис. 2. Величини абсолютної деформації: а- після плазмового формування, б- після лазерного формування.

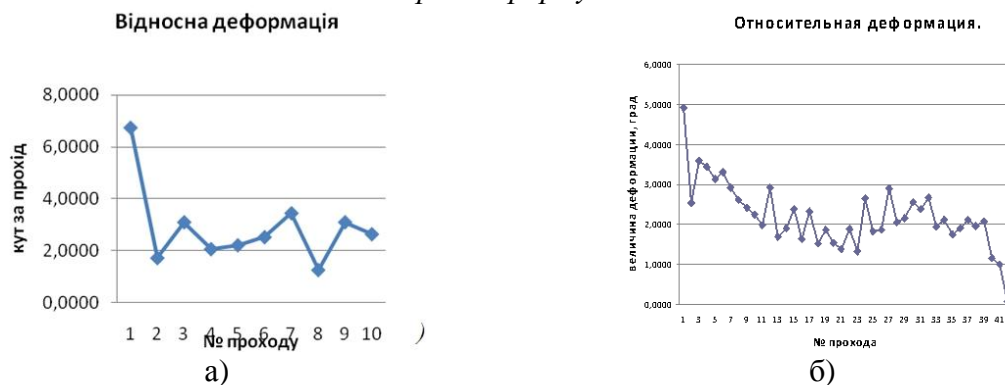


Рис3. Величини відносної деформації: а- після плазмового формування, б- після лазерного формування

Література:

[1] Кагляк, О.Д. Лазерне формоутворення просторових металевих конструкцій / О.Д. Кагляк, Л.Ф. Головка, О.О. Гончарук // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 6/1(42). – С. 4-11.

[2] К. Masubuchi, 'Phase 1 Report: Laser Forming of Steel Plates for Ship Construction', Department of Ocean Engineering, Massachusetts Institute of Technology, 1985.

[3] Thomson, G. and Pridham, M.S., 1997, 'Controlled laser forming for rapid prototyping', Rapid Prototyping Journal, 3(4), pp. 137-143.

[4] Vollertsen, F., 1994, 'Mechanisms and models for laser forming', In: Proceedings of the LANE, pp. 345-359.

[5] A.T. Male', Y.W. Chen, P.J. Li, C. Pan and Y.M. Zhang Plasma-Jet Forming of Sheet Metal Shapes.

[6] W.J. Xu a,*, J.C. Fang b, X.Y. Wang a, T. Wang, F. Liua, Z.Y. Zhaoa, A numerical simulation of temperature field in plasma-arc forming

[7]. Vollertsen, F. Model for the temperature gradient mechanism of laser bending / F. Vollertsen, M. Rodle. // Proceedings of the LANE'94, Vol. 1, 1994, pp. 371-378.

УДК 621.326

Романов Б.С. студ.; Оратівська Г.М. студ.; Лутай А.М. ст.вик.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доцент.

МЕХАНІЗМИ ФОРМОУТВОРЕННЯ ПРОСТОРОВИХ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛОКАЛЬНИМИ ТЕПЛОВИМИ ДЖЕРЕЛАМИ

Лазерне формоутворення дуже гнучкий процес, який швидко перебудовується. Це низько витратна технологія, яка використовує лазерно наведені термічні спотворення для формування конструкцій з тонколистових матеріалів не застосування зовнішніх сил [1-2]. Механізм градієнту температур [3-4] являється найбільш вивченим механізмом лазерного формоутворення. Загалом, його можна описати наступним чином: під час швидкісного нагрівання поверхні лазерним променем, інтенсивно нагріваються верхні шари матеріалу, в той час як нижні залишаються холодними (в силу локальності процесу) і поступово нагріваються за рахунок теплопровідності, в результаті чого виникає різкий перепад температури (градієнт температур) по товщині зразка, що призводить до різного теплового розширення різних шарів матеріалу, та викликає формування листа. Моделювання ТГМ [5] дає можливість визначити кут згину у рівняннях для прямокутних, трикутних, еліптичних і кругових форм пружних зон. Ці форми залежать від теплофізичних властивостей матеріалів і лазерної обробки використовуваних параметрів. Формули для кутів згину для різних зон пружної форми були встановлені, як:

$$\alpha_b = 6\alpha_{th}\Delta T l s_1 (s_0 - s_1) \frac{1}{s_0^3} \quad \text{Трикутна:} \quad \alpha_b = \alpha_{th}\Delta T l s_1 (3s_0 - 2s_1) \frac{1}{s_0^3}$$

Прямокутна :

$$\alpha_b = \alpha_{th}\Delta T l s_1 (3\pi s_0 - 8s_1) \frac{1}{2s_0^3} \quad \text{Еліптична:} \quad \alpha_b = \alpha_{th}\Delta T l s_1^2 (3\pi s_0 - 8s_1) \frac{1}{s_0^3} \quad \text{Кругла:}$$

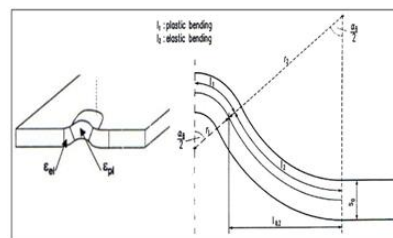
Еліптична:

$$\alpha_b = \alpha_{th}\Delta T D^2 (3\pi - 8D)$$

Остаточна формула кута згину:



а)



б)

Рис.1: критичні області для ТГМ Рис.2: геометрія моделі для механізму випинання

Якщо змінювати параметри процесу то можна перейти до механізму випинання за товщину листа. Він становить близько десяти товщин, на відміну від МГТ, де діаметр променя спів розмірний з товщиною листа. Тобто, у випадку МВ не має різкого перепаду температур (точніше, незначний градієнт, порівняно з градієнтом коли працює МГТ) по глибині зразка. Під час нагрівання теплові напруження стискання розвиваються в листі, і призводять до термопружних напружень, які в свою чергу призводять до локального термопластично-пружного випинання матеріалу[6-7]. Це випинання генерується вздовж напрямку руху лазерного сканування. Коли лазерний промінь закінчує обробку листа, випинання генерується по всій довжині листа. Зразок може деформуватися як в позитивному так і в негативному напрямках, залежно від факторів що включають параметри процесу. Параметри які визначають напрямок випинання мають комплексний характер, що ще раз підтверджує важливість систематизації факторів впливу. Як і у випадку МГТ кут згинання може бути збільшений повторенням процесу опромінення.

$$\frac{\alpha_b}{2} = \frac{l_1}{r_1} = \frac{l_2}{r_2}$$

Кут вигину визначається за формулою:

$$\alpha_b = \left[36 \frac{\alpha_{th} k_f(T_1) A p_1}{c_p \rho E} \frac{1}{v_1 s_0^2} \right]^{1/3}$$

Остаточне рівняння для кута вигину буде:

Розрахувавши кути згину аналітично для певних режимів формування ми отримали певні значення, які занесені до таблиці №1. При проведенні експерименту, де був задіяний механізм температурного градієнту аналітичний розрахунок підтвердився. Експерименти з задіянням механізму випинання, в експериментальному дослідженні. В таблиці №1 порівняні два механізми, тобто їх процеси, ефективність, тощо. Лазерна формування є універсальним процесом, тобто при формуванні за механізмом градієнта температури, можна легко перейти до механізму випинання змінивши делькілька параметрів: 1) Діаметр променя повинен перевищувати товщину листа приблизно в 10 разів. 2) Швидкість обробки треба зменшити.

Таблиця 1

Механізм	Процес	Кут згину	Результати
Температурного градієнту	Діаметр плями = товщині пластини. Висока швидкість сканування. Застосовується для тонких листів	на 2-3° згин за один прохід	високий контроль процесу низька ефективність
Випинання	Діаметр плями >> товщині пластини. Низька швидкість сканування. Застосовується для тонких листів	на 15° згин за один прохід	висока ефективність низька контрольованість процесу

Література:

[1] Кагляк, О.Д. Лазерне формоутворення просторових металевих конструкцій / О.Д. Кагляк, Л.Ф. Головка, О.О. Гончарук // Восточно-європейський журнал передових технологій. – 2009. – № 6/1(42). – С. 4-11.

[2] Кагляк О.Д., Головка Л.Ф., Коваленко В.С., Гончарук О.О. Патент на корисну модель №37370 Спосіб керованого формоутворення листових деталей 25.11.2008.

[3] F. Vollertsen, M. Rodle, "Model for the Temperature Gradient Mechanism of laser Bending," in Laser Assisted Net Shape Engineering, Proceedings of the LANE'94, edited by M Geiger and F. Vollertsen, (Meisenbach Bamberg, Germany, 1994), Vol. I, pp. 371 - 378.

[4] Z. Mucha, J. Hoffman, W. Kalita, and S. Mucha, "Laser Forming of Thick Free Plates". Laser Assisted Net shape Engineering 2. Proceedings of the LANE'97, edited by M. Geiger and F. Vollertsen, (Meisenbach Bamberg, Germany, 1997), Vol. 2, pp. 383-392.

[5] W. W. Duley, Laser Processing and Analysis of Materials. Plenum Press (1983).

[6] J. Magee. "Laser Forming of Aerospace Alloys." PhD Thesis, University of Liverpool, 1999.

[7] F. Vollertsen, I. Komel, and R. Kals, "The laser bending of steel foils for microparts by the buckling mechanism - A model," Model. Simul. Mater. Sci. Eng. 3, 107 - 119 (1995).

УДК 621.9.044

Романов Б.С. студ.; Лутай А.М. ст.вик.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доц.

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО ФОРМУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ІДЕЇ МАЙБУТНЬОГО РОЗВИТКУ

Вданий час суднобудування має постійний попит на нові технології формування. Наданий момент різні види листового металу оброблюються на заводах, в основному листи оброблюються механічно (наприклад, вальцями), як на рис. 1.



Рис. 1 технологія механічного формування в суднобудуванні.

Деякі проекти для застосування лазерного формування в кораблебудуванні можуть бути зроблені, так що цей процес замінить існуючі методи формування. Наприклад при виготовленні секцій корпусу, основною областю інтересів є використання 2-D і 3-D лазерного формування, щоб в подальшому замінити механічні методи згину пластини, товщини матеріалу до 20-25 мм. Найбільш простим випадком 2-D лазерного формування є форми частини циліндра для обшивки панелі, які будуть згодом зварені. Але тим не менш, можливість 3-D лазерного формування починає розвиватися також, це буде впровадження в процес примітивних 3-D форм («сідла» і «Подушки»), які потім будуть включені разом, як елементи більш великих та складних структур. В суднобудуванні серйозною проблемою залишається корекція спотворень (в основному вона виникає через зварювальні роботи), тому для скорочення спотворень

потрібно вводити нові технології (в тому числі лазерні або лазерні гібриди). Лазерне формування може також застосовуватися в ремонтній області (наприклад вирівнювання валів морських кораблів). Відомо, що лазерне формування має великий потенціал для виробництва металевих компонентів, за допомогою 2D або 3D просторового формування. Однак для формування реалістичних деталей, операцій випрямлення і вирівнювання необхідно розробити систему для точно її повторюваної частини виробництва. Рис. 2 описує маршрути і ключові елементи, необхідних для практичної реалізація 3D лазерного формування.



Рис. 2 описує маршрути і ключові елементи, необхідних для практичної реалізація 3D лазерного формування.

Можуть бути взяті два підходи-прогнозований або адаптивний. База даних, яка створена у прогнозуючій системі, забезпечує пошук таблиць з відомими результатами щоб передбачити стратегію для бажаної геометрії, разом з розвитком покращених термо-механічних моделей або нейронних мереж, повторна точність повинна бути неперевершена. Про системи цього типу повідомлялось в багатьох статтях. [1, 2,3]. Використання датчиків в адаптивній системі, щоб забезпечити точний контрольований зворотній зв'язок, разом з розвитком інтелектуального програмного забезпечення (наприклад, нейронні мережі), забезпечує зростаючий або навіть оперативний метод замкнутого контуру точного 3D лазерного формування, заснованого на поточних, часткових, незалежних особливостях мінливості матеріалу, наприклад, залишкового напруження. [4, 5]. Ймовірно, що майбутні системи 3D лазерного формування включали б елементи обох цих підходів. У цьому разі, початкове проектування для стратегії перегляду було б зроблено вже на відомій базі даних, геометрія частини була б контрольована, і стратегія сканування була б адаптована в процесі або при подальших проходах, що б досягти бажаного результату. Повний потенціал лазерного формування буде реалізований тільки за рахунок покращення знань процесу (при вдосконаленні термомеханічної моделі [7-8]). Процес має значний потенціал для використання в широкому діапазоні промислових застосуванні галузей, включаючи суднобудування. У порівнянні з іншими процесами формування. ЛФ має перевагу в гнучкості процесу, в тому, що воно може здійснюватися поряд з іншими процесами лазера (різання, зварювання та інші процеси) набагато цільових лазерних системах. В суднобудуванні лазерне формування має високу вартість обладнання та великі вимоги, щодо техніки безпеки. В даний час це є ключові проблеми, але вони повинні бути вирішені в подальшому розвитку техніки, також лазерні комплекси повинні стати дешевше, і більш компактними і в них будуть застосовуватися більш ефективні джерела (діоди і волоконні лазери, гібридні лазерні системи). Також в майбутньому ЛФ буде реалізовуватися в мікро та нано формуванні, такі роботи вже ведуться.

Література:

[1] Y. Lawrence Yao, Chao Lui, "Optimal Development of Doubly Curved Surface in Laser Forming", Proceedings of the 20th International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics (ICALEO 2002), Scottsdale, AZ, October 14-17, 2002.

[2]. Cheng, P.J., Lin, S.C., "Using Neural Networks to Predict Bending Angle of Sheet Metal Formed by Laser", International Journal of Machine Tools & Manufacture, v. 40, p.1185-1197, 2000.

[3]. Ueda, Y., Murakawa, H., Rashwan, A.M., Okumoto, Y, and Kamichka, R., Development of Computer-Aided Process Planning System for Plate Bending by Line Heating (Report 1)-Relationship Between Final Form of Plate and Inherent Strain", Journal of Ship Production, v.10, p.59, 1994.

[4]. Scully, K. "Laser Line Heating", Journal of Ship Production, v.3/4, p.237, 1987.

[5]. Masubuchi, K., Maumoto, I., "Study on Metal Working by High Power Lasers", Proceedings of the 2nd International Conference on BEAM Technology, v.2, p. 20, 1985.

[7] Jang, C. D., Seo, S., Ko, D. E., "A Study on the Prediction of Deformations of Plates Due to Line Heating Using a Simplified Thermal Elasto-Plastic Analysis", Journal of Ship Production, Vol. 13, No. 1, Feb. 1997, pp. 22-27.

[8] Vollertsen, F. and Holzer, S., "3D-Thermomechanical Simulation of Laser Forming", Simulation of Materials Processing: Theory, Methods and Applications, Balkema, Rotterdam, p.785, 1995.

УДК 621.373.826

Лесик Д.А., аспірант; Джемелінський В.В., к.т.н., професор.

СТВОРЕННЯ РЕГУЛЯРНОГО МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛІ БАГАТОБІЙКОВИМИ УЛЬТРАЗВУКОВИМИ НАКОНЕЧНИКАМИ

Надійність, довговічність і інші експлуатаційні властивості деталей машин у значній мірі залежить від якості оброблених поверхонь. Якість поверхневого шару - це комплексний показник, який визначається як геометричними (точність обробки, шорсткість поверхні, погрішності форми) так і фізико-механічними властивостями (структура поверхневого шару, твердість, ступінь і глибина зміцненого шару, залишкові напруги), одержуваних в результаті обробки поверхні тим або іншим технологічним способом. Згідно із ГОСТ 24773-81 «Поверхности с регулярным микрорельефом» виділяють наступні види микрорельєфу при оздоблювально-зміцнювальній обробці: частково-регулярні микрорельєфи (з регулярним, кільцевим та синусоїдальним розташуванням нерівностей, зокрема, нерівності не перетинаються і частково перетинаються) та повністю регулярні микрорельєфи (тетрагонального і гексагонального типу). Широкі можливості в закономірній зміні геометричних та фізико-механічних властивостей мають методи поверхневої обробки з використанням верстатів з числовим програмним керуванням (ЧПК), які дозволяють використовувати різний інструмент та забезпечувати запрограмовану зміну режимів. Для підвищення якості та твердості поверхонь деталей машин із відомих методів слід виділити оздоблювально-зміцнювальну обробку з використанням імпульсних джерел енергії, зокрема, енергії ультразвукових коливань [1]. Нами запропоновано програмний метод

створення мікрорельєфу при ультразвуковій обробці на верстатах з ЧПК, сутність якого полягає в програмуванні траєкторії руху центру ультразвукової коливальної системи з однобійковим та багатобійковим наконечником. Цей метод дозволяє реалізувати як нові типи мікрорельєфів, так і будь-який закон їх зміни.

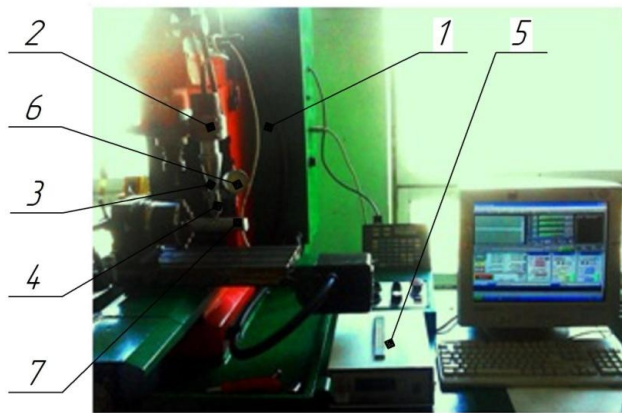


Рис. 1. Стенд для УЗО: 1-станина верстату, 2-спеціальний пристрій, 3-ультразвукова коливальна система, 4-багатобійковий наконечник, 5-генератор, 6-індикатор, 7-експериментальний зразок

Рис. 2. Багатобійковий наконечник

Для ультразвукової обробки (УЗО) був змонтований спеціальний стенд (рис. 1), який включає фрезерний верстат з ЧПК «DYNAMITE 2800» 1, ультразвуковий технологічний комплекс з генератором УЗГ250 (5), п'єзокерамічним перетворювачем, конічним концентратором та багатобійковим наконечником. Переміщення оброблюваної заготовки 7, яка закріплювалася в лещатах відносно багатобійкового наконечника 4 (рис. 2), здійснюється кроковими електродвигунами в напрямку чотирьох координатних осей X (A), Y, Z, у відповідності із заданою керуючою програмою. Ультразвукова коливальна система 3 монтувалася за допомогою спеціального пристрою 2. Статичне навантаження ультразвукового інструменту визначалось за допомогою індикатора для тарування 6. Верстат контролювався системою Mach3. Траєкторія руху багатобійкового ультразвукового наконечника щодо оброблюваної поверхні для створення синусоїдального регулярного мікрорельєфу описується (рис. 3 б):

$$Y = A_1 \sin \left[\frac{2\pi}{T_1} X_1 + (i-1)\Delta\varphi \right] + \Delta Y \quad (1)$$

де, a та b - відповідно довжина та ширина експериментального зразка,

l - відстань від краю до зони обробки зразка,

i - кількість робочих переходів,

r - радіус плями контакту багатобійкового ультразвукового наконечника.

Параметри, T , ΔY , що входять в рівняння (1), розраховуються системою ЧПК в процесі обробки за вихідними даними a , b , l , i , r , $\Delta\varphi$, які вводяться при обробці [2].

Схеми регулярного (рис. 3 а) та синусоїдального (рис. 3 б) рухів багатобійкового ультразвукового наконечника по оброблюваній поверхні задавався за допомогою керуючої програми для створення відповідного рельєфу.

Враховуючи конструкцію матриці, яка має малі розміри та складний профіль, а також неможливість використання, як гідроабразивних методів очистки так і хімічних, які приводять до зміни рельєфу поверхневого шару, робочих поверхонь та виникнення економічних проблем на виробництві, нами запропоновано використання для очищення бластинг гранул CO_2 , метод з виростанням в якості інструменту гранули сухого льоду CO_2 , яким надається надзвукова швидкість за допомогою струменя стислого повітря для здійснення процесу очистки. Процес здійснюється за рахунок кінетичної енергії гранул і термічного шоку. Ефективність процесу очищення різко знижується при відхиленні від 90 градусного кута впливу. При використанні кута струменя 90 градусів до поверхні струмінь пробиває дірку в зчищають шарі і впливає на її краю під кутом 70-80 градусів. В даному випадку струмінь подібна шкребка, тобто вона просто піднімає бруд з поверхні. Ще одна перевага даного процесу полягає в легкості збору

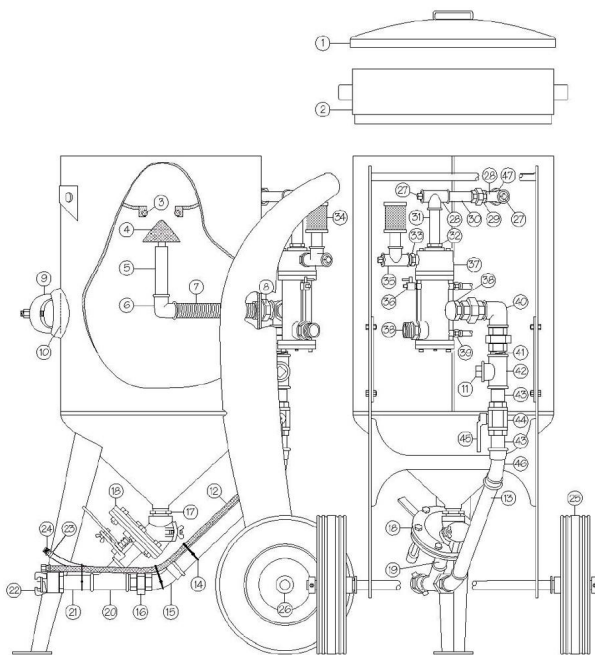


Рис.2 Схема пристрою, для здійснення процесу очистки

потокую зчищають матеріалів і речовин і контролю напрямку цього потоку. Ефективність процесу очищення різко знижується при відхиленні від 90 градусного кута впливу. При використанні кута струменя 90 градусів до поверхні струмінь пробиває дірку в зчищають шарі і впливає на її краю під кутом 70-80 градусів. В даному випадку струмінь подібна шкребка, тобто вона просто піднімає бруд з поверхні. Ще одна перевага даного процесу полягає в легкості збору потоку зчищають матеріалів і речовин і контролю напрямку цього потоку. Так як CO_2 не токсичний по природі, застосування процесу не створює проблем з навколишнім середовищем і скасовує небезпечні

методи очищення хімікатами. Процес може видаляти фарбу і інші покриття з гуми, пластику, органічного скла без пошкодження поверхні. Це знижує трудовитрати і витрати на реконструкцію / заміну частин.

Головними перевагами запропонованого способу є:

- Забезпечення якісного очищення без пошкодження поверхневого шару;
- Відсутня необхідність закриття вразливих частинок виробів;
- Зниження кількості відпрацьованих речовин за рахунок подрібнення та наступного випаровування гранул CO_2 ;
- Економія енергетичних, матеріальних та трудових витрат;
- Створення екологічно-безпечного процесу очищення

Для зміцнення робочих поверхонь матриць термопластавтоматів запропоновано використання волоконного лазера фірми IPG ЛК-xxx.

УДК 622.24.051

Салій С.С., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц.

РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ

На відзнаку від традиційної схеми «вал - втулка», яка використовується при експериментальних дослідженнях матеріалів на зносостійкість, в опорі ковзання шарошечного бурового долота умови спільної роботи деталей є такими, що втулка обертається, а вал є нерухомим.

За такої схеми втулка, яку виготовляють з антифрикційного матеріалу, крім ковзання зазнає вплив циклічного контактного навантаження. За таких умов роботоздатність опори ковзання долота буде визначатися не тільки здатністю матеріалу втулки чинити опір спрацьовуванню, але і його контактною витривалістю. Остання обставина є актуальною для композиційного матеріалу матрично-наповненого типу, який складається з крупних карбідних включень у відносно м'якій металевій матриці. За умовою такої яскраво вираженої гетерогенності структури контактна витривалість буде визначатися не стільки властивостями матеріалу твердих включень, які безпосередньо сприймають контактну взаємодію, скільки міцністю адгезійного зв'язку включень з матрицею.

Проведене експериментальне оцінювання контактної витривалості зразків композиційних матеріалів матрично-наповненого типу. Випробування були виконані на машині МКВ. Випробування показали, що руйнування таких матеріалів в умовах циклічності контактного навантаження відбувається в формі викришування твердих включень по межах їхнього зв'язку з матрицею. Сходні руйнування мали місце на поверхні тертя шарошок з композиційним матеріалом після натурних випробувань, тривалість яких перевищувала ресурс долота. Підвищення міцності адгезійного зв'язку твердих включень з матрицею за рахунок плакування порошку карбідів залізом разом з підвищенням технологічності процесу синтезу композиційного матеріалу підвищує контактну витривалість і загальну стійкість проти спрацьовування в умовах роботи шарошечних бурильних доліт.

УДК 620.179.112

Зворикіна А.К., студ.; Колісник Р.В., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц.

ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВИДИ ЗНОШУВАННЯ

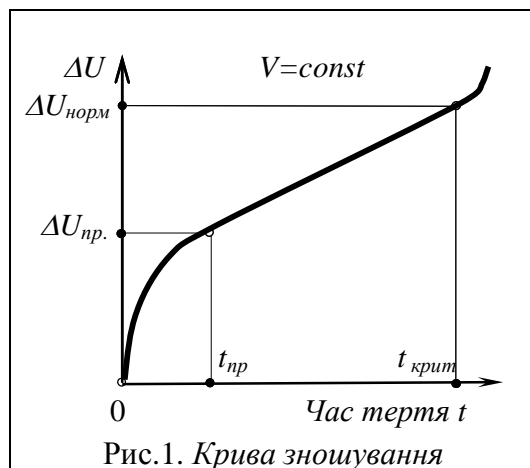
Відносні переміщення поверхонь, що контактують, за їхньої механічної взаємодії призводить до спрацьовування поверхонь, яке відбувається у вигляді відокремлення дрібних часток матеріалу, що призводить до змінення розмірів і форми деталей. Зношування є складним багаторівневим процесом, основну роль у якому відіграє деформація матеріалу поверхонь деталей, що контактують, під впливом контактних напружень. За видом руйнування поверхонь тертя розрізняють:

-Втомне зношування. До втомного зношування відносять випадки, коли при роботі вузлів тертя відсутні аномальні пошкодження (схоплювання, задираки, мікрорезання, прижоги поверхонь і т.п.), тертя протікає в нормальних умовах, мається мастило, але тим не менше внаслідок тертя матеріал поверхневого шару починає відділятися у вигляді частинок зносу. Розрізняють втомне зношування двох видів: багатоциклове і малоциклове. Багатоциклове зношування виникає при пружному

контакті. Багаторазовий вплив на мікронерівності поверхні призводить до поступового накопичення мікрodefектів, утворення мікротріщин, при злитті яких утворюються поверхневі макротріщини, що викликають руйнування матеріалу і відділення частинок матеріалу. За малоциклового зношування спільна дія нормальної і дотичної навантажень при терті призводить до того, що максимальне дотичне напруження виникає не на поверхні, а під плямою контакту на невеликій глибині, де накопичуються пошкодження і утворюються тріщини. Особливим проявом багаторазового зношування є контактне викришування, яке виникає в результаті багаторазового деформування поверхонь зубів зубчастих коліс, доріжках кочення підшипників, у шліцьових з'єднань і ряду інших контактних пар.

-Абразивне зношування.

Абразивні частинки визивають на поверхні тертя руйнівну дію в двох основних



формах. Гострі абразивні частки дряпають, здійснюють хаотичний процес мікрорізання, що спостерігається, наприклад, при роботі ґрунтообробних або гірських машин. Інший характерний механізм зношування - деформаційна дія «тупих» абразивних частинок, які не дряпають, а видавлюють лунки або борозенки і викликають при багаторазовому повторенні локальні втомні руйнування. У струменях рідини або газів за відсутності абразивних часток спостерігається ерозійне спрацьовування. До даного різновиду зношування близьким є кавітаційний знос.

-Корозійно-механічне зношування

До цього виду зношування відносять окислювальний знос, фретинг-корозію і водневий знос. Окислювальний знос пов'язаний з активацією окислювальних процесів поверхневих шарів поверхонь тертя за рахунок пластичної деформації, підвищеної температури, дії циклічних навантажень і наявності кисню в мастил і навколишньому середовищу. При окисному зношенні тонкі плівки оксидів відіграють позитивну роль і оберігають поверхні від пошкоджень. Але в міру зростання вони стають товстими, крихкими і руйнуються. Окислювальний процес триває, плівки знову наростають і захищають від зносу основний матеріал. Таким чином, окислювальне зношування - це процес, при якому руйнується не матеріал деталі, а його вторинні структури - оксиди, що утворюються в процесі тертя. Найагресивнішою формою окислювального зносу є фретинг-корозія (англ. Fret - роз'їдати). Фретинг-корозія зазвичай спостерігається в номінально нерухомих з'єднаннях, схильних до вібрації. При фретинг-корозії циклічні мікроперемещення в контакт викликають локальні теплові флуктуації, багаторазове пластичне деформування, інтенсивне накопичення дефектів структури, освіта мікро-і макротріщин, за якими в глибину від поверхонь дифундує кисень та інші активні компоненти середовища. Частинки, що відокремлюються абразивно впливають на поверхню. Характерні об'єкти подібного зношування - замки лопаток різних турбін, різьбові з'єднання та інші деталі машин, що працюють в динамічно напружених умовах. Водневий знос спостерігають в різьбових з'єднаннях, золотникових і плунжерних парах, гальмівних дисках і інших вузлах тертя. Водень в парах тертя утворюється в атомарної формі при електрохіміків-термічному розкладанні води, мастил, пластмас. Такий водень по мікрodefектів матеріалу дифундує в поверхневий шар. При цьому металеві зв'язки замінюються слабкими водневими, а матеріал стає крихким.

Незважаючи на велику специфіку, у всіх видів зношування є загальні закономірності. Типова характеристика зносу в часі представлена на рис. 1. Початкова частина кривої характеризує період підробітки ($t_{пр.}$). Потім процес протікає з постійною швидкістю ($t_{пр.}$, $t_{крит.}$). Ця ділянка прийнято називати періодом нормальної експлуатації. При $t > t_{крит.}$ знос різко зростає, стає катастрофічним, що приводить до виходу вузла тертя з ладу. На етапі припрацювання формуються експлуатаційні властивості вузла тертя. При введенні в експлуатацію вузлів тертя після виготовлення або капітального ремонту в технічній документації ретельно обговорюються режими прироблення або обкатки, щоб вона пройшла в найкоротший термін і створила сприятливі умови для тривалої експлуатації. Зазвичай також обмовляється і гранично допустима величина зносу, що визначає ресурс всього вузла тертя або змінних деталей, наприклад, вкладишів підшипників ковзання, підшипників кочення, гальмівних колодок і накладок. На закінчення короткого огляду форм прояву зношування слід зазначити, що в чистому вигляді кожний із зазначених механізмів зношування практично не зустрічається. Найчастіше переважає провідний механізм зношування і супутні форми залежно від особливостей конструкції та умов роботи вузла тертя. Основним способом руйнування матеріалу на поверхнях тертя при всіх видах зношування є утворення та накопичення пошкоджень в тонких поверхневих шарах матеріалу. При цьому наявність абразиву, хімічних перетворень або явища переносу може лише змінювати інтенсивність руйнування або в бік прискорення, або уповільнення. Завдання трибології полягає в розробці засобів і методів управління цими процесами або спрямованого зменшення зношування, забезпечення високих ресурсних характеристик вузлів тертя.

УДК 621.81.001

Гоменюк І.М., студ.; Фролов М.О., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц.

МЕТОДИ НАРІЗАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Розглянуті основні типи зубчастих передач, що використовуються в сучасних машинах, їхнє призначення і характеристики. Показано, що вибір методу обробки зубчастих коліс напряму залежить від встановленої норми точності, а також від експлуатаційних вимог у відповідності з призначенням. За цими ознаками зубчасті передачі можна розділити на наступні групи:

1. Силкові передачі значної потужності і високих швидкостей. Основною вимогою до них є забезпечення високих значень ККД;
2. Силкові промислові і транспортні передачі, що працюють за середніх швидкостей. Основна вимога – надійність і плавність ходу;
3. Силкові передачі в верстатобудуванні. Основна вимога - сталість передаточного відношення і плавність ходу;
4. Силкові передачі в автомобілебудуванні. Основна вимога - плавність та легкість ходу, відсутність шумів;
5. Кінематичні передачі точних приладів. Основна вимога - сталість передаточного відношення, відсутність мертвого ходу.

Встановлені стандартом ступені точності враховують ці умови, даючи можливість диференціювати технічні умови і комбінування ступенів точності. Зубчасті

колеса нарізають на фрезерних та зуборізальних верстатах з використанням методів копіювання (рис. 1, а, б і в) і обкочування (рис. 1, г).

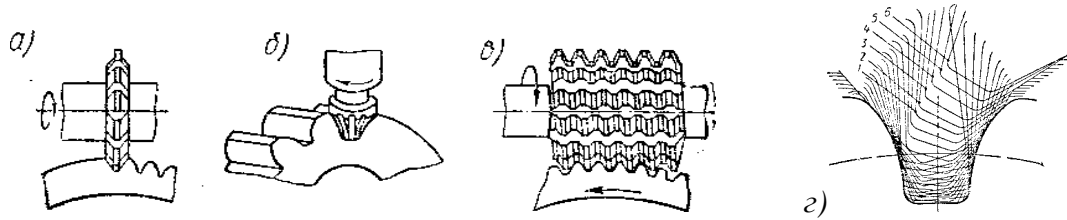


Рис. 1. Схеми нарізання зубчастих коліс:

а и б) методом копіювання; в) методом обкочування; г) схема утворення профілю зубця методом обкочування.

За методом копіювання ріжучому інструменту надають форму западини і виконують обробку, за якою профіль інструмента копіюється на поверхні, що оброблюється. Нарізання зубців виконують: послідовним нарізанням модульної дисковою чи пальцевою фрезою на універсально-фрезерному верстаті; одночасним нарізання всіх зубців довбачем; одночасним чи коловим протягуванням. Питання нарізання зубців коліс розглянуте з точки зору можливості його застосування в різних типах виробництва. Так, відмічено, що метод копіювання є неточним, відзначається низькою продуктивністю, внаслідок чого (за виключенням колового протягування) використовується в одиничному та дрібносерійному виробництві. Сутність методу обкочування полягає в тому, що зубці утворюються за сумісним узгодженим обертанні ріжучого інструмента і заготовки. Розглядаючи послідовне розташування зубців інструмента (рис.1, г), видно, що профіль западини утворюється поступово і складається з великої кількості прямолінійних ділянок, які, накладючись одне на одне, утворюють криволінійний профіль зубця. Саме цей метод є основним при великих обсягах виробництва.

Література:

1. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст]: Підручник / В.Т.Павлице .–Львів: Афіша, 2003,- 560 с.
2. Мурашев Н.В. Фрезерное дело [Текст]: Учебник/ Н.В. Мурашев.– М.: Высш.шк., 1986 – 264 с.
3. Серебрицкий П.П. Краткий справочник станочника [Текст] / П.П. Серебрицкий– М.: Дрофа, 2008. – 655 с.

УДК 621.81.001

Гайдук І.В., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ

Розглядається адаптована до вимог сучасних стандартів програма розрахунку ортогональної черв'ячної передачі [1] з циліндричним черв'яком (архімедовим, конволютним чи нелінійчастим, витки яких дозволяють шліфування конічними шліфувальними кругами). Геометрія профілів черв'яка відповідають ДСТУ ISO/TR 10828:2005. Терміни та визначення – згідно з ДСТУ 2983-95 та ДСТУ ISO 1122-2:2006, основні геометричні параметри передачі- ДСТУ 2458-94 (ГОСТ 2144-93). Розміри елементів витків черв'яка і зубців черв'ячного колеса, бічні поверхні якого утворюються інструментом, різальні кромки якого у верстатному зачепленні відтворюють у просторі вихідний виробничий черв'як, визначаються згідно з ДСТУ 2455-94 (ГОСТ 19036-94). Програма забезпечує розрахунок черв'ячної передачі за умовами міцності і стійкості проти спрацювання.

Для розрахунку черв'ячної передачі потрібно підготувати наступні вихідні дані :потрібне передаточне число U ; обертальний момент на валу колеса, T_2 , Нм; частоту обертання валу колеса, N_2 , об/хв.; ресурс роботи передачі, LH , год.; номер режиму роботи NRR ; коефіцієнт перевантаження $TTED$. Передбачене обмеження величини вихідних даних наступними допустимими інтервалами значень, а саме:

-передаточне число: $8 \leq u \leq 63$;

-обертальний момент на черв'ячному колесі: $1 \leq T_2 \leq 8000$, Нм;

-частота обертання валу колеса: $0,1 \leq n_2 \leq 400$, об/хв.;

-коефіцієнт перевантаження: $1 \leq K_H \leq 5$.

Режими навантаження у програмі прийняті стандартними і задаються за дії постійного режиму $NRR = 0$, важкого $NRR = 1$, середнього рівноймовірного $NRR = 2$, середнього нормального $NRR = 3$, легкого $NRR = 4$, особливо легкого $NRR = 5$. В разі можливої помилки вводу, внаслідок якої будь-яка з названих вихідних величин не попадає в означені межі, друкується відповідне повідомлення і користувачу пропонується повторити увід величини. Основним розрахунком черв'ячної передачі є розрахунок на контактну витривалість. Окрім того передача перевіряється на втомну міцність при згині, а також на контактну міцність і міцність на згин при перевантаженні за дії короткочасних пікових навантажень. Вкладений цикл дозволяє виконати ці розрахунки послідовно для чотирьох матеріалах вінця черв'ячного колеса, а саме: олов'яної бронзи марок БрО10Ф1, БрО10Н1Ф1, БрО5Ц5С5 та безолов'яної бронзи БрА9Ж4. Допустимі контактні напруження для коліс з вінцями з олов'яної бронзи визначаються за умовою контактного упору втомі, з безолов'яної бронзи – за умовою стійкості проти спрацьовування і відсутності заїдання. Під час виконання перевірних розрахунків міжцентрова відстань варіюється послідовно, приймаючи значення за стандартним рядом від 63 до 250 мм, а також передаточному числі від 8 до 63. За більшими значеннями передаточного числа ККД передачі занадто низький, що робить недоцільним її розрахунок. За остаточні приймаються найменші розміри, які задовольняють умовам міцності і стійкості проти спрацьовування. Для запобігання суттєвої відмінності фактичного передаточного числа від потрібного числа зубців колеса варіюються по відношенню до стандартного значення з перевіркою умови $/x / \leq 1$, де x – коефіцієнт зміщення інструменту. Остаточне число зубців колеса приймається за умови забезпечення мінімальної похибки передаточного числа. Спочатку перевіряються обмеження по передаточному числу, визначається число заходів черв'яка і потрібне число зубців колеса. Зовнішній цикл забезпечує послідовний перевірений розрахунок передачі для різних міжцентрових відстаней, починаючи з найменшої. Вкладений цикл забезпечує перебір стандартних значень числа зубців колеса. Найближче до потрібного числа зубців значення разом із відповідним їм і заданій міжцентровій відстані коефіцієнти діаметру черв'яка і модулі фіксуються. Виконується вибір числа зубців колеса, при якому відхилення передаточного числа від потрібного мінімальне, а також враховується вище зазначена умова по значенню коефіцієнта зміщення інструменту. Після перевірки умов міцності і стійкості проти спрацьовування виконується перехід до заключної часті програми, в якій обчислюють інші геометричні характеристики передачі, розміри черв'яка і колеса, а також ККД передачі і сили, що діють у зачепленні.

Література

1. Расчет деталей машин на ЭВМ [Текст]: Учеб. Пособие для машиностр. вузов / под ред. Д.Н. Решетова и С.А. Шувалова.-М.: Высш. шк., 1985.-368с.

2. Расчеты редукторов с использованием ЭВМ [Текст]: Методические указания по курсу "Детали машин" / Сост. А.П. Полешко, Ю.А. Попченко, В.Д. Дудко и др. К.: КПИ, 1989.-36 с.

УДК 621.81.001

Гойса Я.В., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц.

АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ПАСОВОЇ ПЕРЕДАЧІ

Наведені результати модернізації програми розрахунку пасової передачі [1] з урахуванням вимог сучасних стандартів. Програма забезпечує розрахунок передачі клиновими пасами нормального перерізу $Z(O); A; B(B); C(B)$ за ДСТУ. Для розрахунку передачі потрібно підготувати наступні вихідні дані:

1. Потужність на ведучому шківі P_1 , кВт;
2. Частоту обертання ведучого шківа n_2 , об/хв.;
3. Потрібне передаточне число u ;
4. Потрібну міжосьову відстань a , мм;
5. Коефіцієнт динамічності і режиму роботи K_p ;
6. Максимально допустиме число пасів z .

У програмі передбачені обмеження за максимально допустимою кількістю пасів, яке задає користувач; за максимальною потужністю, що передається; за найбільшою допустимою частотою обертання ведучого шківа; за найбільшою і найменшою міжосьовою відстанню. Для кожного з чотирьох перерізів паса розрахунок передачі проводиться за вісім'ю діаметрами меншого шківа. Потрібна міжосьова відстань зіставляється з мінімальною і максимальною допустимими. Якщо вона виявляється більшою за максимально допустиму, то виконується перехід до більшого діаметра ведучого шківа за стандартним рядом. Якщо розрахункове значення міжосьової відстані виявляється меншим за мінімальне значення, то міжосьова відстань передачі приймається мінімальною. Розрахункова довжина паса узгоджується з більшим стандартним значенням, після чого уточнюється міжосьова відстань передачі, визначаються коефіцієнти, що враховують кут охопту і довжину паса. Для варіантів, що забезпечують передавання потрібної потужності, визначаються розрахункові діаметри ведучого і веденого шківів; довжина паса; міжосьова відстань передачі; число пасів передачі; силу тиснення на вали; вартість комплекту пасів.

1. Расчет деталей машин на ЭВМ [Текст]: Учеб. Пособие для машиностр. вузов/ под ред. Д.Н. Решетова и С.А. Шувалова.- М.: Высш. шк., 1985.-368 с.

2. Применение ЭВМ в расчетах деталей машин [Текст]: Методические указания по изучению дисциплины "Детали машин" / Сост. Ю.А. Попченко, В.Д. Дудко, А.П. Полешко и др. К.: КПИ, 1987.-32 с.

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.; Кагльак О.Д., ас.

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ШАРІВ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 1,06 МКМ

Лазерне спікання функціональних композитів із НТМ інструментального призначення з заданими властивостями включає наступні фізичні процеси: взаємодію лазерного випромінювання зі складовими композиту (зернами НТМ та металевими частками порошкової суміші зв'язки), поглинання та пропускання; нагрівання зерен НТМ, тріщиноутворення, нагрівання та плавлення компонентів порошкової суміші; змочування розплавом зерен НТМ та утворення на їх поверхнях тонких металевих

плівки, дифузійні та хімічні процеси на границях зерно НТМ – плівка-зв'язка, структурно-фазові перетворення при охолодженні закристалізованого розплаву. Параметри, закономірності та особливості формування інструментальних шарів вивчалися досить широко і представлені в ряді досліджень. Однак, процес лазерного формування інструментальних шарів з заданими властивостями ще не достатньо вивчений, оскільки має свої особливості при використанні надтвердих матеріалів з функціональним покриттям. **Методика проведення досліджень.** Прямий вплив лазерного опромінення на КНБ визначався при опроміненні шліфпорошків КНБ розміщених на графітовій підложці. Для дослідження впливу $\lambda = 1,06$ мкм були обрані шліфувальні порошки різних виробників та марок. Вивчення впливу лазерного опромінення на характер структури (дисперсність, однорідність, розподіл легуючих елементів) проводилося на зразках інструментальних композитів різних систем, що відрізняються температурою плавлення й твердістю: ПГ-12Н-01 (ТУ48-19-383-90), ХТН23, ПС-12Н-ВК (ТУ48-19-383-90(0,65(ПГ-10Н-01) + 0,35(WC))), ПГ- ПН6, Бр010 (Sn-10%, інше Cu). **Результати експериментальних досліджень.** Аналіз результатів виміру міцності шліфпорошків КНБ при статичному навантаженні показав, що шліфпорошки всіх марок, при лазерному нагріванні при обробці з довжиною хвилі $\lambda = 1,06$ мкм, значно втрачають статичну міцність, що пояснюється високою поглинальною здатністю КНБ до даної довжини хвилі. Процес формування та властивості абразивних композитів дозволив зробити висновок, що враховуючі значно менші енергетичні витрати доцільно використовувати для виготовлення композитів із НТМ інструментального призначення порошки на основі міді, зокрема композити Бр010 та ПГ-19М-01. У випадку виготовлення більш зносостійкого композиту доцільно застосовувати самофлюсуючі порошки ПС-12Н-ВК, які при лазерному опроміненні утворюють в матриці інструменту тугоплавкі карбіди. На рис.1 показана область експериментально отриманих оптимальних енергетичних параметрів лазерного випромінювання при спіканні функціональних композитів із НТМ інструментального призначення з заданими властивостями. З наведених рисунків визначені оптимальні енергетичні параметри концентрованого лазерного опромінення порошків КНБ [$(0,5-1,5) \cdot 10^4$ Вт/см², час дії 0,2-0,3 с, швидкість відносного руху 0,8-2,0 м/хв.], що забезпечують температурний інтервал їх нагрівання в діапазоні 1000 – 1500°C, яке не чинить негативного термічного руйнівного впливу на зерна кубічного нітриду бору.

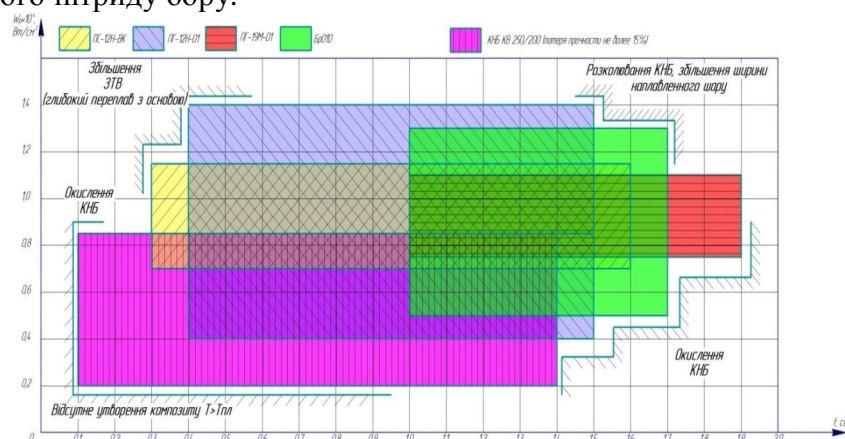


Рис.1. Область оптимальних технологічних режимів лазерного спікання композитів із НТМ з довжиною хвилі $\lambda = 1,06$ мкм.

Визначені оптимальні області технологічних параметрів лазерного випромінювання для спікання функціональних композитів із НТМ інструментального призначення дозволяють зробити наступні висновки: найбільш економічним і

перспективним з точки зору виготовлення інструментальних композитів є використання лазерного випромінювання з довжиною хвилі $\lambda=1,06$ мкм. Застосування такого лазерного випромінювання значно розширює технологічні можливості спікання. У випадку ж застосування захисних газів зона режиму лазерного випромінювання стає ще більшою за рахунок збільшення швидкості. Останнє позитивно впливає на зменшення термічного навантаження на абразивні зерна із надтвердих матеріалів.

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.; Кагляк О.Д., ас.

ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ШАРІВ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 10,6 МКМ

Основними параметрами, які визначають фізико - хімічні процеси, що протікають у поверхневому шарі при лазерному спіканні композитів із НТМ є температура нагрівання, час нагрівання і швидкість охолодження. Ці параметри знаходяться в прямій залежності від ряду факторів, пов'язаних з лазерним променем, складовими порошкової суміші та умовами реалізації технологічного процесу спікання. Кінцевою метою лазерного спікання являється забезпечення поверхневому шару композиту заданих фізико-механічних і експлуатаційних властивостей. Між фізико-хімічними процесами і експлуатаційними характеристиками існує опорядкований зв'язок через якісні характеристики сформованого поверхневого шару композиту із НТМ. Встановлення цих взаємозв'язків дозволяє проектувати технологічні процеси, які забезпечують отримання гарантованого результату, строкувати проектно-виробничі системи, які включають в себе лазерне спікання композитів із НТМ інструментального призначення. **Методика проведення досліджень.** Дослідні зразки з ущільненими і зволженими лаком порошковими композитами розміщували на сталевих (сталь 30) пластинах розмірами 80x50x6 мм і піддавали лазерному опромінюванню. Технологічні режими лазерного випромінювання: довжина хвилі 10,6мкм, щільність потужності $W_p = (0,3 - 6,37) \cdot 10^3$ Вт/см², час обробки варіювався в межах 0,15–0,45 с. **Результати експериментальних досліджень.** На рис.1 показані області визначення оптимальних енергетичних параметрів лазерного випромінювання при спіканні функціональних композитів із НТМ інструментального призначення з заданими властивостями.

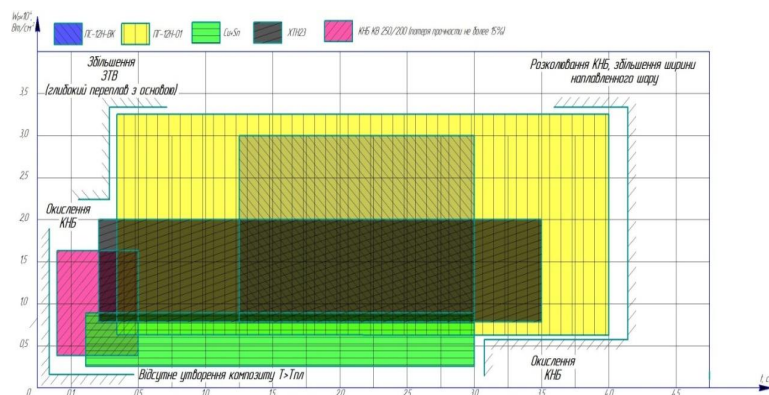


Рисунок. 1. Область оптимальних технологічних режимів лазерного спікання композитів із НТМ з довжиною хвилі $\lambda=10,6$ мкм.

Визначені оптимальні енергетичні параметри концентрованого лазерного опромінювання порошків КНБ $[(1,6-2,0) \cdot 10^3$ Вт/см², час дії 0,2-0,3 с, швидкість

відносного руху 0,8-2,0 м/хв.], що забезпечують температурний інтервал їх нагрівання в діапазоні 1000 – 1500 °С, яке не чинить негативного термічного руйнівного впливу на зерна кубічного нітриду бору. Це дозволило з принципово високою продуктивністю і низькою собівартістю процесу формувати кубонітвміщуючі композити для різноманітної номенклатури інструментів з точки зору форми, геометричних розмірів та властивостей зв'язок; створені передумови для лазерного селективного сортування та лазерного модифікування порошків КНБ. При спіканні абразивних композитів із надтвердих матеріалів (шліфувальні порошки синтетичних алмазів АС125 – АС200 зернистістю 400/315 – 500/400; шліфувальні порошки кубічного нітриду бору КВ 200/160-250/200) необхідно використовувати лазерне випромінювання як потужних СО₂ лазерів з довжиною хвилі 10,6 мкм, так і волоконних з довжиною хвилі 0,9 – 1,07 мкм, з потужністю вихідного випромінювання 1–3 кВт. Для одержання гомогенної структури інструментальних композитів із НТМ, зменшення залишкових напружень та виключення тріщиноутворення необхідно використовувати лазерні пучки з нерівномірним розподілом інтенсивності у зоні фокусування (максимум інтенсивності у фронті, зменшена – у "хвості"), проводити комбіноване лазерно-плазмове спікання в умовах ультразвукових коливань формуючої матриці. Технологічні параметри лазерного спікання: густина потужності $(1,6-2,0) \cdot 10^3$ Вт/см², час дії 0,2-0,3 с, швидкість відносного руху 0,8-2,0 м/хв. У якості зв'язуючого інструментальних композитів необхідно використовувати металеві порошки дисперсністю 40 – 60 мкм, як на основі міді (80 % Cu+20 % Sn), Бр010, ПГ-19М-01 так і на основі нікелю (ПС12НВК) у залежності від функціонального призначення інструмента, властивостей матеріалу, що обробляється. Для підвищення щільності, міцності і надійності утримання зерен НТМ у зв'язці, а також зменшення напружень, які виникають при лазерному спіканні, виключення тріщиноутворення, збереження пластичних властивостей композиту до його складу важливо і доцільно додавати активні добавки (Ni, Co), а також домішки функціонального призначення (Cu, Ti). Порошкову суміш композиту доцільно подавати плавно, без пульсацій, безпосередньо у зону дії лазерного випромінювання під кутом 45° до поверхні, що опромінюється, в слід лазерного променя, тобто в ванну розплавленого металу. Витрати порошку повинні бути дозовані і регульовані в межах 0,1 – 0,5 г/с. Не витрачений в процесі спікання порошок необхідно обов'язково видаляти із зони випромінювання.

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.; Кагляк О.Д., ас.

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 1,06 МКМ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД І МІЦНІСТЬ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ

Кубічний нітрид бору (КНБ) має високу твердість, теплостійкість, хімічну стійкість і ударну в'язкість, що обумовило його застосування при створенні абразивного інструмента. Для виготовлення інструментів на основі КНБ застосовують різні технології, з яких найбільш перспективними є методи спікання з використанням високошвидкісного нагрівання. Лазерне випромінювання в порівнянні з іншими джерелами високошвидкісного нагрівання має ряд значних переваг: воно дозволяє за рахунок високої швидкості безконтактно вводити енергію в матеріал і строго її дозувати, здійснювати в широкому діапазоні температур надшвидкісне нагрівання локальних областей матеріалів і за рахунок цього формувати високодисперсні

структури. Лазерне спікання композитів утримуючих КНБ включає кілька фізичних процесів, один із яких взаємодія лазерного випромінювання із зернами КНБ. Опромінення може ініціювати фазові перетворення КНБ (сBN) в інші фази системи В - N, змінювати субструктуру зерен, формувати окисли. У системі В - N крім сBN відомі фази hBN, rBN, wBN, B₅₀N₂, B₁₃N₂. Структура й властивості перших двох фаз подібні до графіту, твердість вюрцитного нітриду бору (wBN) нижче твердості кубічної фази, утворення двох останніх фаз малоімовірно. Отже стабільність КНБ найважливіша умова реалізації технології виготовлення абразивного інструмента методом лазерного спікання.

Методика проведення досліджень. Шліфпорошок КНБ марки KB250/200 розміщався на графітовій підкладці й оброблявся шляхом прямого опромінення за методикою описаною в на лазерному технологічному комплексі на базі Nd:YAG - лазера "DY044". Режими обробки: потужність випромінювання варіювалася в діапазоні 300...800Вт, швидкість обробки складала 0,1...1,0 м/хв., діаметр променя на поверхні зразка d0=3мм, захисне середовище аргон з витратами 7л/хв.

Результати експериментальних досліджень. Рентгеноструктурні дослідження проводилися на дифрактометрі ДРОН-4 у фільтрованому CoK α випромінюванні. Реєстрація дифрактограм здійснювалася в режимі дискретного сканування із кроком 0,05⁰ і експозицією в кожній точці тривалістю 3 сек. Визначення показника статичної міцності об'єктів проводили за стандартною методикою на приладі марки ДА – 2. На рис.1 представлена дифрактограма шліфпорошку марки KB250/200 обробленого при зазначених значеннях технологічних режимів лазерного випромінювання. Рентгеновський дифракційний спектр фази сBN містить 6 ліній з яких на дифрактограмах, як правило, фіксуються два найбільш інтенсивні відбиття з інтерференційними індексами 111 і 220. Перший максимум з відносною інтенсивністю 100% відповідають атомним площинам з міжплощинною відстанню d=2,087Å на дифрактограмах зафіксований під кутом 2 θ =43,36⁰. Його інтенсивність визначається кількістю кубічної фази в порошку.

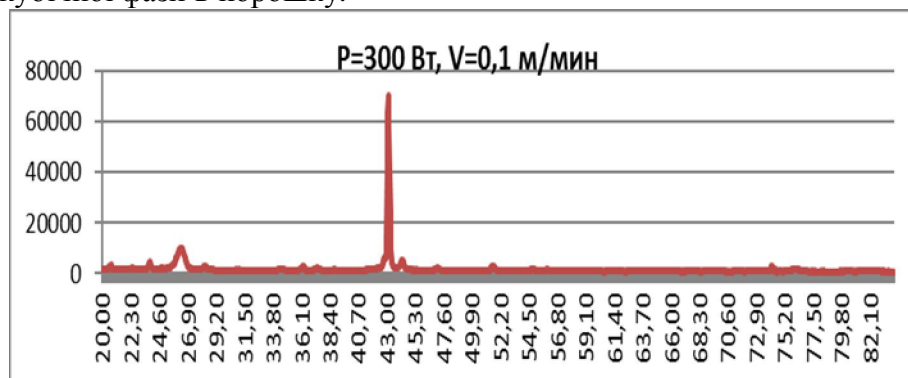


Рис. 1. Дифрактограма порошку марки KB250/200 обробленого лазерним випромінюванням

До складу досліджуваних порошоків входив графіт, що слугував у якості підкладки при обробці й частина максимумів, зокрема, перші два належать цій фазі. Зіставляючи інтенсивності зазначеного відбиття у вихідному й обробленому порошках можна зробити наступні висновки. Обробка при P=300Вт не змінює кількість сBN у порошку. Причому при V=0,1 м/хв не фіксується відбиття під кутом 2 θ =42,44⁰ приналежне вюрцитній фазі BN і збільшується інтенсивність графітоподібної фази. Отже опроміненні при зазначеному режимі приводить до ініціювання фазового перетворення wBN→hBN. Аналогічне фазове перетворення протікає й при P=500Вт,

але при високій швидкості обробки. Причина вибіркості впливу лазерного випромінювання на кубічну й вюрцитну фази нітриду бору в різних коефіцієнтах поглинання випромінювання цими фазами, що побічно підтверджується їхнім різним кольором.

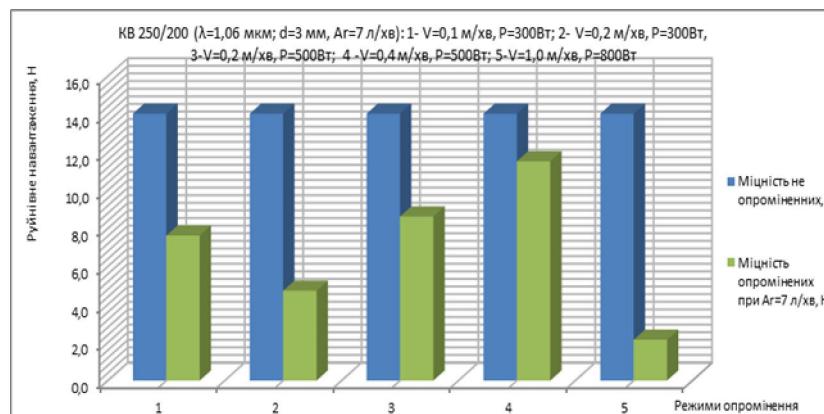


Рис. 2. Руйнівні напруження опроміненого КНБ марки KB250/200.

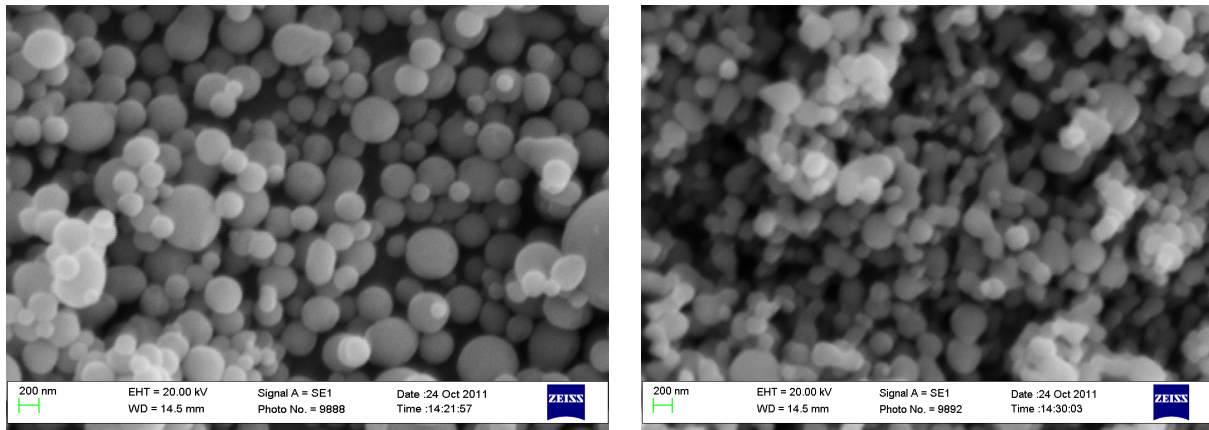
Зменшення швидкості обробки (отже збільшення часу опромінення) при P=500Вт або збільшення потужності випромінювання до P=800Вт приводить до практично повного зникнення КНБ. Результати фазового аналізу повністю корелюють із вимірами руйнівних напружень у тих же об'єктах (рис. 2).

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАНОДИСПЕРСНИХ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ

З метою встановлення впливу нанодисперсних металевих порошків, отриманих плазмохімічним способом, на фізико-механічні, триботехнічні і експлуатаційні властивості функціональних композитів із НТМ інструментального призначення були проведені три серії експериментів. Об'єктом дослідження були призматичні зразки з розмірами 5x5x40 мм. Відносна концентрація алмазів марки AC100 400/315 прийнята 100. Твердість (HRB₁₀₀) композитів із НТМ вимірювали на твердомірі Роквелла мод. NRA – 2 Микротех[®] за допомогою сталеві кульки діаметром 1,588 мм±0,001 мм (1/16") при сумарному навантаженні 100 кгс (шкала В). Поточна перевірка прибору проводилася шляхом вимірювання твердості зразкових мір (еталонів твердості). За середнє значення твердості кожної точки на зразку, що досліджувався, приймали результат середнього значення твердості десяти вимірів по двом боковим поверхням (по п'ять відбитків з кожної сторони). При цьому відстань від центру двох сусідніх відбитків прийнято рівним 3d (де d – діаметр кульки). В першій серії експериментів встановлювали вплив наночастинок порошку олова (рис.1,а) на твердість композиту системи Cu-Sn-алмаз. Для визначення оптимального складу вміст наночастинок порошку олова в системі Cu-Sn-алмаз варювався від 0 до 10 % (по масі): 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %.



а) б)
Рисунок.1 Електронне зображення плазмохімічного металевого порошку:
а – олова; б – міді.

В другій серії експериментів встановлювали вплив наночастинок порошків міді (рис. 1, б) на твердість термоспеченого композиту системи Cu-Sn-алмаз. Склад наночастинок порошків міді в зв'язці системи Cu-Sn-алмаз, як і в першій серії дослідів, варіювався від 0 до 10 %: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %. В третій серії експериментів встановлювали сумісний вплив наночастинок порошків олова і міді на твердість композитів системи Cu-Sn-алмаз. Вміст наночастинок порошків олова і міді у зв'язці системи Cu-Sn-алмаз, як і в попередніх експериментах варіювався від 0 до 10 % : 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %.

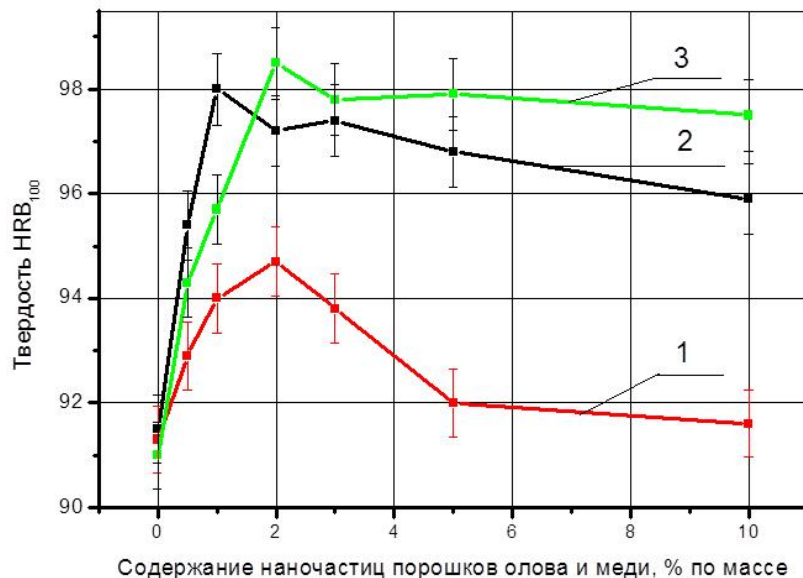


Рис. 2. Вплив наночастинок порошків міді (1), олова (2) та їх сумісний вплив (3) на твердість композиту системи Cu-Sn-алмаз

На рис. 2 показано вплив, як роздільно, наночастинок порошків міді (крива 1) і олова (крива 2), так і їх сумісного впливу (крива 3) на твердість композитів. Встановлено, що із збільшенням вмісту наночастинок порошків олова до 1,0 % (по масі) твердість зростає з $91,5 \pm 2,0$ до $98,0 \pm 2,0$ HRB₁₀₀, а потім залишається практично постійною із слабо вираженою тенденцією до зниження. Вплив наночастинок порошків міді на твердість композитів є незначним. Так, із збільшенням вмісту наночастинок порошків міді до 2,0 % (по масі) твердість збільшується з $91,3 \pm 2,0$ до $94,0 \pm 2,0$ HRB₁₀₀, а потім знижується практично до вихідної твердості. Зазначимо, що вплив вмісту наночастинок порошків міді дещо відрізняється від впливу вмісту наночастинок порошків

олова: екстримум впливу зрушується в сторону збільшення (2 % по масі) з меншою інтенсивністю зростання твердості композитів. Сумісний вплив наночастинок порошків олова і міді мають ту саму закономірність, що і при роздільному впливі нанопорошків олова і міді. Екстримум твердості $98,5 \pm 2,0$ HRB₁₀₀ спостерігається при 2% - му (по масі) вмісту у навісці шихти наночастинок олова і міді. Подальше збільшення сумісного вмісту наночастинок порошків олова і міді не впливають на твердість композитів.

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАНОДИСПЕРСНИХ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ

З метою встановлення впливу нанодисперсних металевих порошків, отриманих плазмохімічним способом, на фізико-механічні, триботехнічні і експлуатаційні властивості функціональних композитів із НТМ інструментального призначення були проведені три серії експериментів. Об'єктом дослідження були призматичні зразки з розмірами 5x5x40 мм. Відносна концентрація алмазів марки АС100 400/315 прийнята 100. Твердість (HRB₁₀₀) композитів із НТМ вимірювали на твердомірі Роквелла мод. HRA – 2 Микротех[®] за допомогою сталеві кульки діаметром 1,588 мм \pm 0,001 мм (1/16") при сумарному навантаженні 100 кгс (шкала В). Поточна перевірка прибору проводилася шляхом вимірювання твердості зразкових мір (еталонів твердості). За середнє значення твердості кожної точки на зразку, що досліджувався, приймали результат середнього значення твердості десяти вимірів по двом боковим поверхням (по п'ять відбитків з кожної сторони). При цьому відстань від центру двох сусідніх відбитків прийнято рівним 3d (де d – діаметр кульки). В першій серії експериментів встановлювали вплив наночастинок порошку олова (рис.1,а) на твердість композиту системи Cu-Sn-алмаз. Для визначення оптимального складу вміст наночастинок порошку олова в системі Cu-Sn-алмаз варіювався від 0 до 10 % (по масі): 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %.

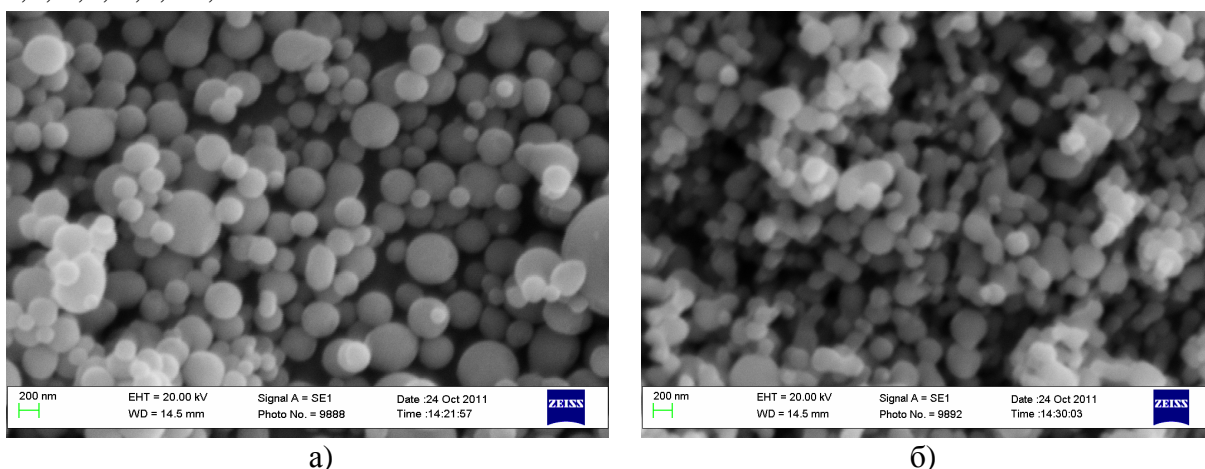


Рисунок.1 Електронне зображення плазмохімічного металевих порошків: а – олова; б – міді.

В другій серії експериментів встановлювали вплив наночастинок порошків міді (рис. 1, б) на твердість термоспеченого композиту системи Cu-Sn-алмаз. Склад наночастинок порошків міді в зв'язці системи Cu-Sn-алмаз, як і в першій серії дослідів, варіювався від 0 до 10 %: 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %. В третій серії експериментів встановлювали сумісний вплив наночастинок порошків олова і міді на твердість композитів системи Cu-Sn-алмаз. Вміст наночастинок порошків олова і міді у зв'язці системи Cu-Sn-алмаз, як і в попередніх експериментах варіювався від 0 до 10 % : 0; 0,5; 1,0; 2,0; 3,0; 5,0; 10,0 %.

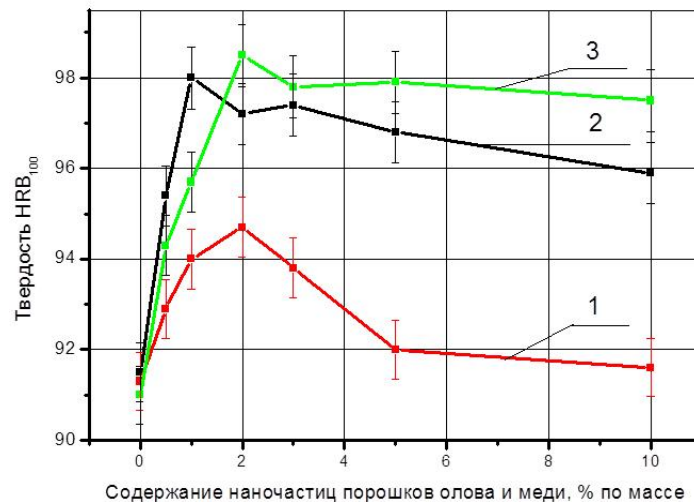


Рис. 2. Вплив наночастинок порошків міді (1), олова (2) та їх сумісного впливу (3) на твердість композиту системи Cu-Sn-алмаз

На рис. 2 показано вплив, як роздільно, наночастинок порошків міді (крива 1) і олова (крива 2), так і їх сумісного впливу (крива 3) на твердість композитів. Встановлено, що із збільшенням вмісту наночастинок порошків олова до 1,0% (по масі) твердість зростає з $91,5 \pm 2,0$ до $98,0 \pm 2,0$ HRB₁₀₀, а потім залишається практично постійною із слабо вираженою тенденцією до зниження. Вплив наночастинок порошків міді на твердість композитів є незначним. Так, із збільшенням вмісту наночастинок порошків міді до 2,0% (по масі) твердість збільшується з $91,3 \pm 2,0$ до $94,0 \pm 2,0$ HRB₁₀₀, а потім знижується практично до вихідної твердості. Зазначимо, що вплив вмісту наночастинок порошків міді дещо відрізняється від впливу вмісту наночастинок порошків олова: екстремум впливу зрушується в сторону збільшення (2% по масі) з меншою інтенсивністю зростання твердості композитів. Сумісний вплив наночастинок порошків олова і міді мають ту саму закономірність, що і при роздільному впливі нанопорошків олова і міді. Екстремум твердості $98,5 \pm 2,0$ HRB₁₀₀ спостерігається при 2% - му (по масі) вмісту у навісці шихти наночастинок олова і міді. Подальше збільшення сумісного вмісту наночастинок порошків олова і міді не впливають на твердість композитів.

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ ЗЕРЕН НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ

Лазерне випромінювання з довжиною хвилі $\lambda = 10,6$ мкм практично не поглинається синтетичними алмазами і добре поглинається зернами КНБ (поглинальна здатність становить приблизно 60 – 80 %). На відміну від нагрівання зерен СА, яке

відбувається виключно внаслідок контакту з розплавом зв'язки, при спіканні композитів із КНБ нагрівання зерен відбувається за рахунок прямого сильного поглинання енергії лазерного випромінювання та частково внаслідок контакту з розплавом зв'язки. Така особливість процесу взаємодії зерен КНБ з лазерним випромінюванням обумовлює корегування технологічного процесу спікання. Для підвищення ефективності використання КНБ при лазерному спіканні композитів з метою збільшення відбиття енергії лазерного нагрівання запропоновано спосіб захисту зерен шліфпорошків КНБ від термічного впливу лазерного нагрівання (патент на корисну модель № 63067). Поставлена задача вирішується тим, що на абразивні зерна із НТМ наноситься покриття, що включає багатошарове покриття абразивних зерен (алмазів або кубічного нітриду бору) і подальше їх спікання. Для підвищення відбивної здатності і надійності утримання абразивних часток з покриттям у зв'язці за рахунок утворення між ними металургійного зв'язку новим є те, що спікання здійснюють при швидкісному та локальному нагріванні за допомогою висококонцентрованого теплового джерела, а внутрішній (буферний) шар покриття, виконують з матеріалу, що має низький коефіцієнт теплопровідності і високий коефіцієнт відбиття теплового потоку. На рис.1 показана схема покриття абразивного зерна (3) із НТМ, яка включає внутрішній (буферний) шар (2) і зовнішній шар (1) покриття. Спосіб, який пропонується, виконується наступним чином. Металургійний зв'язок покриття з матеріалом зв'язки можливо забезпечити тільки при їх одночасному плавленні, оскільки вони мають різні критичні температури переходу у рідкий стан. При відомому способі одночасне плавлення здійснюється при тривалому об'ємному нагріванні, але це призводить до часткової втрати статичної міцності чи повної термічної руйнації абразивних зерен в наслідок графітизації та окислення.

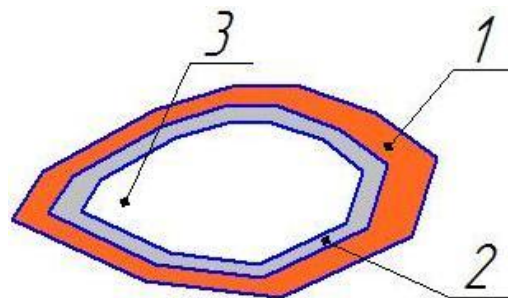


Рис. 1. Схема зерна з функціональним захисним покриттям

В розробленому способі одночасне плавлення здійснюється при швидкому і локальному нагріванні висококонцентрованим тепловим джерелом, лазерним променем. Оскільки покриття здатні утворювати тверді розчини з матеріалом зв'язки, то в процесі їх одночасного локального та швидкого плавлення між ними утворюється металургійний зв'язок. Для обмеження доступу накопиченої теплової енергії до абразивних зерен і захисту їх від руйнації внутрішній (буферний) шар покриття виконується з матеріалу, який має низький коефіцієнт теплопровідності і високий коефіцієнт відбиття теплового потоку. Використання запропонованого способу дозволяє збільшити теплову стійкість абразивних зерен із НТМ і розширити таким чином спектр використовуваних інструментальних композитів, збільшити можливості використання лазерного спікання для виготовлення композитів із НТМ. Відомо, що одним із ефективних методів підвищення зносостійкості та продуктивності абразивного інструменту із НТМ являється металізація надтвердих матеріалів, доцільність якої доведена вітчизняною та закордонною практикою. Використання металізованих абразивних зерен шліфпорошків НТМ забезпечує отримання в інструменті поєднання

певних експлуатаційних і технологічних параметрів, що обумовлює зниження теплонапруження в процесі механообробки; створення міцної оболонки на зернах, яка захищає їх від руйнування; зміцнення зв'язку зерен зі зв'язкою за допомогою створення міжфазного шару між зерном і покриттям; підвищення питомої поверхні зерен і їх міцності закріплення в зв'язці; збільшення міцності і термостійкості абразивних зерен та покращення їх самозаточування. Все це у сукупності забезпечує високу працездатність металізованих НТМ. Для визначення впливу модифікації поверхні зерен методом металізації надтвердих матеріалів на фізико-механічні властивості композитів була проведена серія дослідів з використанням металізованих алмазних і кубонітових порошоків нікелем, виготовлених гальванічним методом (покриття марки Н1Д), що забезпечує ступінь металізації порошоків НТМ долею покриття 150% за масою. Ступінь металізації порошоків НТМ визначається відношенням маси покриття до маси не металізованого порошку НТМ. Доведено, що вплив лазерного випромінювання на спікання порошоків НТМ з модифікованою поверхнею зерен кубічного нітриду бору на фізико-механічні властивості композитів на основі міді (80 % Cu+20 % Sn) та заліза (ХТН). Показано підвищення щільності, міцності і надійності утримання зерен НТМ у зв'язці, а також зменшення напружень, які виникають при лазерному спіканні композиту із кубічного нітриду бору марок КВ і КР зернистістю 200/160 – 250/200 за рахунок металізації нікелем гальванічним методом (покриття марки Н1Д) порошоків кубічного нітриду бору з долею покриття 60 та 150 % за масою. Головна функція тонкого металевого прошарку – забезпечення повної релаксації внутрішніх напружень, що виникають у покритті, як при охолодженні після їх одержання, так і внутрішніх напружень, що утворюються при проведенні експлуатаційних навантажень.

УДК 621.762

Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.

ОЦІНКА ВПЛИВУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОБАВОК НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ

Для встановлення впливу функціональних добавок визначали вплив кобальту, графіту, дисульфиду молібдену, як твердих мастил, на експлуатаційні властивості композитів із НТМ. Дослідження виконані на експериментальних зразках шліфувальних кругів форми 12А2-45 125x5x3-АС15 80/63 – 50 % на металевій зв'язці марки М2-01, яка прийнята як базовий варіант. Випробування проводили на технологічному стенді на базі універсально – заточувального верстату мод. 3В642. Технологічні режими обробки: $v_{кр} = 20$ м/с, $S_{п} = 2$ м/хв., $S_{поп} = 0,05$ мм/пдв.х. з використанням мастильно-охолоджуючого технологічного середовища. Вміст функціональних добавок змінювали від 0 до 10 % (за масою).

Результати проведених досліджень кругів на металевих зв'язках представлено в табл. 1. Зменшення зовнішнього тертя та покращення показників ефективності під час роботи інструменту досягається завдяки структурній будові функціональних наповнювачів, яка забезпечує ковзання шарів один відносно одного. При цьому навантаження в зоні механообробки зменшується на 10 - 15%. Аналізуючи вплив функціональних наповнювачів в металевій зв'язці бачимо, що при збільшенні вмісту функціональної добавки можна виділити інтервал концентрації, в якому зв'язка може мати найбільш оптимальний за своєю функціональністю склад з найменшими витратами НТМ, що забезпечує мінімальну шорсткість обробленої поверхні. Так, для дисульфиду молібдену його оптимальний вміст складає 5 -7% (за масою). Використання в якості добавки графіту оптимально при концентрації 5% (за масою).

Таблиця 1

Вплив функціональних добавок на твердість і працездатність шліфувальних кругів форми 12A2-45° 125x5x3 AC15 80/63 – 50 % на металевій зв'язці марки M2-01

Функціональний наповнювач		Твердість кругів HRB ₁₀₀	Відносні витрати НТМ, мг/г	Параметр шорсткості, Ra, мкм	Оброблювальний матеріал
Наповнювач	%, за масою				
1	2	3	4	5	6
MoS ₂	0	97±2	1,4±0,05	0,31±0,02	Твердий сплав марки T15K6
	2	96±2	1,15±0,05	0,32±0,02	
	5	95±2	0,38±0,05	0,29±0,02	
	7	96±2	1,20±0,05	0,30±0,02	
	10	93±2	1,51±0,05	0,33±0,02	
MoS ₂	0	97±2	1,40 0,05	0,34±0,02	Інструментальна сталь марки P18
	5	95±2	1,87±0,05	0,30±0,02	
	7	90±2	0,85±0,05	0,22±0,02	
	10	91±2	1,04±0,05	0,25±0,02	
Графіт	0	99±2	1,57±0,05	0,32±0,02	Твердий сплав марки T15K6
	5	76±2	0,70±0,05	0,16±0,02	
	7	80±2	1,23±0,05	0,27±0,02	

Проведено дослідження впливу функціональної добавки кобальту у взаємозв'язку з нанопорошками на експлуатаційні властивості композиту системи Cu – Cu_{нано}-Sn-Sn_{нано}-Co-AC. Показниками експлуатаційних властивостей були інтенсивність зношування досліджуваних композитів і твердість зразків розмірами 5x5x40 мм. Застосовувалося термічне спікання при максимальній температурі 750 °C. Результати досліджень представлені в табл.2. Встановлено, що величина інтенсивності зношування має максимальне значення для композиту (зразок 4), який містить 13 % Досліджувані три функціональні добавки дозволяють в 2 - 5 разів зменшити інтенсивність зношування розроблених композитів із НТМ. Що до отриманих результатів по твердості композитів, то вони підтверджуються на двох режимах навантаження при випробуванням по відомій методиці на машині тертя. Отримані експериментальні результати впливу функціональних добавок, у тому числі нанопорошків міді і олова, а також кобальту і дисульфиду молібдену, дозволяють ефективно визначати експлуатаційні властивості композитів із НТМ інструментального призначення.

Таблиця 2

Показники інтенсивності зношування композитів системи Cu – Cu_{нано} – Sn – Sn_{нано} - Co – AC кругом 6AT 150x20x3 –AC20 125/100 – MX5-2-100

Серія випробувань	Номер зразків	Режим навантаження	Перері з зразків, мм ²	Час зношування, год.	Лінійний знос, мм	Інтенсивність зношування, мм ³ /год.	Твердість зразків, HRB	Коефіцієнт інтенсивності зношування, K _{ii}
I	1	Режим 1 -5	28,7	3	0,1	0,96	90	1
	2		28,9	4	0,08	0,58	89	0,6
	3		28,62	3	0,06	0,57	95	0,6
	4		28,9	3	0,05	0,48	102	0,5
	5		29,15	5	0,08	0,46	100	0,49

	6		28,35	3	0,07	0,68	99	0,71
II	1	Режим 2	28,7	3	2,16	0,72	90	1
	2	-10	28,9	3	1,08	0,36	89	0,5
	3		29,15	3	0,99	0,33	100	0,46
	4		28,9	3	0,42	0,14	102	0,19

Для інструментальних композитів необхідно використовувати металеві порошки дисперсністю 40 – 60 мкм на основі міді (80 % Cu+20 % Sn), нікелю ПС-12Н-ВК та заліза (ХТН) у залежності від функціонального призначення інструменту, властивостей матеріалу, що обробляється. Для підвищення щільності, міцності і надійності утримання зерен НТМ у зв'язці, а також зменшення напружень, які виникають при лазерному спіканні, виключення тріщиноутворення, збереження пластичних властивостей композиту до його складу важливо і доцільно додавати активні добавки (Ni, Co), а також домішки (Cu, Ti) функціонального призначення.

УДК 621.9

Редько А.С., студ.; Коваленко В.С., д.т.н., проф.

ОЦІНКА СТРУКТУРИ ПОВЕРХНІ НА МІКРО-ТА НАНОРІВНІ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

Бурхливий розвиток лазерів з ультракороткими імпульсами відкриває нові застосування і можливості для обробки матеріалів на відміну від використання традиційних лазерів [1-4]. В даний час технології обробки матеріалів лазерними імпульсами широко використовуються в світі для виробництва і створення складних 2-х і 3-х мірних мікро-та наноструктур в металах, напівпровідниках, прозорих матеріалах, полімерах і інші. Лазерні технології для отримання мікро-та наноструктур на поверхні металів і сплавів важливі для різних застосувань: при виробництві приладів оптико-інаноелектроніки, в технологіях зберігання інформації, в методиках по управлінню механічними і оптичними властивостями твердих тіл, в біомедичних застосуваннях, а також для наукових досліджень (фотонні кристали, плазмові пристрої та т.д.).

У зв'язку з мініютаризацією виробів стає більш актуальним вивчення структури поверхні матеріалу на мікро- та нанорівні. Тому в даній роботі розглядається новий синтетичний коефіцієнт [5], визначений як середнє геометричне число компонентів згідно формули:

$$W_s = \left(\prod_{i=1}^n w_i \right)^{1/n} \quad (1)$$

Коефіцієнт складається з чотирьох елементів від w_1 до w_4 .

$$w_1 = \frac{\text{mean radius of islands}}{\text{mean distance between islands}} = \frac{SPW}{SOW}$$

$$w_2 = \frac{\text{mean radius of field of the flat summit}}{\text{mean distance between flat fields}} = \frac{SPPWP}{SOPP}$$

$$w_3 = \frac{\text{arithmetical mean height of the surface}}{\text{maximum height of the surface}} = \frac{Sa}{Sz}$$

$$w_4 = \frac{\text{mean distance between summits}}{\text{maximum distance between summits}} = \frac{Lwrs}{Lw \max}$$

Методологія для обчислення цих компонентів, часткових коефіцієнтів та додаткових параметрів наступна:

- У першому кроці всі параметри поверхні повинні бути визначені.
- У наступному кроці на певному рівні h буде виконано зріз вхідної поверхні, щоб ідентифікувати залишені ділянки як наступні найвищі точки.
- Верхня частина поверхні, створена в результаті зрізу, повинна бути переведена в бінарне зображення. Це здійснюється для того щоб знайти зони, які ідентифікують наступні вищі точки, а потім серед відібраних зон потрібно розшукати такі ділянки, які можуть бути кваліфіковані як плоскі.

Обчислення часткових коефіцієнтів було розпочато з визначення декількох додаткових параметрів, від яких залежить:

- Lwh - число ділянок на висоті h ,
- $Pwih$ - область ділянок на висоті h ,
- Lsh - число плоских ділянок (для прийнятих критеріїв),
- $Psih$ - область плоских ділянок,
- Lwi - середня відстань між ділянками.

Використовуючи вищезазначені додаткові параметри було запропоновано дві залежності:

a) число плоских вищих точок по відношенню до всіхвищих точок на даному рівні - U_1' (2),

b) сума областей ділянок, визначених як плоска по відношенню до суми всіх продуманих областей - U_1'' (3).

$$U_1' = \frac{Lsh}{Lwh} \quad (2)$$

$$U_1'' = \frac{\sum Psih}{\sum Pwih} \quad (3)$$

Наступні параметри визначалися відповідним чином, тому перший частковий коефіцієнт обчислений - це відношення середнього радіуса ділянок до середньої відстані між ними, описаний залежністю (4).

$$w_1 = \frac{Rw}{Lws} \quad (4)$$

Якщо детальніше продовжувати аналіз вищезгаданих ділянок, то потрібно визначити які саме ділянки були плоскими вищими точками. Після цього наступні параметри будуть обчислені: область плоскихвищих точок $Psih$, їхній середній радіус Rws і відстань між ними Lws .

Саме ці параметри допомагають визначити другий частковий коефіцієнт, який обчислюється як відношенню середнього значення радіуса плоскої вищої точки Rws до середній відстані між цими вищими точками Lws (6).

$$w_2 = \frac{Rws}{Lws} \quad (6)$$

Наступний частковий коефіцієнт-відношення двох відомих поверхневих параметрів амплітуди: Sa і Sz (7).

$$w_3 = \frac{Sa}{Sz} \quad (7)$$

Останній частковий коефіцієнт - відношення середньої відстані між зустрічами на вищому рівні і максимальної відстані (8)

$$w_4 = \frac{Lw_i}{Lw_{\max}} \quad (8)$$

Обчисливши всі часткові коефіцієнти синтетично, безрозмірний коефіцієнт був визначений на основі раніше встановленого відносини (1)

Розглянутий в даній роботі аналіз поверхні полягав в тому, щоб розвинути методологію оцінки поверхні на мікро- та нанорівні, яка характеризувалася малим або дуже малим значенням шорсткості (коли нормалізовані параметри часто не відображають характер поверхні) і покрита плоскими або плоскоподібними областями. Література:

1. V.S.Kovalenko, «microprofile measurements of flow holes», Измерительная техника, Москва, 1972, №1, ПП15.

2. I.N.Zavestovskaya, P.G. Eliseev, O.N. Krokhin “Nonlinear absorption mechanisms in ablation of transparent materials by high-intensity and ultrashort laser pulses”, Applied Surface Science, 248(2005), 313-315.

3. I.N.Zavestovskaya, P.G. Eliseev, O.N. Krokhin, N. A. Men'kova “Analysis of the nonlinear absorption mechanisms in ablation of transparent materials by high-intensity and ultrashort laser pulses”, Appl. Phys. A (2008) 92: 903-906.

4. И.Н. Завестовская, А.П. Канавин, Н.А. Менькова «Кристаллизация металлов в условиях сверхбыстрого охлаждения при обработке материалов ультракороткими лазерными импульсами», «Оптический журнал», том 75, №6 (2008), с. 13-19.

«Evaluation of the surface topography after precision machining», Journal of Machine Engineering, in print (2013).

УДК 621.375.826:621

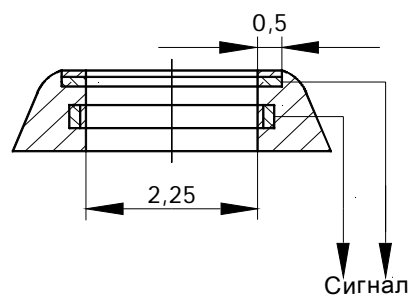
Йовженко Ю. Д., студ.; Романенко В.В., к.т.н., доц.

АВТОМАТИЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ГАЗОЛАЗЕРНОЇ РІЗКИ МЕТАЛІВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИСОКОЇ ЙОГО ЯКОСТІ

Вивчення мікрорельєфу поверхні різів, виконаних при газолазерній різці, його конфігурації в подовжньому і поперечному перетинах дозволяє детально прослідкувати динаміку протікання процесу і виробити основні положення управління якістю даної обробки. При даному виді обробки на поверхні різів характерна наявність порівняно рівномірно розташованих борозен. Можна виділити три основні зони на їх поверхні, що відрізняються одна від одної різним нахилом борозен по відношенню до напрямку різки і шорсткістю. Наявність зони поблизу верхньої кромки характеризує руйнування, що періодично протікає від верхньої кромки углиб металу. Деякий нахил борозен у напрямі обробки пояснюється переміщенням передньої частини лазерного променя із швидкістю подачі в межах ширини утвореної біля верхньої кромки чергової борозни з одночасним її поглибленням всередину металу із швидкістю переміщення кордону руйнування. Розташована нижче найбільш протяжна зона формується за рахунок руйнування, що безперервно відбувається, і формується унаслідок періодичного видалення продуктів руйнування струменем робочого газу.

Незначний нахил борозен цієї зони в напрямі, протилежному до напрямку різки, визначається нахилом поверхні безперервного руйнування. Для цих двох зон характерна оптимальна якість поверхні різку, визначається порівняно низькою

шорсткістю і шириною різку. При завищених швидкостях різки для заданої товщини заготовки на поверхні різку, поблизу нижньої кромки, утворюється додаткова зона низької якості (з високою шорсткістю поверхні і збільшеною шириною різку), що вказує на протікання процесу різки без участі лазерної енергії, а лише за рахунок екзотермічної реакції горіння металу в струмені кисню. При цьому швидкість прорізання металу значно знижується (про що говорить різкий нахил борозен в напрямі, зворотному напрямку різки). Появи такої зони на поверхні різку слід уникати, щоб не знижувати якість отриманих різків. Отже, для отримання високої якості кромки різків при газолазерній різці металів необхідно утримувати швидкість обробки в певних межах для заданої товщини заготовки і параметрів лазерного опромінення. Перебіг процесу різки при цьому дуже критичний до будь-яких коливань як параметрів обробки, так і характеристик заготовки. Тому розробка автоматизованого пристрою, що дозволяє забезпечити необхідну якість різку при максимальній продуктивності при різці заготовок складного контуру є актуальною проблемою. Авторами запропонована автоматизована установка для газолазерної різки матеріалів, що містить знизу розрізуваної заготовки, безпосередньо під різком, датчики тиску, які, в свою чергу, розміщуються на масивному корпусі тороїдальної форми. Тороїдальний корпус розташований співвісно з лазерним променем та струменем робочого газу, тобто співвісно лазерному різачу. При цьому перший датчик встановлюється на внутрішній циліндричній поверхні корпусу (бажано як можна ближче до верхньої його кромки), а другий датчик – на верхній поверхні корпусу, з самого внутрішнього краю. Зміна напрямку різки не позначається на спрацьовуванні датчиків, оскільки вони розташовані суцільно по всьому периметру тороїдального корпусу. Виходи кожного з датчиків через блок аналогово-цифрових перетворювачів підключені до вхідного інтерфейсу комп'ютера, що управляє роботою лазерного комплексу. В нашому випадку комп'ютер забезпечує в процесі обробки в автоматичному режимі регулювання швидкості різки через свій вихідний інтерфейс і привід робочого столу. Програмне забезпечення комп'ютера дозволяє, крім цього, в режимі настроювання встановлювати оптимальні режими різки для певного матеріалу, певної товщини з урахуванням і інших параметрів, що впливають на протікання процесу різки.



Особливості роботи пристрою полягають в наступному. При різці на оптимальних швидкостях струмінь відпрацьованого газу, що виходить з порожнини різку, постійно потрапляє на внутрішню циліндричну поверхню тороїдального корпусу, а, отже, на перший із датчиків тиску. При цьому включений стан цього датчика сигналізує комп'ютеру про оптимальні умови протікання процесу різки. Якщо ж швидкість різки змінюється і стає меншою оптимальної, то струмінь газу, що виходить з порожнини різку, відхиляється від вихідного положення і переміщується у напрямі осі лазерного різача. Струмінь перестає потрапляти на зазначений датчик тиску, і останній спрацьовує на відключення. Комп'ютер отримує інформацію про відхилення швидкості різки від оптимальної і плавно збільшує швидкість обробки, що веде, як результат, до відхилення струменя газу в напрямі від осі різача і її попаданню знову на перший

датчик. Цей датчик включається, а комп'ютер стабілізує швидкість різки. При перевищенні ж оптимальної величини швидкості різки струмінь газу відхиляється в напрямі від осі лазерного різачка. При цьому струмінь потрапляє і на другий датчик тиску, і він спрацьовує. Включення другого датчика (при включеному першому датчику також) забезпечує (за допомогою комп'ютера) плавне зниження швидкості різки до досягнення оптимального значення. Процес різки знову стабілізується на оптимальній швидкості. При цьому перший датчик тиску знаходиться у включеному стані, а другий датчик – відключений.

УДК 621.9.048.

Лашта А.В., магістр; Джемелінський В.В., к.т.н., проф.

КОМБІНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МАЛОРОЗМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ

Якісна обробка деталей кардіостимуляторів для лікування серцево-судинних захворювань повинні забезпечувати надійність та довговічність роботи медичного приладу. Виходячи із малих розмірів та підвищених вимог до якості поверхневого шару як внутрішніх так і зовнішніх поверхонь, виникають труднощі, які пов'язані з видаленням задирок в отворах малих діаметрів (0,3...0,6 мм) та товщиною стінки 0,2...0,4 мм після механічної обробки на металорізальних верстатах з числовим програмним керуванням та наступною більш ефективною оздоблювальною поверхневою обробкою. В даний час для обробки важко оброблюваних сплавів використовуються різні методи: електроерозійна обробка, гідро-абразивна, електрохімічна обробка, плазмова обробка та інш. Але всі вони мають ряд недоліків. Крім того, в літературі практично відсутні комбіновані методи отримання отворів малих розмірів та оздоблювально-зміцнювальної обробки внутрішньої і зовнішньої поверхні малorozмірних деталей. Нами запропонований метод лазерного профілювання та наступної без абразивної оздоблювально-зміцнювальної обробки деталей. Для експериментальних досліджень були використані такі малоозмірні деталі які входять в основу кардіостимуляторів, з матеріалу Х18Н9Т (Рис. 1).

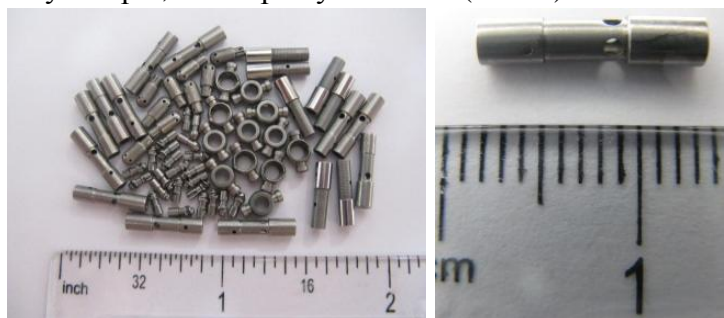


Рис.1. Малorozмірні деталі медичного призначення.

Для обробки отворів малих діаметрів запропоновано використати експериментальний стенд (Рис. 2) з лазером. Активним елементом лазерної установки являється випромінювач на алюмо-іттрієвому гранаті, який працює у режимі з модульованою добротністю, потужністю в одномодовому режимі генерації до 40 Вт.

Основними параметрами лазера, які визначають якість мікрообробки можна вважати:

- Потужність випромінювання лазера: $P_{\text{пор.імп}} = q_i S$ де q_i -густина потужності імпульсного лазера, S - площа лазерної плями в фокусі лінзи.
- Тривалість імпульсу: τ при лазерній мікрообробці матеріалів бажано використовувати лазери з більш короткою тривалістю імпульсу τ .
- Довжина хвилі і кутова розбіжність лазерного випромінювання. Для ефективного впливу довжина хвилі лазера повинна лежати в спектральній області, де оброблюваний матеріал має великий коефіцієнт поглинання.
- Частота повторення імпульсів f - впливає на продуктивність роботи лазера - чим вище частота, тим вище швидкість обробки матеріалу.

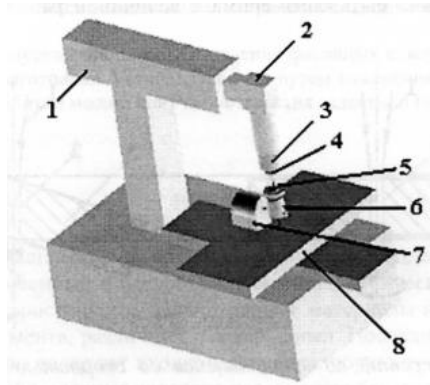


Рис. 2 Схема експериментального стану.

Основним методом підвищення точності і якості лазерної розмірної обробки є багато імпульсна обробка матеріалів (БІО). Сутність БІО полягає в тому, що отвори формуються за серію імпульсів випромінювання лазера певної енергії і тривалості, послідовно доводять розміри отворів до необхідних. При багато-імпульсній обробці отвір росте в глибину поступово за рахунок пошарового випаровування матеріалу кожним імпульсом. Остаточна глибина отвору в цьому випадку визначається сумарною енергією серії імпульсів, а його діаметр - усередненими параметрами окремого імпульсу випромінювання в серії. Товщина знімається кожним імпульсом шару може бути достатньо малою, тому при обробці порівняно глибоких отворів ($h > 1$ мм) процеси витікання і перерозподілу рідкої фази в меншій мірі впливають на форму отворів, ніж у разі отримання отворів одним імпульсом. Оздоблювально-зміцнювальна обробка внутрішніх та зовнішніх поверхонь здійснювалась за рахунок комбінованої дії низькочастотних коливань та змінного магнітного поля з використанням пристрою, зображеного на рис.3.

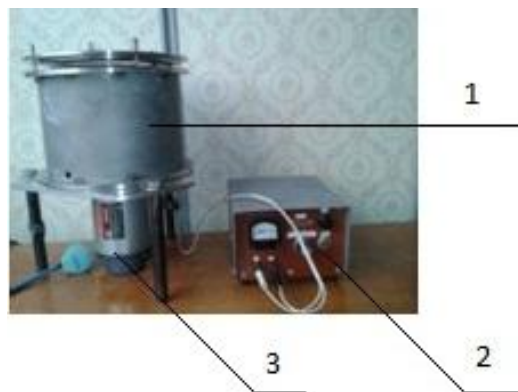


Рис. 3 Фотографія лабораторної установки.
1-робоча камера; 2-електронний пристрій; 3-електодвигун.

ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА АЕРОЗОЛЬНОГО ПОТОКУ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ОЧИСТКИ ВИРОБІВ

У процесі свого еволюційного розвитку і вдосконалення традиційні технології очищення поверхні не в повній мірі задовольняють все більш зростаючим вимогам промисловості за технологічними, техніко-економічними, екологічними показниками, а також можливості ефективного вирішення завдань, що виникають у промисловості. Метою даної роботи є пошук нових більш ефективних технологічних процесів очищення поверхонь виробів з використанням імпульсних джерел енергії. Для здійснення даного процесу було використано теплову енергію лазерного променя та динамічну енергію аерозольного надзвукового потоку. В якості матеріалів зразків для проведення експериментальних досліджень було використано трансформаторну сталь та бронзу БрАЖ 9-4. У випадку міцно фіксованих забруднень доцільно перед лазерною очисткою провести попередню обробку. Нами використовувався ефективний метод аерозольної очистки. Для реалізації даного способу розроблена установка та виготовлено її лабораторний зразок (Рис. 1).

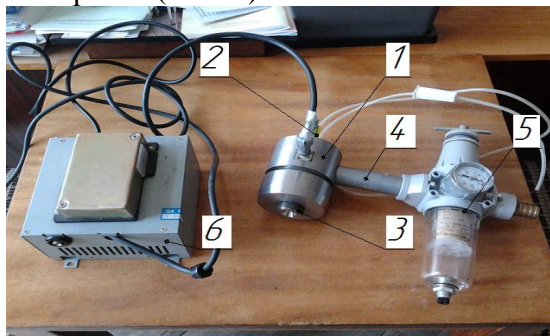


Рис. 1. Лабораторний зразок експериментальної установки

Установка включає: циліндричний корпус 1, всередині якого розміщені ультразвуковий генератор у вигляді п'єзокерамічних пластин, форсунка 2 для подачі у сопло Лавалю 3 суміші води та твердих часток природного походження. З резервуара суміш направлялась через шланг до форсунки. Для подачі підвищеного повітряного тиску використовується патрубок 4, розташований дотично до корпусу 1, для очистки повітря – спеціальний фільтр 5, а для живлення ультразвукового генератора використовується блок живлення 6. На рис. 2 зображений зразок трансформаторної сталі, оброблений аерозольним потоком (по центру – очищена поверхня).



Рис. 2. Фото очищеної поверхні

Задача вибору оптимального режиму роботи лазера у випаровувальному режимі очищення зводиться до забезпечення мінімального порогу випаровування речовини основного металу. Відомо, що такий забезпечується в імпульсному режимі впливу. Крім того, чим менше тривалість впливу, тим менше розмір прогрітої зони речовини і, відповідно, менше кількість розплаву і пари, що утворюється (тобто менше пошкодження основної речовини) при більшому тиску останнього. Тривалість дії визначається через граничну (порогову) енергію імпульсу:

$$W_{\text{имп.}} = \frac{kT_i}{2A} * \sqrt{\frac{\pi}{a}} * \sqrt{\tau}, \quad (1)$$

де A – коефіцієнт поглинання ($A = 1 - R$); R - коефіцієнт відбиття; T_i – температура.

Глибина проникнення світла: $\delta = 1/a$ (2), де a - показник поглинання.

Глибина прогрітого шару: $\chi_{\text{пр.}} \approx \sqrt{a\tau}$ (3), де τ – час дії.

Наприклад, при дії імпульсу тривалістю 10 нс і потужністю в 10 мДж, сфокусованого в пляму діаметром 0,2 мм, густина потужності в зоні обробки досягає 3 ГВт/см². При даній густині потужності глибина прогрітого шару в сталі складає 10-4-10-5 см, при цьому випаровування відбувається практично без утворення розплаву на поверхні речовини (абляція), і модифікація вихідної поверхні мінімальна. Висновок: запропонований метод поверхневої очистки виробів з використанням лазерного випромінювання та аерозольного потоку та визначені технологічні параметри для здійснення даного процесу.

УДК 621.9.04.+666.97.003

Баліцький Ю.М. маг.; Джемелінський В.В., к.т.н., проф.

ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИСТКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЦЕНТРОВО-ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ

Інтенсифікувати процеси очистки, видалення і виведення з поверхонь довгомірних заготовок окисних плівок, окалини та інших забруднень можна з допомогою використання енергії низькочастотних коливань певної амплітуди та частоти, а також за рахунок передавання деталі, що опрацьовується, додаткового обертання навколо своєї осі. Відомі конструкції пристроїв для очистки циліндричних поверхонь за характером здійснення технологічного процесу можуть бути безперервною і періодичною дією.

Мета роботи. Основною метою даного дослідження є розробка установки для очистки довгомірних циліндричних поверхонь заготовок сипучими абразивними матеріалами простої конструкції з низькою енергоємністю і високою продуктивністю.

Результати дослідження. Для інтенсифікації процесу очистки довгомірних зовнішніх циліндричних поверхонь розроблена конструкція установки з робочим пристроєм, що містить корпус, який обертається і має центральний отвір в поперечному перетині форми багатогранника з плоскими, увігнутими, випуклими чи комбінованими сторонами, яке розміщене на віброплощині, схема яких зображена на рис.1.

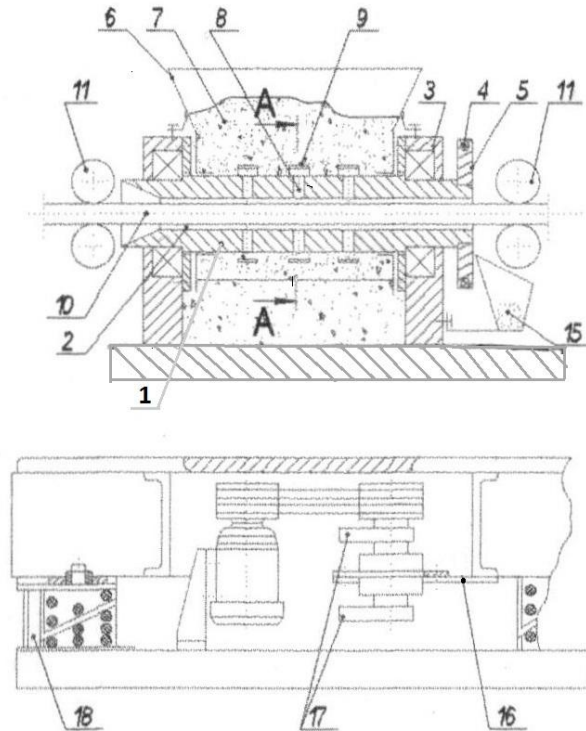


Рис.1. Схема відцентрово-вібраційної установки

Робочим органом даної установки є пристрій, що складається з корпусу 1 з центральним отвором 2, який проводиться в обертальних рух навколо своєї осі від електродвигуна. Корпус 1 встановлюється на подвійних опорах 3. На корпусі 1 розташований бункер 6, у якому знаходиться абразивне середовище 7. Для подачі абразивного середовища 7 в отвір корпусу 1, в його стінці в кілька рядів по довжині розташовані, у вигляді наскрізних отворів (щілин) вікна із закріпленими над ними козирками 9, які при обертанні захоплюють абразивне середовище 7. Оброблювана заготовка 10 підтримується роликами 11, розташованими з двох сторін, якими здійснюється її переміщення в повздовжньому напрямку через отвір 2 корпусу 1. Отвір 2 в корпусі 1 в поперечному перетині має форму багатогранника з плоскими, увігнутими, випуклими чи комбінованими сторонами (рис.2).

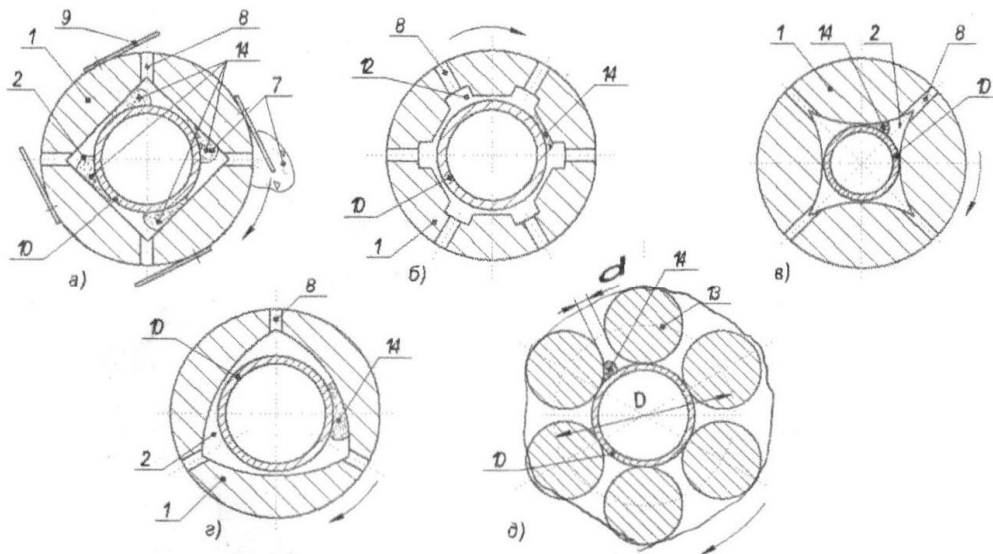


Рис 2. Форми поперечного перетину робочої зони установки (рис.1 – збільшено).

Для збільшення числа робочих зон в прямолінійних гранях отвору 2 корпусу 1 рекомендується використовувати шліцові пази 12 (рис. 2 б), які розміщуються біля вершин багатогранника. Зокрема для збільшення протяжності абразивних клинів доцільно використовувати конструкції з увігнутими чи випуклими гранями (рис.2 в.2 г) З ціллю інтенсифікації процесу очистки і попередження закриття абразивного середовища в зоні опрацювання, корпус 3 встановлюється на пружних опорах 18, рухомої рами 16 коробчатого перетину вібростола. З дебалансним збудником 17. При обертанні корпусу 1 відносно оброблювальної поверхні заготовки частки абразивного середовища попадають в отвір 2 через вікна 8. За рахунок обертання корпусу 1, коливання рухомої рами 16 вібростола, та осьового переміщення заготовки абразивні частки здійснюють процес мікрорізання та стирання. Продукти очистки виносяться із зони обробки в бункер 15. Інтенсивність процесу очистки залежить від кількості ділянок, що звужуються, зазору між поверхнями отвору та оброблюваної заготовки, розмірів і форми абразиву, а також частоти обертання і коливання корпусу та швидкості переміщення оброблюваної заготовки.

621.375.826.

Кальченко В.В., студ.; Олещук Л.М., к.т.н., доц.

ТЕНДЕНЦІ КОМПОНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Процес обробки деталі на технологічному обладнанні реалізується взаємними відносними переміщеннями заготовки та інструменту за допомогою відповідних механізмів. Заготовка та інструмент отримують рухи у різних комбінаціях: одночасно, послідовно, по черзі або одному з них. Розподіл рухів між заготовкою та інструментом визначається геометричною формою деталі, її характеристиками точності та видами обробки. Склад елементарних формоутворюючих та допоміжних рухів і зв'язків між ними визначають кінематичну структуру технологічного обладнання, яка є основою для побудови його компоновки. Є логічний зв'язок між геометричною формою поверхні деталі, методом обробки, схемою формоутворення, кінематичною структурою технологічного обладнання та його компоновкою. Кінематична структура, компоновка, конструктивне виконання, рівень автоматизації та технічна характеристика визначають технологічні можливості обладнання.

Поняття компоновки асоціюється з технологічною схемою побудови обладнання, визначає систему розташування у просторі рухомих і стаціонарних блоків та напрямних технологічного обладнання.

Побудова компоновки – є одним з важливіших етапів проектування технологічного обладнання. Вона розробляється на етапі ескізного проектування за розробкою технологічної схеми і обґрунтуванням технічних характеристик обладнання. На цьому етапі закладають основні техніко-економічні показники технологічного обладнання. Правильний вибір та раціональна побудова компоновки впливає на якість технологічного обладнання.

У літературі представлені роботи, у яких розглядаються питання теоретичного аналізу компонування технологічного обладнання. В основному аналізуються компоновки металорізальних верстатів. Верстатне обладнання більш різноманітне, ніж інше технологічне обладнання внаслідок технологічного призначення та різноманітності різальних інструментів.

Аналіз літературних джерел показав, що основними тенденціями компонування технологічного обладнання є:

- агрегатно-модульний принцип побудови компоновок обладнання;

- концентрація й інтеграція при створенні багатоопераційного та комбінованого обладнання;
- застосування мікропроцесорних систем керування та систем технічної діагностики;
- структурний аналіз при проектуванні компоновок обладнання;
- графоаналітичний аналіз при проектуванні компоновок обладнання;
- створення гібридних компоновок технологічного обладнання;
- розробка технологічного обладнання з механізмами паралельної структури;
- системно-морфологічний підхід при створенні нового технологічного обладнання;
- генетичний аналіз та прогнозування розвитку технічних систем;
- генетико-морфологічний підхід до побудови технологічного обладнання.

Проведено аналіз основних тенденцій розвитку компонування технологічного обладнання.

621.375.826.

Стасюк Л.В., студ.; Олещук Л.М., к.т.н., доц.

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

У конструкціях сучасних машин і формоутворюючої технологічної оснастки застосовують деталі зі складними поверхнями. Від геометричної форми деталі, що обробляється, залежить відносний характер руху формоутворення, який допускає різні варіанти розподілу елементарних складових руху між заготовкою та сфокусованим лазерним пучком. Є логічний зв'язок між геометричною формою поверхні, конструкцією деталі, схемою формоутворення, кінематичною структурою обладнання та його компоновкою.

Для обробки поверхонь складної форми в традиційному лазерному технологічному обладнанні (ЛТО) використовується послідовне з'єднання блоків в трикоординатних і п'ятикоординатних компоновках. Порівняльний аналіз переваг та недоліків блоків компоновки з послідовним та паралельним з'єднанням показує, що найбільш ефективно функціонують компоновки з паралельним з'єднанням блоків. Тому компоновки ЛТО з механізмами паралельної структури (МПС), основою яких є передача енергетичних потоків та рухів паралельними шляхами, мають переваги у порівнянні з традиційними компоновками ЛТО.

На сучасному етапі розвитку технологічного обладнання однією з тенденцій є створення компоновок обладнання з МПС. Швидкодіюча обчислювальна техніка, розвиток мехатроніки, застосування МПС дозволили якісно змінити технологічне обладнання.

Для обробки складних поверхонь розроблена компоновка ЛТО з МПС. В ЛТО, що містить лазер, оптичну головку для фокусування лазерного випромінювання на поверхню обробки, волоконний променепровід між лазером і оптичною головкою, додано механізм паралельної структури. З оптичної головки сфокусоване випромінювання потрапляє на складну поверхню, що обробляється. Новим є те, що оптичну головку рухає механізм паралельної структури, наприклад, трипод. Під час обробки механізм паралельної структури змінює положення оптичної головки таким чином, щоб вісь сфокусованого лазерного випромінювання була весь час перпендикулярна поверхні, що обробляється.

У МПС рухомий блок шарнірно пов'язаний зі стаціонарним блоком кінематичними ланцюгами, які мають індивідуальний привод. Кінематичні ланцюги МПС побудовані у вигляді просторових ферм, штанги яких мають сферичні і карданні шарніри на кінцях. У них мала маса, вони забезпечують багатопоточність та паралельність передачі навантажень і працюють лише на розтягування або стискання. Замкнутий кінематичний ланцюг забезпечує вищу жорсткість усієї конструкції і менші навантаження на кожен привід, це у свою чергу призводить до підвищення точності позиціонування робочого органу. Механізми паралельної структури відрізняються різноманітністю кінематичних схем, методами перетворення рухів, ступенями вільності, компоновками та конструктивним виконанням основних елементів.

Наявність паралельних кінематичних ланцюгів дозволяє керувати однією вихідною ланкою по декількох паралельних каналах, забезпечуючи одночасне керування по положенню та швидкості.

Пристрій для лазерної обробки дозволяє підвищити точність процесу просторової обробки поверхонь різного формоутворення, створює оптимальні умови для високошвидкісної обробки.

621.375.826.

Стасюк Л.В., студ.; Олещук Л.М., к.т.н., доц.

КОМПУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З МЕХАНІЗМАМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ

Лазерне технологічне обладнання (ЛТО) з механізмами паралельної структури (МПС) є альтернативою традиційному обладнанню. Механізми паралельної структури – новий клас просторових механізмів, рухомий виконавчий блок яких шарнірно пов'язаний з його стаціонарним блоком кінематичними ланцюгами, кожен з яких має індивідуальний привод. Просторові МПС на штангах постійної чи змінної довжини забезпечують виконавчому блоку до шести ступенів вільності вихідної ланки. Паралельність передачі навантажень у МПС дозволяє здійснити оптимальний перерозподіл сил та рухів на декілька кінематичних ланок, які побудовані у вигляді стрижнів з відповідними шарнірами на кінцях, мають незначну масу, що обумовлює відсутність напружень згину. Вони працюють лише на розтягування геометрично симетричної конструкції механізму. Крім того, можливість розташування індивідуальних приводів кінематичних ланок на нерухомому стаціонарному блоці також зменшує масу рухомих елементів, що дозволяє надати надвисокі швидкості та прискорення виконавчому органу.

Для аналізу ЛТО з МПС використано генетичний підхід, який запропоновано в дослідженнях вчених НТУУ «КПІ» д.т.н. Шинкаренка В.Ф. і Кузнецова Ю.М. Як і для природних біологічних систем запропоновано використовувати п'ять генетичних операторів: реплікація, схрещування, інверсія, кросинговер і мутація.

Механізми реплікація, схрещування, інверсія, кросинговер і мутація визначають принципи структуротворення різноманітності компоновок і пояснюють причини виникнення генетичних паралелізмів та структурних подібностей в їх будові. За допомогою зазначеної групи генетичних операторів та їх комбінативних композицій моделюються процеси формування спадкових механізмів і встановлюються межі генетичної мінливості компоновок.

Безпосередній зв'язок генетичної інформації з геометричними властивостями компоновок дозволяє встановити відповідність між групами генетичних і геометричних операторів.

Генетичному оператору реплікація (хромосомна, об'єктна) відповідають геометричні оператори: трансляція, подвоєння, множення початкової структури зі збереженням відповідної сукупності її генетичних ознак (багатопозиційності і багатоінструментальності).

Схрещування (моногібридне, дігібридне, полігібридне) - це просторове суміщення (повне; із зсувом; з поворотом; із зміною масштабу), утворення структур зі змішаною генетичною інформацією (гібридизація).

Інверсія (просторова) - розміщення двох елементів структури у зворотному порядку (дзеркальність і симетричність), просторовий поворот на 180° .

Кросинговер - ковзне паралельне перенесення, дзеркальне відображення, перетворення антисиметрії, обмін окремих дискретних генетичних ділянок (перехрещення).

Мутація (просторова) - зміни в структурі геометричних фігур компонування (стрибокподібна формозміна), просторові деформації, масштабування.

Наявність відповідності між групами генетичних і геометричних операторів дозволяє формалізувати процедури структуротворення компонок ЛТО з МПС.

УДК 621.793.79

Рибкін О.І., бак., Онуфрієнко В.В., бак. Керівник: Головка Л.Ф., проф.

УПРАВЛІННЯ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВВИРОБІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ З ПРИНЦИПОВО НОВИМ СПОСОБОМ ВВЕДЕННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ РІДИННО- В'ЯЗКОГО СТАНУ

Лазерну поверхневу обробку деталей, таку як легування чи наплавлення, зазвичай проводять з використанням двох основних груп способів. Першу групу утворюють способи, при яких на обрану поверхню виробу попередньо методами обмазування, плазмового чи детонаційного напилювання, електрохімічного осадження і таке інше, наноситься шар функціонального матеріалу, який потім розплавляється внаслідок лазерного опромінення і з'єднується з матеріалом основи. Основними недоліками методів цієї групи є підвищена енергоємність процесів і відносно висока собівартість. В окремих випадках при використанні обмазок спостерігаються низькі продуктивність, якість і відтворюваність результатів обробки. Це пов'язано ще й з тим, що зв'язка повинна мати нейтральний вплив на процес обробки і в ідеалі має повністю видалятися під дією лазерного випромінювання. Крім того наведений спосіб обробки не вирішує проблеми прогнозування та чіткого керування процесом, є незручним і має низьку технологічність. Другу групу утворюють методи газопорошкового наплавлення чи легування, при яких порошкова суміш примусово, струменем транспортуючого газу під певним кутом до вісі лазерного променя або концентрично з ним, подається в зону його фокусування. Для цих способів характерним є те, що при їх реалізації спостерігається значна непродуктивна втрата порошку внаслідок його відбивання від поверхні виробу і розсіювання у навколишньому просторі. Це спричиняє забруднення необроблених частин поверхні деталі та повітря робочої зони. Дрібнодисперсний порошок, що осідає на вузлах рухомих елементів обумовлює підвищення їх зношування та блокування, а його осідання на поверхню електричних плат може стати причиною

замикання та виходу з ладу техніки. Неконтрольоване розсіювання порошку унеможливує управління кількістю матеріалу що залишиться в зоні обробки, що стає на заваді чіткому прогнозуванню результатів обробки. Виходячи з цього запропоновано два нових способи лазерної поверхневої обробки з співвісною подачею пастоподібної суміші порошкових матеріалів безпосередньо в зону фокусування випромінювання, зображені на рис. 1 а,б. Перший спосіб передбачує осьовий напрям лазерного пучка, та співвісну з ним кільцеву подачу пастоподібної суміші. Другий спосіб, навпаки, передбачає вісну подачу пастоподібної суміші, в той час як лазерний пучок має форму кільця, що сформована спеціальним оптичним елементом, наприклад аксіоном. Такі конструкції співвісної подачі паста дозволяють позбавитися проблеми непродуктивних втрат та розсіювання порошку та дають можливість чіткого кількісного контролю за доставкою матеріалу в зону обробки. З'являється можливість зручно вести прогнозовану обробку складних контурів, суттєво зменшивши розхід робочого матеріалу, забезпечивши чистоту робочої зони. Використання зазначених вище конструкцій дає можливість суттєво збільшити ефективність лазерної поверхневої обробки, її технологічність та відкриває нові можливості в застосуванні лазерної технології в поверхневій обробці деталей.

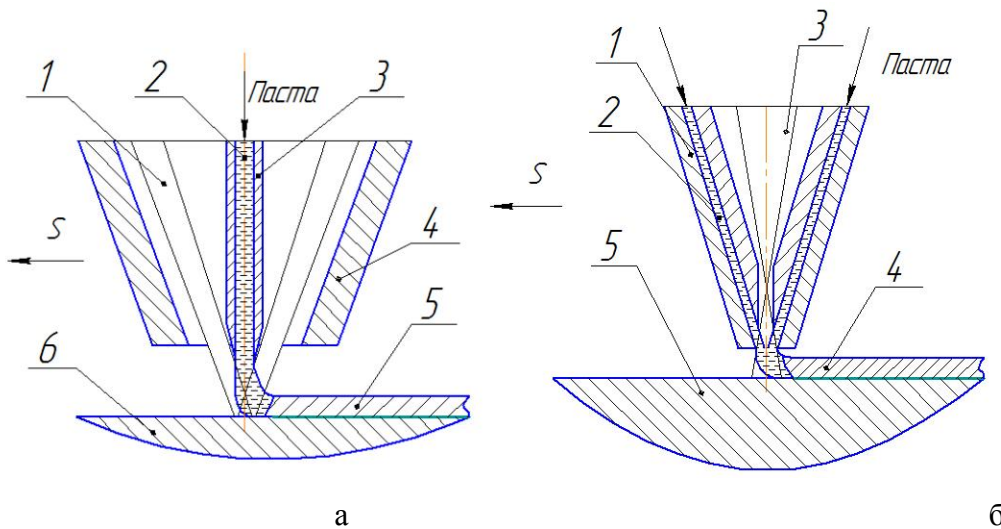


Рис.1. Схеми лазерної поверхневої обробки з кільцевою (а) та круговою (б) формою перерізу зфокусованного променя при співвісній подачі пастоподібної суміші: 1– сопло, 2- паста, 3- лазерний пучок, 4- наплавлений матеріал, 5- деталь

УДК 621.375.826

Запорожець Т.В., магістрант, Сороченко В.Г., к.т.н., ст. н.с., Головка Л.Ф. д.т.н., проф.

ЛАЗЕРНА СЕЛЕКТИВНА ОБРОБКА ПОВЕРХОНЬ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЖОРСТКОСТІ

Робота присвячена вирішенню важливої задачі підвищення якості і продуктивності тонких відрізних кругів, оснащених ріжучими елементами з надтвердих матеріалів (синтетичних алмазів та кубічного нітриду бора), твердих сплавів і т.інш., керуванням напруженого стану їх металевих корпусів. Розділення матеріалів за допомогою згаданих інструментів є самою розповсюдженою операцією у сфері різноманітних виробництв - машинобудуванні, будівництві, харчовій, гірничодобувній

та багатьох інших галузях діяльності людства. Її ефективність в значній мірі залежить від швидкості різання, геометричних розмірів, в тому числі товщини, інструменту, його стійкості. Зрозуміло що, чим тонше відрізний інструмент, тим менше площа контакту, тим ефективніше відбувається процес різання. При перевищенні певного значення товщини металевий корпус відрізного круга в процесі різання втрачає свою жорсткість, а потім руйнується. Руйнування круга відбувається в наслідок того, що максимальні робочі напруження в корпусі круга перевищують межу пружності його матеріалу. Формування залишкових напружень в матеріалах корпусу круга при їх термічній обробці відбувається по різному. В таких матеріалах, як нержавіючі аустенітні сталі, титанові, мідні та алюмінієві сплави, в яких відсутні при нагріванні – охолодженні поліморфні перетворення, завжди, в тому числі і при лазерному опроміненні, утворюються розтягуючі залишкові напруження. У вуглецевих сталях процес лазерного нагрівання супроводжується поліморфними перетвореннями. При нагріванні таких матеріалів вище точки AC_3 - в них утворюються стискаючі залишкові напруження, нижче точки AC_1 – розтягуючі, в інтервалі температур AC_1 - AC_3 - як стискаючі, так і розтягуючі. Основною ідеєю даної роботи є створення в металевих корпусах на певних ділянках залишкових напружень, рівних по величині й протилежних за знаком, максимальним пружним напруженням, які виникають на цих ділянках при дії робочих навантажень, обумовлених його роботою в процесі експлуатації. Такий спосіб впливу на напружений стан матеріалу корпусу круга дозволяє значно підвищити його жорсткість і, залежно від пріоритету, – суттєво підвищити його продуктивність, збільшити строк служби або знизити матеріаломісткість виробу й т. інш. Для реалізації цієї ідеї запропоновано цілеспрямовано створювати в найбільш напружених ділянках виробів шляхом їх локального лазерного нагрівання, у тому числі і зі зміною хімічного складу матеріалу, необхідні залишкові напруження.

Математичним моделюванням напружено-деформованого стану тонких металевих дисків досліджено закономірності зміни величин і характеру розподілу максимальних пружних напружень в залежності від умов навантаження. Показано, що при дії на диск радіальної і тангенціальної сили, в останньому, у зоні прикладання зусилля, формуються миттєві стискаючі напруги. Представлено результати вивчення впливу лазерного опромінення, його параметрів на величину й характер розподілу залишкових напружень у різних конструкційних матеріалах. Висвітлюються результати математичного моделювання теплових процесів, які відбуваються в тонких дисках при дії лазерного випромінювання. Показано, що можливі різні схеми лазерної обробки дисків, при яких можна отримати рівномірний розподіл залишкових напруг по товщині сталевих корпусу. Відповідно з першою схемою, для виключення деформації диску з причини локальності процесу лазерного нагрівання, його обробку необхідно проводити у заневоленому стані, причому всієї кільцевої поверхні. Для цього диск встановлюється і закріплюється між двома напівматрицями, що мають наскрізні прорізи спеціальної форми, через які здійснюється лазерне опромінення. Продольна форма прорізів відповідає характеру розподілу максимумів робочих стискаючих напружень. По друге, після лазерної обробки матриця з затисненим диском перевертається і проводиться аналогічна обробка другої сторони диску. Тільки після повного циклу лазерної обробки диск звільняється. При цьому забезпечується повне урівноваження напруг в об'ємі диску і, таким чином, виключаються можливі його деформації. Можливий і інший спосіб управління напруженим станом диску при односторонньому опроміненні. При цьому треба сформувати нагрітий до певної температури шар, товщина якого дорівнює товщині пластини, а форма – близька до прямокутної. При цьому необхідно визначити умови лазерного опромінювання, при яких забезпечується рівномірний розподіл

температур по поперечному перерізу корпусу круга. Щоб визначити ці умови проводилося математичне моделювання теплових процесів, що протікають в тонкій пластині при її нагріванні лазерним випромінюванням з різним розподілом інтенсивності. При рівномірному розподілі (100 % інтенсивності розподілені по всій площині поперечного перерізу променя) зона нагріву, що обмежена ізотермою з фіксованою температурою, має нерівномірну ширину по товщині пластини в різних перерізах (конічну форму). При однакових умовах обробки (швидкості переміщення, діаметрі зони фокусування, потужності випромінювання), але нерівномірному розподілі потужності лазерного випромінювання по зоні фокусування (100% інтенсивності у фронті і по бокам зони фокусування та 25% - в центрі і 1% - в хвостовій частині), ізотерми змінюють свою конфігурацію і отримують, замість трикутної, прямокутну форму (однакову ширину зони нагрівання , як з однієї, так і з протилежної сторони). Це свідчить тому, що управляючи розподілом потужності лазерного випромінювання у зоні фокусування і режимами опромінювання, можна цілеспрямовано і ефективно змінювати конфігурацію ізотерм температурного поля в тонких пластинках, формувати рівномірний розподіл розтягуючих залишкових напружень і керувати їх величиною. У сукупності наведені способи дозволяють як мінімум в 2 рази підвищити жорсткість металевих корпусів, а значить і продуктивність відрізних абразивних інструментів.

УДК 621.

Вишневська І.Л., магістрант, Головка Л. Ф., д.т.н., проф.

РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ДИСТАНЦІЙНОГО, ЛОКАЛЬНОГО, РЕГУЛЮЄМОГО ЗА ВЕЛИЧИНОЮ І ГЛИБИНОЮ ПОЛОЖЕННЯ МАКСИМУМА ТЕМПЕРАТУРИ ЛАЗЕРНОГО НАГРІВУ СЕРЕДОВИЩ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ І ВІДПОВІДНОГО ОБЛАДНАННЯ

Локальний нагрів тканини органічного походження представляє значний інтерес для різних областей техніки, біотехнології, медицини, ветеринарії. Можливо здійснювати нагрів як поверхневих шарів біотканини, так і різних об'ємних форм, що знаходяться на відстані від поверхні, регулюючи рівень температури і положення її максимумів по глибині. Лазерне випромінювання має можливість безконтактного дозованого введення енергії у локальні області об'єктів, що принципово дозволяє вирішити вищевказану задачу. Питання, пов'язані з вивченням процесу випаровування, фотоабляції біотканини за допомогою лазерного випромінювання розглянуті у багатьох наукових працях, але щодо механізмів гіпертермії – обмежена кількість інформації, недостатня для дослідження процесів гіпертермії біосередовищ, а тим паче керуванням ними. Це обумовлено великою кількістю припущень при моделюванні, відсутністю необхідних експериментальних даних щодо просторово – часової характеристики теплового джерела та інше. У зв'язку з цим метою роботи є розробка процесу і обладнання для безопераційного, дистанційного нагріву біотканин лазерним випромінюванням, що регулюється по величині та глибині положення максимуму температури і транспортується по світловоду.

Основними задачами лазерної гіпертермії є:

-Нагрів у межах заданого інтервалу температур і часу, визначеного об'єму біосередовища, розташованого як безпосередньо під опромінюваною поверхнею, так і осесиметричного, обмеженого круговим або еліптичним циліндром, в тому числі неповним, сферою або півсферою та ін..

-Забезпечення можливості отримання регульованого розподілу інтенсивності температур по глибині нагріву, за умов якого граничними будуть випадки, коли на поверхні, що опромінюється максимальна температура, а на заданій глибині – мінімальна і навпаки.

Проблеми реалізації гіпертермії:

-Встановлення закономірностей розповсюдження лазерного випромінювання в біотканині і, за рахунок цього, підвищення точності математичної моделі процесів нагріву.

-Створення способів керування розподілом температур по глибині нагріву біотканини і розрахунок відповідного технологічного обладнання.

Аналіз фізичних процесів у біотканинах при лазерному нагріві, у тому числі і процесів поглинання, дозволив оцінити область енергетичних параметрів лазерного впливу і обґрунтувати вибір оптимальної для глибинної гіпертермії довжини хвилі лазерного випромінювання 1,06 мкм. За допомогою комп'ютерної моделі досліджувався вплив різних факторів на розподіл температур в біологічних тканинах, що підлягали опроміненню Nd:YAG лазера. Оцінювався вплив коефіцієнтів поглинання і коефіцієнтів розсіювання. Отримані залежності показують наскільки важливо знати реальні значення цих коефіцієнтів, оскільки тепловий стан біотканини дуже сильно залежить від точності визначення її оптичних параметрів, значення останніх і закономірності їх змінення доцільно досліджувати більш детально експериментально. Експериментальні дослідження проводилися на спеціальному стенді, зібраному на базі твердотілого лазера на YAG з Nd типу ЛТН102, ряду спеціальних пристроїв для введення лазерного випромінювання у кварцовий світловод діаметром 0,8 мм і аплікаторів. Результати дослідження показали, що для прогріву циліндричної області біотканини діаметром 4 мм і довжиною 20 мм на глибині до 1 см до температури гіпертермії 37- 43°C, достатня потужність випромінювання 20 – 40 Вт і навіть менше при більшій експозиції. Стаціонарний тепловий стан досягається при потужності 40 Вт після часу опромінення 8 – 10 с. При цьому характер розподілення температури не змінюється, максимум розташовується на поверхні і плавно спадає зі збільшенням глибини. Таке розподілення температури не завжди доцільне. При підводі випромінювання до області нагріву по судинам, для запобігання пошкодження слизової, необхідно щоб на поверхні температура була невелика, а максимальна – в глибині. Для цього доцільно розглянути два способи: достатньо ефективного розподілення інтенсивності випромінювання на опромінювану поверхню і примусового її охолодження потоком охолоджувальної рідини. Загальним недоліком цих способів є те, що вони не дозволяють змінити положення максимуму температури нагріву в залежності від глибини.

Для усунення цього недоліку було розроблено оригінальний спосіб. Його суть полягає у тому, що на поверхню біологічного середовища направляється збіжний лазерний пучок. В поверхневому шарі здійснюється два процеси: збільшення щільності потужності випромінювання по мірі проникнення в середовище і зниження його інтенсивності за рахунок поглинання і розсіювання. Керуючи законами зміни щільності потужності, тобто змінюючи кут збіжності пучка, можна отримати її максимальне значення, а значить максимальне значення температури на різних відстанях від поверхні.

Для забезпечення такого характеру лазерного впливу застосовувались декілька варіантів конструкцій аплікаторів. Дані, отримані в результаті теоретико – експериментальних досліджень і запропоновані на їх базі аплікатори, стали основою розробки лазерної системи для гіпертермії біологічної тканини, розташованої всередині організму. Вона вміщує лазер (YAG :Nd) з системою керування і вимірювання

параметрів пучка; вузол вводу випромінювання у світловод; світловод з аплікатором; систему подачі і відводу охолоджувальної рідини і комп'ютер. Основною проблемою був процес вводу сфокусованого лазерного пучка в світловод, оскільки найменше відхилення променя від осі світловода, викликало б пошкодження його торця, необхідність поліровки. Питання було вирішено шляхом розробки спеціального датчика у вигляді «діафрагми – термопари» , отвір якого на 10% менше ніж діаметр світловода. Іншим відповідним вузлом системи є світловодна головка з суматором – роздільником світловодного каналу і каналу подачі охолоджувальної рідини, цанговий затискач – перехідник фіксації і зміни захисної оболонки, аплікатор, виконані як одне ціле. На базі виконаних розробок була використана і випробувана відповідна лазерна установка.

Таким чином можна зробити наступні висновки:

-Лазерне випромінювання з довжиною хвилі 1,06 мкм дозволяє виконувати керований нагрів різних об'ємів біологічних тканин в діапазоні 37 – 60°C, розташованих як на поверхні, так і на глибині від 0 до 15-30 мм.

-Основними факторами і параметрами процесу лазерного нагріву органічних середовищ є довжина хвилі, режим опромінення, потужність і її просторове розподілення на опроміненій поверхні, кут збіжності пучка, площа плями фокусування, час опромінення, оптичні характеристики середовища, температура і витрата охолоджувальної рідини.

-Встановлені закони змінення інтенсивності ви промінювання всередині біологічних тканин.

-Процес поглинання і розсіювання визначається виглядом і будовою органічного середовища.

-Максимальна температура нагріву біологічного середовища залежить від щільності енергії, коефіцієнтів поглинання і розсіювання.

-Температура нагріву органічних середовищ нелінійно зростає з підвищенням потужності випромінювання, що обумовлено зниженням значення коефіцієнта поглинання зі зростанням температури.

-Глибину прогріву біологічної тканини можна регулювати, змінюючи лінзи фокусування з різними фокусними відстанями.

УДК 621.375.826

Дурницький Д. студ.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доц.; Лутай А.М. ст. викл.

ІОННО-ДИFUЗІЙНЕ НАСИЧЕННЯ СТАЛЕЙ

Процеси іонного насичення виконуються на устаткуванні, що істотно відрізняється по конструкції від печей, використовуваних для традиційної хіміко-термічної обробки. У загальному випадку система іонного насичення представляє собою вакуумну камеру, в електричному плані реалізуючу двоелектродну схему: катод – електрод з деталями; другий електрод (анод) – заземлений корпус вакуумної камери. Для проведення процесу іонного насичення у вакуумну камеру подається легуючий матеріал (елемент або хімічна сполука) в газоподібному (пароподібному) стані, а до деталей прикладається негативний потенціал – (300-1000 В). Поверхня деталі бомбардується позитивними іонами легуючого елемента з газорозрядної плазми, що дозволяє значно скоротити тривалість процесу насичення поверхні. Так, наприклад, при іонному азотуванні швидкість обробки в порівнянні зі швидкістю при звичайній хіміко-термічній обробці зростає в 2–5 разів за рахунок прискорення дифузійних процесів і зменшення кількості підготовчих операцій, знижується температура нагріву деталей, є можливість

регулювання фазового складу зміною технологічних режимів. В даний час іонно-дифузійне насичення найповніше досліджене при азотуванні різних сталей і металів. До іонно-дифузійних методів можна віднести процеси хімічного осадження з газової фази, що інтенсифікуються тліючим розрядом (the technique of plasma – enhances chemical vapor deposition – PECVD або plasma activated CVD – PACVD). Останніми роками ці методи виходять із стадії лабораторних експериментальних розробок і застосовуються в промисловості для отримання захисних покриттів. Розглянемо механізм іонно-дифузійного насичення на прикладі іонного азотування сталей.

Шари, які отримують при азотуванні (робочий газ аміак або азот), складаються з поверхневої нітридної зони і дифузійного підшару, так званої зони внутрішнього азотування, забезпечують вищі фізико-механічні характеристики виробів в порівнянні з неазотованими. Основні реакції на оброблюваній поверхні при іонному азотуванні показані на рис.1. Дана модель припускає проникнення азоту в поверхневий шар двома шляхами: за рахунок дифузії при розкладанні нітриду заліза, який конденсується на поверхні деталі і плазми розряду, і в результаті впровадження азоту в кристалічну решітку при іонному бомбардуванні. Позитивний іон аміаку прискорюється у напрямі деталі (катода) і диссоціює з утворенням атомарного азоту по реакції $NH_3^+ \rightarrow N + H_2 + H^+$. Вважається встановленим, що за процес азотування відповідальними є іони атомарного азоту (N_1^+), оскільки збільшення їх відносної кількості інтенсифікує азотування в тліючому розряді. Це встановлено мас-спектрометричним аналізом іонного складу різних газових сумішей (чистий азот; чистий азот з різним вмістом водню, чистий азот з киснем) при різному тиску – $(0,13 - 8) \cdot 10^2$ Па - і напрузі (400-1000 В). При збільшенні тиску і напруги зростає середня енергія іонів, кількість N_1^+ та N_2^+ і товщина нітридного шару. При додаванні до азоту одного відсотка кисню азотування не відбувається (при цьому кількість N_2^+ збільшується до максимуму, а N_1^+ зменшується майже удвічі. Атомарний азот дифундує в метал, утворюючи твердий розчин азоту в залізі. Частина адсорбованого азоту при бомбардуванні іонами знову розпилюється в плазму, де з'єднується з розпиленими атомами заліза поблизу поверхні виробу, утворюючи нітрид. Частина цього нітриду адсорбується поверхнею катода. Під впливом іонного бомбардування і теплової дії шар нітриду розпадається з утворенням бідніших азотом фаз Fe_2N та $Fe_{2-3}N$.

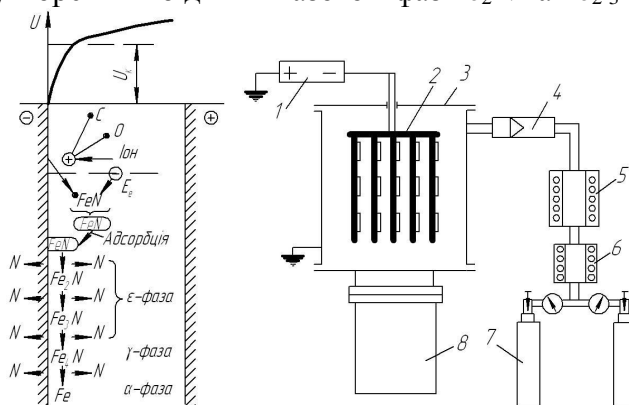


Рис. 1. Реакції на поверхні сталевій деталі при іонному азотуванні (катод - деталь, анод - стінка камери)

Рис.2. Принципова схема установки для іонного азотування

1 - джерело живлення; 2 - навішування з оброблюваними деталями; 3 - вакуумна камера; 4 - ротаметр; 5, 6 - фільтри; 7 - балони з газом; 8 - форвакуумний насос

Азот, що утворюється при розпаді нижчого нітриду, дифундує в метал і частково

повертається в плазму. Залізо, збіднене азотом, знов розпилюється в плазму. Надалі цей цикл повторюється. Принципова схема установки для іонного азотування представлена на рис.2. Деталі перед завантаженням в робочу камеру, так само як і при звичайному азотуванні, знежирюються в бензині. Після герметизації камери вакуумним насосом відкачується повітря до тиску 2 – 4 Па. Потім залишки повітря з камери виділяються 2-3-кратним продуванням її робочим газом з балонів при тиску 103 Па і відкачуванням до початкового тиску. Робочий газ перед надходженням в камеру очищається фільтрами від вологи і кисню. Далі до деталей - катода і внутрішньої поверхні заземленої робочої камери, що служать анодом, подається напруга від джерела постійного струму, яке плавно підвищується приблизно до 1000 В. При цьому тиск в камері збільшується до 10 Па. Між деталями і анодом збуджується тліючий розряд, іонізуючий газове середовище. На цій стадії здійснюється катодне розпилювання. Іони газу, бомбардуючи поверхні деталей, очищають їх від можливих забруднень і оксидів і таким чином готують під азотування. Потім починається друга стадія процесу – азотування. Плавно підвищуючи тиск газового середовища в робочій камері і силу струму, нагрівають деталі до заданої температури. При цьому робоча напруга складає 350-550 В. У цій області тиску тліючий розряд володіє двома особливостями: основне падіння напруги відбувається в прикатодній області протяжністю від доль до декількох міліметрів; у певному діапазоні щільність струму по всій поверхні катода підтримується практично однаковою. Завдяки цьому вдається забезпечити рівномірний нагрів і насичення легуючими елементами великого числа виробів з складною зовнішньою поверхнею. У потужних установках площа одночасно оброблюваних виробів може складати сотні квадратних метрів.

УДК 621.375.826

Котляров А.А., студ.; Лутай А.М., ст. викл.

ІОННО-ПЛАЗМОВІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Модифікування поверхневих шарів твердих тіл здійснюється у ВІП-технології в результаті насичення поверхні твердого тіла легуючим елементом або його впровадженням. Для насичення використовують потоки легуючого елемента (найчастіше у вигляді активованого корпускулярного потоку) з енергією порядку 400-2000 еВ. Взаємодія такого потоку з поверхнею твердого тіла призводить до часткового розпилювання поверхні, незначному впровадженню легуючого елемента і супроводжується дифузійними процесами, що мають визначальне значення. Ефективне стимулювання дифузії в процесі насичення відбувається унаслідок генерації дефектів в оброблюваному матеріалі, що у поєднанні з розігріванням поверхні бомбардуючими її частками (іонами) дозволяє доводити товщину насиченого легуючим елементом шару до 200-300 мкм. В даний час встановлено, що під дією іонного бомбардування в оброблюваному матеріалі виникає надмірна концентрація структурних дефектів (точкових, лінійних, тривимірних). Кількісно це виражається в збільшенні об'ємної щільності дефектів до 10 разів, а щільність дефектів приповерхневих шарів - до 100 разів. Це сприяє інтенсифікації процесів дифузії і масопереносу насичуючого елемента в матеріалі і створює можливість появи фаз, які не утворюються в умовах звичайного насичення при підвищеній температурі.

Особливий інтерес представляє собою явище різкого збільшення проникнення іонів інертних газів в метали при використанні комбінованих пучків. Так, при сумісному опромінюванні металів іонами водню та інертного газу в тліючому розряді

істотно підвищується проникність мішені інертним газом. Вважають, що ефект пов'язаний зі збільшенням рухливості в присутності водню безперервно виникаючих радіаційних вакансій, зменшенням енергії взаємодії атомів. Це сприяє полегшеному переміщенню іонів інертних газів, унаслідок чого досягається пересичення ними всього об'єму металу. Цей ефект використовується і при азотуванні сталей в середовищі азоту і водню в тліючому розряді. Щільність структурних дефектів залежить від дози опромінювання, щільності потоку іонів, направленою на поверхню, маси і енергії іонів і температури підкладки. Іонно-дифузійне насичення найповніше досліджене при азотуванні і вуглецюванні різних сталей і металів.

При бомбардуванні твердого тіла іонами з високою енергією (від декількох кілоелектрон-вольт до мегаелектрон-вольт) разом з незначним розпилюванням мішені відбувається впровадження іонів в кристалічну решітку зразка. Інжектуючі частки накопичуються в кристалі, при цьому за короткий час, що обчислюється десятками і сотнями секунд, може бути досягнута висока концентрація атомів домішки, що вводиться. Одночасно в імплантованому шарі утворюється велика кількість радіаційних дефектів, зазвичай на 2–3 порядки перевищує число вбитих атомів. Основними перевагами методу іонної імплантації є його універсальність в сенсі вибору упроваджуваних іонів і підкладок; висока точність завдання дози і глибини впровадження іонів; можливість досягнення високих концентрацій упроваджених іонів, що істотно перевищують межу розчинності; можливість проведення процесу впровадження при низьких температурах. З прикладної точки зору найважливішими параметрами іонного легування є: розподіл по глибині легуючої домішки і радіаційних дефектів, величина дози легування і взаємодія атомів домішки з атомами твердого тіла. Сам по собі процес гальмування іонів в твердих тілах дуже складний, проте для його опису є декілька достатньо простих апроксимацій, за допомогою яких просторові розподіли можуть бути знайдені з точністю 10%. Численні експериментальні і теоретичні дослідження розподілу пробігів частинок в речовині показують що ці розподіли можна характеризувати середнім пробігом R_p і середньоквадратичним відхиленням ΔR_p щодо цього середнього значення. В більшості випадків як для аморфних, так і для полікристалічних (без урахування ефекту каналування) мішеней розподілу мають приблизно гауссову форму, а величина R_p приблизно співпадає з положенням максимуму, тобто максимум концентрації легуючої домішки розташовується на глибині від десятих долей до декількох мікрометрів. У більшості практично важливих випадків іонного легування металів необхідне досягнення в поверхневому шарі концентрації легуючої домішки в одиниці і десятки відсотків

УДК 621.9.048

Качуровська Н. О., інж., Ткаченко Н.В. студ., Анякін М.І. д.т.н., доц.

ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБРОБКИ СФОКУСОВАНИМ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ КОРОТКОЇ ТРИВАЛОСТІ У ЧАСІ

В роботі представлені узагальнені дані стосовно підвищення зносостійкості поверхонь за допомогою їх обробки сфокусованим лазерним випромінюванням імпульсно-періодичної дії за допомогою «гігантських» імпульсів (тривалість у часі до 100 нс та енергією до 50Дж).

У сучасному виробництві, за допомогою сфокусованого лазерного випромінювання, широке застосування знаходять різноманітні методи підвищення

експлуатаційних властивостей робочих поверхонь виробів: зміцнення, легування, наплавлення та інші.

Одним з найсучасніших методів лазерної поверхневої обробки є лазерне ударне зміцнення (Рис.1). За допомогою даної технології отримано кращі результати в порівнянні зі звичайним зміцненням відносно втомленої міцності. Кожний лазерний імпульс створює потужну ударну хвилю приблизно на 5x5 міліметровій області, яка в свою чергу приводить в дію залишкові напруги глибиною приблизно 1-2 мм. При цьому, на відміну від традиційного методу лазерного зміцнення вдається підвищити стійкість деталей в процесі експлуатації в декілька разів. Вказане відбувається завдяки підвищенню втомленої міцності оброблених, за даною технологією, деталей. Це дозволяє створювати нові вироби (з оброблених деталей методом лазерного ударного зміцнення) менших розмірів.

Досвід використання лазерного ударного зміцнення для сучасного виробництва демонструє реальну можливість зменшення внутрішньоструктурних дефектів деталей, що обробляються. Даний метод обробки використовують для усунення проблем міцності різноманітних компонентів реактивних двигунів, деталей суден та інші., важко навантажених деталей в різноманітних областях машинобудування.

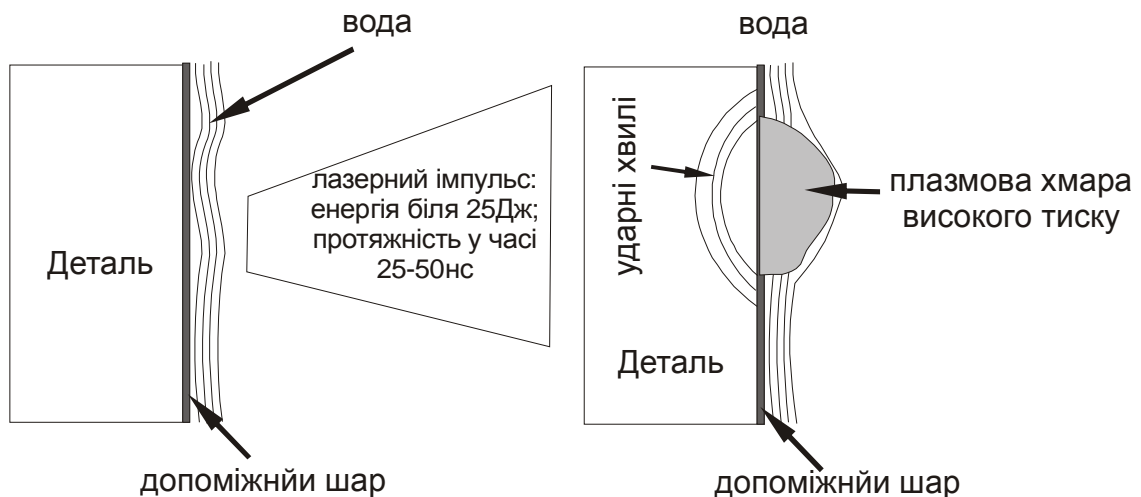


Рис.1 Схема лазерного ударного зміцнення

УДК 621.9.048

Качуровська Н.О., інж., Фархунд Хамеді, асп., Ткаченко Н.В. студ., Кондрашев П.В., к.т.н., ст.викл.; Анякін М.І. д.т.н., доц.

ВПЛИВ УМОВ ОБРОБКИ НА РЕЗУЛЬТАТ ДІЇ СФОКУСОВАНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

Як показує досвід, не дивлячись на зусилля світової спільноти (населення, науковців та урядів) провідних країн світу, потрібно бути максимально готовими до ліквідації наслідків аварій, катастроф пов'язаних з викидами радіоактивних речовин в оточуюче середовище.

Пропонується технологія очищення поверхонь (або зв'язування на них) від радіоактивних матеріалів за допомогою сфокусованого лазерного випромінювання. Дана технологія гарантує унеможливлення потрапляння радіоактивних матеріалів (або

мінімально можливу їх кількість) у оточуючу атмосферу під час виконання їх лазерної обробки.

Дослідження процесу лазерної обробки проводили на експериментальному устаткуванні у складі випромінювача на алюмо-іттрієвому гранаті імпульсно-періодичної дії (енергія імпульсу 2Дж, протяжність у часі 200мкс, частота слідування 50Гц) з різноманітним сервісним устаткуванням. В якості зразків використовували пластини зі сталі У10. В процесі досліджень змінювались:

- розмір плями фокусування;
 - частота слідування імпульсів;
 - швидкість переміщення зразка,
- а також умови обробки:
- обробка в звичайних умовах;
 - обробка зразків з нанесеним покриттям (шар з полівінілацетату);
 - обробка зразків з покриттям занурених у воду.

Під час проведення досліджень (для зразків з покриттям та зануреним у воду) за допомогою цифрової відеокамери фіксувались наявність відриву покриття, або викиду продуктів лазерної ерозії з зони дії сфокусованого лазерного випромінювання. Також, за допомогою подвійного мікроскопа Лінніка, оснащеного цифровою камерою, вимірювалась шорсткість поверхні кожного зразка.

В результаті проведених досліджень встановлено:

можливість лазерної обробки заготовки з випаровуванням її тонкого поверхневого шару, (за умов нанесення на її поверхню захисного покриття) без викиду продуктів лазерної ерозії в атмосферу, яка оточує;

вплив умов опромінення на шорсткість поверхні, що оброблена.

Враховуючи на відносно коротку дію (у часі) сфокусованого лазерного випромінювання (з високою густиною потужності) на зразок, слід очікувати (при обробці зразків з покриттям занурених у воду) виникнення ударних хвиль у зоні обробки (подібно ударному лазерному зміцненню).

УДК 621.9.048

Клименко К.В. студ.; Жук Р.О.ас.; Анякін М.І., д.т.н., доц.

ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ДЛЯ ГІДРО-ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ

В даний час, підвищення якості розмірної лазерної обробки досягається шляхом залучення до місця дії сфокусованого лазерного випромінювання додаткових джерел енергії: електричного розряду, ультразвукових коливань, порошкового (абразивного) струменя та гідро-лазерної обробки. В останньому випадку, лазерне випромінювання подається до деталі, що обробляється, по струменю води, яка виконує ряд завдань:

- транспортування лазерного випромінювання до місця обробки;
- охолодження зони дії лазерного променя
- вилучення продуктів лазерної ерозії з зони обробки.

Враховуючи, що даний метод обробки використовується при виготовленні різноманітних електронних компонент, вирізанні медичних ендопротезів та інш. (тобто прецизійних та мініатюрних виробів), діаметр струменя води (який виконує роль світловода) повинен не перевищувати 100 мкм (діаметру плями фокусування. Таким чином, при визначенні параметрів пристрою, який відповідає перерахованим вище вимогам необхідно забезпечити:

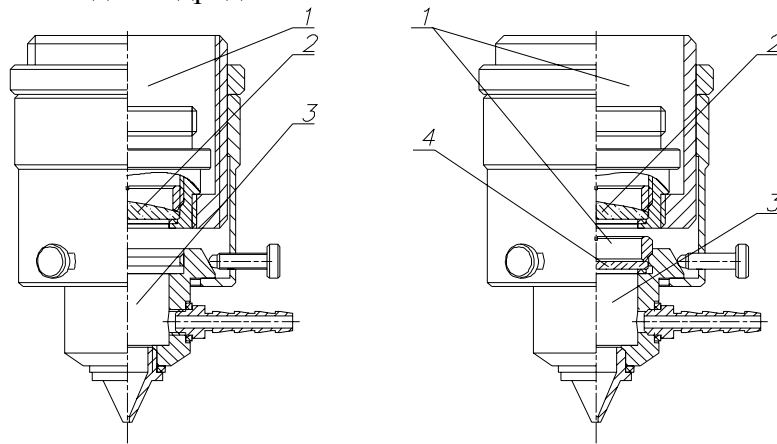
розрахунок оптичної системи, яка складається з декількох елементів (Рис.1):

повітря – об’єктив (оптичне скло) – вода, або повітря – об’єктив (оптичне скло) – повітря – захисне скло (оптичне скло) – вода. Причому, оптична система повинна забезпечувати не тільки фокусування випромінювання в пляму заданого розміру, але й вводити сфокусоване випромінювання в струмінь води з кутом згинаючої каустичної поверхні, який не перевищує кут повного внутрішнього відбивання середовища вода-повітря.

безпосередньо сопло, для формування струменя з заданими параметрами, який повинен мати певне фокусування або циліндричну частину.

Для розрахунків вказаних параметрів системи пропонується використовувати чисельні методи, причому:

- для розрахунків оптичної частини найбільш доцільно використовувати «променевий пакет» - геометричний аналог лазерного променя;
- для розрахунків гідравлічної частини – використання методу кінцевих об’ємів, які вирішують задачі гідродинаміки.



*Рис.1 Пристрій для гідро-лазерної обробки
1- повітря; 2- об’єктив (скло); 3 – рідина; 4 – захисна пластина (скло)*

УДК 621.9.048

Клименко К.В.; Мехді Наєбі. асп.; Степура О.М., мол.н.с.; Анякін М.І., д.т.н., доц.

ЛАЗЕРНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ

В роботі розглянуто технологію фрезерування виробів з різноманітних матеріалів сфокусованим лазерним випромінюванням з модульованою добротністю. Встановлено, що на продуктивність та якість процесу разом з режимами лазерної обробки насамперед впливає механізм руйнування заготовки.

Відомо, що лазерне фрезерування матеріалів (ЛФ) займає проміжну ланку між традиційними методами надшвидкого виготовлення виробів (надшвидкісне різання, електророзрядна обробка) та їх виготовленням за допомогою сфокусованого лазерного випромінювання з порошкових (металевих або керамічних) матеріалів. На відміну від надшвидкісного різання та електророзрядної обробки, за допомогою ЛФ, з’являється можливість виготовлення різноманітних виробів з будь-яких матеріалів: сталей, кераміки, надтвердих сплавів та інше, що робить вказаний метод привабливим для виготовлення пресових валів, різноманітних кліше, матриць та інше, які використовуються при глибокому друці, виготовленні шпалер і т.д.. При цьому, як і при звичайному надшвидкісному різанні та електроіскрової обробці, здійснюється:

- технологія зняття припуску шар за шаром;

- постійне заглиблення в тіло заготовки інструменту (у нашому випадку – сфокусованого потоку лазерного випромінювання, обмеженого умовною каустичною поверхнею, що є в просторі гіперболоїдом обертання що має «малу» робочу ділянку);
- дотримання умови відсутності пересічення тілом інструменту (не робочою його ділянкою) поверхні, що обробляється;
- залежність величини припуску, що «зрізується» від властивостей заготовки та режимів обробки.

Дослідження проводилися на експериментальному лазерному устаткуванні у складі лазерів на АІГ з модульованою добротністю (потужність випромінювання у одномодовому режимі генерації від 3 до 50Вт), які забезпечені сервісним устаткуванням. Переміщення сфокусованого випромінювання по поверхні зразків здійснювали 2-х координатною системою сканування RAZORSCAN-15 із змінними об'єктивами. У якості зразків використовували заготовки із сплаву ВК8, сталі 65Г, кубічного нітриду бору, конструкційної кераміки на основі карбіду кремнію. В процесі досліджень змінювалася швидкість сканування, крок між доріжками та інш.

В результаті проведених досліджень встановлено:

1. Одним з головних чинників, які впливають на результат фрезерування виробів сфокусованим випромінюванням лазерів на алюмо-іттрієвому гранаті з модульованою добротністю є не тільки режими обробки та теплофізичні властивості матеріалів які обробляються, але й механізм їх руйнування.

2. При рівних умовах обробки, мінімальна шорсткість обробленої поверхні спостерігається у матеріалів, руйнування яких відбувається без утворення рідкої фази, або коли її кількість мінімальна.

УДК 616.132-089.843-053

Бик П.Л., ас.; Голінко В.М., студ.; Моторний В.М., студ.; Мішалов В.Г., д.мед.н., проф.
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ІМПЛАНТАЦІЯ СТЕНТА В ЧЕРЕВНУ АОРТУ ЩУРА В ЕКСПЕРИМЕНТІ

Актуальність: стентування – найбільш щадний та один з найбільш ефективних методів хірургічного лікування звуження просвіту судин і відновлення порушеного кровообігу. Найчастіше цей метод застосовується для хірургічного лікування ішемічної хвороби серця. На сьогодні існує велика кількість стентів з різноманітними характеристиками, що закуповуються за кордоном. У НТУУ «КПІ» за допомогою лазерних технологій, було виготовлено перший український стент, який незабаром зможе стати альтернативою своїм високоякісним зарубіжним аналогам.

Мета: дослідження характеристик стента в живому організмі.

Матеріали та методи: перший український стент, виготовлений за допомогою лазерних технологій з голки шприца (хірургічна сталь) діаметром 1,3 мм; щур лінії Вістар віком 12 місяців з масою близько 200 г. Експеримент перебігав у 2 етапи. Під час першої операції було змодельовано стеноз аорти. Після лапаротомії було виділено черевну аорту, на її проксимальний та дистальний кінці накладено судинні затискачі, економно резецировано невелику ділянку аорти з попереднім видаленням адвентиції. Дефект було ушито циркулярним неперервним обвивним швом Карреля у модифікації Морозової «кінець у кінець» з використанням атравматичної голки з поліамідною ниткою 8/0. Через 2 місяці було проведено другий етап – імплантацію стента (Рис.1) в аорту, для лікування змодельованого стенозу. Після лапаротомії було виділено черевну аорту, вище місця раніше накладеного судинного анастомозу виконано аортотомію з попереднім накладанням на її проксимальний та дистальний кінці судинних затискачів.

Ручним методом з використання пінцетів було імплантовано стент в аорту, а саме в ділянку стенозу, що розвинулася на місці попереднього судинного анастомозу. Дефект було ушито циркулярним неперервним обвивним швом Карреля у модифікації Морозової «кінець у кінець» з використанням атравматичної голки з поліамідною ниткою 8/0. Антибіотикотерапія, антибіотикопротекція та антикоагулянтна терапія не проводилися.

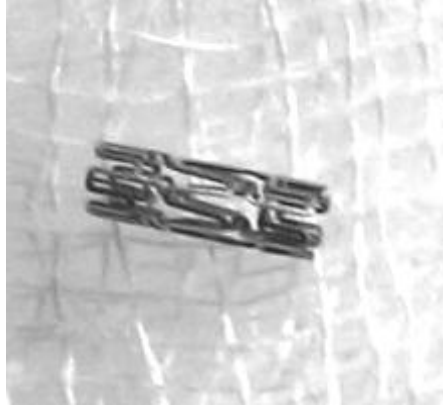


Рис.1 Стент, який встановлено в артерію щура

Результати: макроскопічне та мікроскопічне дослідження після виведення тварини з експерименту довело ефективне відновлення діаметру черевної аорти в ділянці імплантованого стента, спроможність судинного анастомозу та наявність мікротромбів у ділянці стентування.

Висновки: імплантацію стента було здійснено успішно. Мікротромбоз у ділянці стентування пов'язаний з непроведенням антикоагулянтної терапії та відсутністю на стенті лікувального покриття. Отже, після доопрацювання моделі стента та дослідження малоінвазивних методик його доставки в пошкоджену судину на більш крупних тварин можна буде стверджувати про винайдення альтернативи зарубіжним стентам.

УДК 621.375.826

Черевань М.В., студ., Красавін О.П., асистент

ЛАЗЕРНЕ ЛЕГУВАННЯ З ТВЕРДОЇ ФАЗИ

Лазерна техніка знайшла широке застосування практично у всіх галузях промисловості. За допомогою лазерного випромінювання здійснюється прошивка прецизійних отворів, різання, зварювання, зміцнення, наплавлення, локальне легування металу, маркування та інші технологічні операції. Підвищений інтерес до лазерної технології викликаний як специфічними характеристиками і можливостями лазерного випромінювання, так і необхідністю створення нових видів зміцнюючої обробки, безвідходної і маловідходної технологій розкрою, різання листових металевих матеріалів.

Лазерне випромінювання як новий метод універсального обладнання дозволяє здійснити великий комплекс різних технологічних операцій на основі єдиних принципів впливу на матеріал і на однотипному обладнанні. У даній роботі розглянуто легування алюмінію хромом.

Проведені дослідження показали можливість легування виробів з алюмінію хромом за допомогою імпульсного лазерного випромінювання. Дослідження проводились на лазерній установці ГОС-301М. Нанесення легуючого шару було виконано електродіодним методом та вакуумним напиленням на установці ВУП-5м. Вивчення

особливостей легування було зроблено на приладах ПМТ-3 та УПМ-1, мікроструктура вивчалась на металографічному мікроскопі МІМ-8. Запропонована конструкція камери для лазерного опромінення зразків дозволяє проводити опромінення при різних умовах оточуючого середовища (температура, захисні гази, опромінення вакуумі). Розроблена конструкція тримача зразків для легування із фольги.

УДК 621.375.826

Четверікова О.П., студ., Красавін О.П., асистент

ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ОПРОМІНЕННІ ТОНКИХ ТІЛ

Велику цікавість виявляє питання розподілу температурних полів у деталях з обмеженими умовами тепловідведення при дії на них лазерного випромінювання. З метою вивчення розподілу температури по глибині зразка були проведені ці дослідження. Моделлю процесу використовували нестационарне нелінійне рівняння теплопровідності (1) з граничними умовами другого роду (2), початковими умовами (3) і урахуванням фазових перетворень (неявна схема виділення меж плавлення і випаровування) оброблювального матеріалу (4)

$$C_V(T) \cdot \rho(T) \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\lambda(T) \frac{\partial T}{\partial z} \right) \quad (1)$$

$$\left. \frac{\partial T}{\partial x} \right|_{\substack{x=0 \\ x=HX}} = 0; \quad \left. \frac{\partial T}{\partial y} \right|_{y=HY} = 0; \quad \lambda(T) \Big|_{y=0} = (1 - R(T)) \cdot W_p(x, z, t); \quad \left. \frac{\partial T}{\partial z} \right|_{\substack{z=0 \\ z=HZ}} = 0; \quad (2)$$

$$T_{Start} = 25^{\circ}C \quad (3)$$

$$C(T) = C(T) + \delta Q_f (T_f - T) \quad (4)$$

де: x, y, z, t - просторові і часова координати ;

$C_V(T), \rho(T), \lambda(T), R(T)$ - залежності теплоємності, питомої ваги, теплопровідності й оптичних властивостей оброблюваного матеріалу деталі від температури (T);

Q_f - ентальпія фазового переходу;

T_f - температура фазового переходу;

δ - δ функція Дірака;

HX, HY, HZ -довжина, товщина та ширина деталі;

$W_p(x, z, t)$ - залежність концентрації потужності лазерного випромінювання, сфокусованого на оброблювальній поверхні від просторових і часової координат.

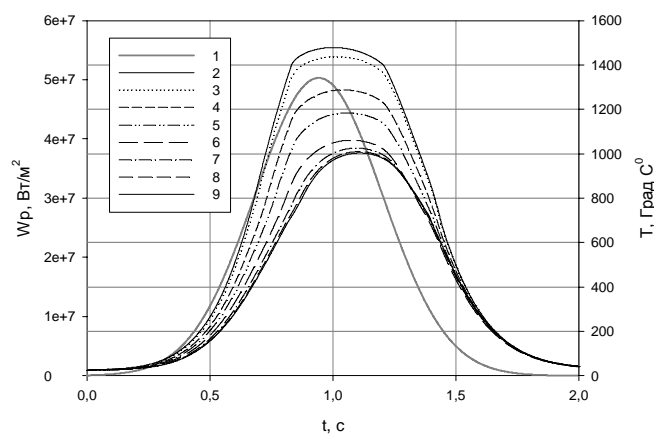


Рис.1. Залежність температури $T(y)$ на різній глибині від поверхні, що оброблюється, та густини потужності сфокусованого лазерного променя W_p від часу t при обробці

зразка сталі У8 (товщина 1мм) лазерним променем з $P_m = 800\text{Вт}$, сфокусованим в пляму з $r = 2.25\text{ мм}$, та рухається зі швидкістю $V = 4.3333333\text{E}-0003\text{ м/с}$:

На Рис. 1 приведені типові "термічні цикли" зони лазерного впливу (залежності зміни температури $T(y,t)$ на різній глибині у від опроміненої поверхні від часу t і залежності підведеної концентрації потужності сфокусованого випромінювання W_p , від часу t при обробці безперервним лазерним променем.

УДК 547.995: 687.5

Романюк К.О., студ.; Березіна Н.О., доц.; Сердітов О.Т., к.т.н., доц.

ХІТИН ТА ЙОГО ПОХІДНІ. ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ

Кожна жінка мріє на довгі роки зберегти молодість шкіри. Звичайно, клітини нашої шкіри теж поступово оновлюються, але повністю змінити свої покриви, як це роблять, наприклад, раки або краби ми не можемо. Однак з хітинового покриву членистоногих сучасна наука навчилася отримувати найважливіший для багатьох живих істот елемент - хітозан, який допомагає лікарям виліковувати безліч захворювань, а косметологам - зберігати людську молодість і красу.

Хітозан є амінополісахарид, отриманий при видаленні ацетильної групи в хітині в результаті обробки його в жорстких умовах розчином лугу, що дозволяє замістити ацетильної групи хітину аміногрупами. Їх антибактеріальні, протигрибкові та антивірусні властивості роблять їх особливо корисними для біомедичних застосувань, таких, як пов'язки на рани, хірургічні шви і в якості допоміжних засобів при хірургії катаракти і при лікуванні періодонтальних захворювань. Здатність набрякати і утримувати вологу – унікальна властивість хітозана. Завдяки цьому в косметології він використовується як чудовий зволожувач, який до того ж сприяє відновленню природного зволожувального чинника шкіри.

Хітозан зволожує нашу шкіру двома способами. По-перше, витягує вологу з навколишнього повітря і насичує нею верхні шари епідермісу. А по-друге, хітозан створює на поверхні шкіри тоненьку захисну плівку, що перешкоджає випаровуванню вологи з дерми. Особливо підходить він для чутливої і схильної до алергії шкіри. Одна з головних заслуг хітозана – боротьба з онкологічними захворюваннями. Розчинений у крові, цей препарат з успіхом пригнічує ракові клітки.

По-перше, він створює якнайкращі «умови роботи» для лімфоцитів – клітин, які знищують своїх дефектних «побратимів». Річ у тому, що хітозан відновлює кислотно-лужний баланс у тканинах. Вдячні лімфоцити стають найактивнішими і з потрібним азартом починають знищувати ракові клітини. По-друге, виводячи токсини з кишкового тракту, хітозан бореться з онкологічною інтоксикацією. Саме остання – причина недокрів'я, слабкості і різкої втрати ваги у хворих. Хітозан не тільки «чистить організм», але і покращує апетит. У страждальників з'являються нові сили для боротьби з хворобою.

Нарешті, хітозан перешкоджає виникненню метастазів. Механізм цього захисту умовно такий: хітозан дуже щільно прилягає до внутрішньої поверхні кровоносних судин і робить їх дуже «слизькими» для ракових кліток. Ворогам буквально нема за що зачепитися, і тому їм дуже складно переміститися в інші органи і закріпитися там.

Хітозан оцінили не тільки онкологи, але й лікарі-гастроентерологи, дієтологи і ліпідологи. Адже хітозан знижує рівень жирів (ліпідів) та шкідливого холестерину в крові. Навіть якщо ми переїли жирного, хітозан допоможе вивести всі жири в

незмінному незасвоюваному вигляді. Печінка зітхне з полегшенням, а загроза атеросклерозу, цирозу і ожиріння відсунеться на невизначений термін.

В роботі освітлені методи отримання хітину та його похідних з природної сировини. Хітин та хітозан. Будова, фізичні та хімічні властивості. Застосування хітину та хітозану як біологічно активних речовин в фармакології і косметології, як адсорбентів, як волокнотвірних матеріалів в медицині та інше.

УДК 621.375.826

Переheyда А.В., студ., Головка Л.Ф., проф., Красавін О.П., асистент

ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЕННЯ

Лазерна техніка знайшла широке застосування практично у всіх галузях промисловості. За допомогою лазерного випромінювання здійснюється прошивка прецизійних отворів, різання, зварювання, зміцнення, наплавлення, локальне легування металу, маркування та інші технологічні операції. Підвищений інтерес до лазерної технології викликаний як специфічними характеристиками і можливостями лазерного випромінювання, так і необхідністю створення нових видів зміцнюючої обробки, безвідходної і маловідходної технологій розкрою, різання листових металевих матеріалів.

Лазерне випромінювання як новий метод універсального обладнання дозволяє здійснити великий комплекс різних технологічних операцій на основі єдиних принципів впливу на матеріал і на однотипному обладнанні. Але без знання розподілу лазерного випромінення у сфокусованій плямі дуже важко досягнути повторюваність результатів обробки. У даній роботі розглянуто можливість вимірювання розподілу лазерного випромінення після його фокусування.

Визначення діаметра та розподілу густини потоку випромінення проводилось дискретним зондуванням поперекового перетину променя діафрагмою діаметром 0,1 мм, що забезпечує точність визначення розмірів при діаметрі менше 2 мм не гірше 5 %. Лазерне випромінення спрямовувалось на поверхню водоохолодженого мідного дзеркала, в якому виконан отвір діафрагми. Для виключення попадання віддзеркаленого променя у резонатор лазера дзеркало відхилялось відносно осі пучка під кутом 15° . Випромінення крізь діафрагму та модулятор направлялося на піроелектричний приймач типу МП5П. Всі елементи жорстко кріпилися на столі який переміщувався по програмі зі швидкістю 0,3 м/мін. Сигнал з піроприймача фіксувався запам'ятовуючим осцилографом С8-13. На основі отриманих результатів будувалась просторова конфігурація сфокусованого лазерного випромінення.

УДК 621.539.376

Аль Хавальди Али, студ., Сердитов А.Т., к.т.н., доц., Желдубовский А.В., к.т.н., ст.н.с., Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доц.

ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ

Проблема обеспечения работоспособности и надежности деталей и узлов создаваемых машиностроительных конструкций, подверженных в эксплуатационных

умовлях силовому впливу, зв'язана з необхідністю удосконалення методів діагностики стану матеріала, з якого вони виготовлені. Особливе місце тут займають завдання оцінки залишкового ресурсу матеріала, успіх у вирішенні яких, суттєво залежить від фізичної обґрунтованості та ефективності обраних методів дослідження. У цій роботі як такого використовується метод визначення поточної величини накопленої пошкодженості матеріала. Представлена розрахунково-експериментальна методика оцінки залишкового ресурсу матеріала, працюючого в умовах тривалого статичного навантаження, заснована на експериментальному визначенні трьох значень накопленої пошкодженості на початковій стадії навантаження. Розроблений метод побудови кінетических діаграм пошкодженості дозволяє з достатньою ступенем достовірності оцінювати виснажений та залишковий ресурс матеріала.

УДК 621. 875

Баліцький Ю.М., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.-м.н., доц.

НАНЕСЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ СТАЛЕЙ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ КАРБІДІВ ТИТАНУ ТА ВАНАДІЮ

Підвищення різноманітних контактних навантажень, швидкостей роботи деталей машин та інструментів як актуальної задачі потребують збереженню або навіть зростання терміну їх експлуатації. Руїнування поверхневих шарів виробів, яке відбувається через абразивне, ерозійне, окислювально-дифузійне зношування, корозію тощо, значно знижується при нанесенні високотвердих покриттів на основі карбідів, боридів та нітридів перехідних матеріалів IV – VI груп періодичної системи. Відповідна задача дуже успішно розв'язується методами фізичного та хімічного осадження покриттів з парової фази, а також методами хіміко-термічної обробки. Сучасні промислові технології використання методів хіміко-термічної обробки осадження з газової фази дають можливість отримувати одно- і багатошарові покриття типу TiC, VC, (Ti, V)C. Слід підкреслити, що порівняно з одношаровими покриттями багатошарові показали вищі експлуатаційні характеристики в умовах різання. Ці покриття відрізняються від інших високою твердістю, значною адгезією з вихідним сплавом, практичною непористістю та високими експлуатаційними властивостями. Метою роботи є нанесення на поверхню сталі комплексних карбідних покриттів при наявності титану, ванадію, вуглецю методом хіміко-термічної обробки, дослідження їх фазового складу, структури, товщини, мікротвердості та зносостійкості в умовах тертя ковзання без змащування. За об'єкт дослідження було вибрано сталі 9ХЕ та ШХ15. Процес хіміко-термічної обробки відбувався при зниженому тиску при температурі 1050⁰с протягом чотирьох годин. Як вихідні реагенти використовувався порошок титану, деревне вугілля та чотирьох хлористий вуглець. Фазовий склад покриттів визначався на рентгенівському дифрактометрі ДРОН УМ-14 в мідному монохроматизованому випромінюванні. Розшифровка дифрактограм здійснювалась за допомогою програмного забезпечення PowderCell 2.2. Металографічні дослідження проводились на мікроскопі Axiovert 40 MAT. Мікротвердість і товщина покриттів випромінювань вимірювались приладом ПМТ-3. Аналіз отриманих даних показав, що карбідна складова дифузійної зони формується переважно завдяки вуглецю основи. Це пояснює той факт, що максимальний за товщиною шар карбиду титану та ванадію (Ti, V)C утворюється на сталі 9ХС і становить 9,0 мкм, а на сталі ШХ15 – 6,0 мкм. Встановлено, що шар карбиду титану з TiC з максимальною мікротвердістю утворюється на сталі 9ХС – 35.5 ГПА. Зміна мікротвердості у двошарових покриттях

(Ti,V)C від поверхні до основи порівняно з одношаровим TiC, VC більш плавна, що буде позитивно впливати на стійкість покриттів в умовах контактної взаємодії. Таким чином в роботі показана можливість отримання після хіміко-термічної обробки багатшарових карбідних покриттів типу (Ti,V)C на поверхні сталей 9XC і ШХ15, стійкість яких значно вище ніж сталей у вихідному стані.

УДК 539.376

Галицький Т.О., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Желдубовський О.В., к.т.н., ст.н.с., Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доц.

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯК НАСЛІДОК ЗАПРОВАДЖЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ЇХ ПОВЕРХНІ

Однією з найважливіших сучасних проблем механіки деформівного твердого тіла, є проблема прогнозування міцності матеріалів і елементів конструкцій, що знаходяться тривалий час під впливом навантаження та високих температур. У випадку дії перемінного навантаження в якості метода оцінки реалізованого і залишкового ресурсу часто використовуються результати дослідження кінетики накопичення втомного пошкодження. В даній роботі пошкодження від втоми ідентифікується як реєструємі у часі зміни характеристик поверхневого шару матеріалу – мікротвердості (за Віккерсом) та товщини поверхні в якій сталися зміни внаслідок запроваджених технологій обробки матеріалів. Розроблено методика вимірювання товщини поверхневого шару металічних матеріалів, який має відмінні від решти матеріалу властивості. Вона базується на вимірюванні та інтерпретації масштабного ефекту мікротвердості, реєстрація якого реалізується за результатами запису діаграми вдавлювання індентора. Наведено результати вимірювання товщини поверхневого шару матеріалу зі зміненими фізико-механічними властивостями, який сформувався в результаті різних видів обробки поверхні – електроерозійної, лазерної та механічної. Обґрунтовано залежність початкової товщини шару від вихідної пластичності матеріалу. Аналізуються результати дослідження зміни товщини поверхневого шару внаслідок дії циклічного навантаження, що показали його зменшення з ростом числа циклів за лінійним законом в напівлогарифмічній системі координат. Мінімальна товщина поверхневого шару (2-3 мкм) досягається на момент руйнування. З використанням досліджених закономірностей розроблено методика оцінки атомної пошкодженості металевих матеріалів, яка дає можливість розраховувати залишкову довговічність. За рахунок моделювання робочої частини зразка у вигляді тонкостінного циліндра запропоновано співвідношення для розрахунку накопиченої пошкодженості матеріалу за умов багаточиклового навантаження, а також виконано аналіз отриманих результатів.

УДК 621. 875

Дурницький Д.А., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф. - м.н., доц.

ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКОЮ

Використання хіміко-термічної обробки для підвищення експериментальних властивостей сталей, які працюють в умовах зношування загально відоме. Досліджується можливість експлуатаційної стійкості деталей із сталей У7, У8, У10,

У12, 15ХН2А, 30ХНМА за рахунок нанесення на їхню поверхню двохкомпонентних покриттів на основі карбіда титану і ванадію. Нанесення здійснювали в замкненому просторі при низькому тиску, в якості вихідних реагентів використовували порошки ванадію та титану з активаторами. Сталі з покриттям досліджували дюрOMETричним, рентгеноструктурним, мікроструктурним та мікрорентгеноспектральним методами, що дозволило вивчати кінетику росту, мікротвердість, хімічний та фазовий склад карбідних шарів.

Використані дослідження та отримані результати дозволяють стверджувати, що в представленій роботі залежність товщини карбідних покриттів від тривалості насичення наближаються до параболічної, а характер зміни товщини від температури процесу має експоненціальну залежність. Шляхом експериментальних досліджень встановлено, що поверхні деталей в усьому температурно-часовому інтервалі утворюється карбід титану та ванадію. В результаті проведених структурних досліджень мікроструктура покриття виявляється у вигляді світлої нетравленої зони товщиною 3- 25 мкм. Визначено, що двохкомпонентні покриття більш пластичні ніж покриття ТПС, що дозволяє збільшити їх товщину без відколу шару до 15-18 мкм. При цьому, для сталей У7, У8, У10, У12 найбільш якісні покриття, що мають максимальні твердість, щільність і міцність, товщиною 10-12 мкм виникають за температурою 1273-1323К за час витримки $10,8 \cdot 10^3$ - $18,0 \cdot 10^3$ с. При дослідженні встановлені зносокорозійна та окалиностійкість сталей з покриттям. В результаті проведених розрахунків ми маємо можливість визначити, що абразивна зносостійкість покриттів залежить від їх мікротвердості і збільшилась у 1,5-1, 8 разів в порівнянні з деталями без покриттів.

Справедливість отриманих експериментальних результатів перевірена в умовах виробничих випробувань в ТЗОВ «ФСГВ» в Київській обл., м. Боярка, «ТМ Ніжний дотик». Визначено, підвищення стійкості інструменту (плашок, протяжок, розверток) і деталей машин (втулок, пальців, сателітів) з карбідними покриттями в 1,5-1,8 разів в порівнянні з серійними. В результаті проведених досліджень можемо зробити наступний висновок: такий спосіб нанесення покриттів, що пропонується, технологічно простий, не потребує коштовного обладнання і може бути упровадженим на будь якому підприємстві.

УДК 621. 875

Максимов Г.Д., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНОЇ ДІЇ

Представленні результати дослідження впливу виду технологічної обробки на параметри поверхневого шару матеріалу. Особлива увага приділена величині товщини поверхневого шару матеріалу із зміненими у наслідок обробки властивостями. З проведених досліджень відмічена наявність цього шару і його впливу на міцність і залежність від часу характеристики матеріалу.

Описана методика виміру товщини поверхневого шару матеріалу, властивості якого відрізняються від властивості серцевини. Методика ґрунтується на вимірі і інтерпретації і масштабного ефекту мікротвердості, реєстрації якого здійснюється за результатами занесену діаграми втискування індентора мікротвердоміра. Вибір методу дослідження обумовлений міркуваннями мінімальної дії на досліджувані надалі характеристик металу. В роботі приведені дані вимірів товщини поверхневого шару із

зміненими фізико-механічними властивостями, що утворився в результаті електроерозійного лазерного і механічного режимів обробки. Встановлена залежність початкової товщини шару від пластичності матеріалу. Розглядаються результати дослідження зміни товщини поверхневого шару металу у наслідок дії циклічного навантаження. Відмічений ефект зменшення товщини шару із збільшенням числа циклів вантаження за лінійним законом в прийнятій системі координат, що свідчить про знеміцнення поверхні і вичерпання бар'єрних функцій поверхневого шару. Міра виявлених змін товщини поверхневого шару для різних матеріалів залежить від умов вантаження температури і напружень. Установлено, що стану руйнування досліджених матеріалів відповідає значення товщини поверхневого шару порядку 2-3 мкм. На основі результатів досліджених закономірностей розроблена методологія оцінки утомленої пошкодженості металевих матеріалів. Результати теоретичних та експериментальних досліджень показали, що товщина поверхневого шару і кінетика його зміни в процесі багатоциклового вантаження можуть служити базою для оцінки залишкової довговічності матеріалу. Передбачено співвідношення для оцінки пошкодженості матеріалу при багатоцикловому вантаженні, засноване на реєстрації кінетики зміни товщини шару і моделюванні перетину зразка матеріалу у вигляді тонкостінного циліндра. Аналізуються результати дослідження кінетики накопичення пошкодженості в процесі багато циклового навантаження. Показано, що в рамках прийнятого представлення спостерігається нелінійний характер накопичення пошкоджень в часі і незалежність інтенсивності процесу від рівня діючої напруги в нормованій системі координат. При цьому спостерігається інтенсивність процесу накопичення пошкоджень на початковому етапі утомного навантаження, що відповідає існуючим представленням. Приведені для порівняння відомі методи оцінки параметрів пошкодженості дають більш далекі від реальної картини відомості про вичерпання довговічності при багатоцикловому вантаженні. Проведено зіставлення розробленого методу з тим, що існує і відмічена його ефективність.

УДК 621. 875

Милош Митич., студ., Сердитов А.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц., Желдубовский А.В., к.т.н., ст.н.с.

ВЛИЯНИЕ ВИДА ОБРАБОТКИ НА ТОЛЩИНУ УПРОЧНЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ И СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ МАТЕРИАЛА

Работа посвящена исследованию закономерностей формирования упрочненного поверхностного слоя металлических материалов в результате обработки их поверхности с использованием различных технологических режимов и кинетики этого слоя в условиях многоциклового нагружения. Актуальность таких исследований обусловлена, с одной стороны тем, что большинство ответственных деталей современных машиностроительных конструкций подвержены в процессе их эксплуатации сложному комплексу силовых воздействий, включающему и циклические напряжения. С другой стороны, усталостное разрушение, инициируемое в большинстве случаев поверхностью материала, обуславливало всегда повышенный интерес к её изучению и поиску оптимальных режимов обработки, которые обеспечивали бы повышение характеристик сопротивления усталости и возможности их обоснованного прогнозирования.

Выполненные исследования продемонстрировали эффективность использованных методик и новизну полученных экспериментальных результатов.

Отмеченные закономерности формирования упрочненного слоя и кинетики его изменения в условиях переменного нагружения позволили более обосновано использовать применительно к усталости подходы механики континуальной поврежденности в части формулирования критериев разрушения и особенностей кинетики накопления. Комплексность проведенного исследования дает возможность в вопросе оценок характеристик выносливости материалов на базе свойств их поверхности последовательно двигаться от чисто качественного уровня оценок к использованию количественных характеристик.

УДК 621. 875

Моисеенко Г.С., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц.

ЗНОСОТІЙКІСТЬ СТАЛЕЙ З КАРБІДНИМ ПОКРИТТЯМ

Застосування, у якості покриттів на основі карбідів титану та ванадію, привело до змін у загальній технології хіміко-термічної обробки різноманітних сталей та інших сплавів для суттєвого підвищення їх зносостійкості. Особливий інтерес становлять сплави, які працюють в умовах абразивного зношування.

Основною метою роботи є дослідження зносостійкості сталі У10 у вихідному стані (гартування та низькотемпературний відпуск) та з твердими покриттями типу карбід титану – карбід ванадію. Виконані дослідження та отримані результати показали, що зносостійкість сталі У10 з покриттям значно підвищується в 1,5- 1,8 рази. Такий результат зумовлений високою мікротвердістю покриттів на основі карбідів титану та ванадію (32,0 – 35,0 ГПА), особливостями структури та низьким коефіцієнтом тертя в зоні контакту. Мікроаналіз поверхонь зношування сталі з покриттям показав, що за умов мінімальних контактних навантажень і швидкостей ковзання, спостерігаються лінії, направлені по ходу тертя. Виникнення цих ліній зумовлено дією твердих часток карбиду титану та ванадію, які відокремлюються від покриття і діють як абразивний матеріал.

При руйнування покриття у разі торцевого до поверхні навантаження утворюється тріщина довжиною c за навантаження на індикаторі P_1 . Для характеристики міцності покриття у реальних умовах напруженого стану запропоновано використати величину під назвою мікроміцність σ , яку визначили за виразом (1):

$$\sigma = P_1 / c^2$$

За відомих навантажень утворення тріщини P_1 , довжини тріщини c , максимального навантаження на індикаторі P_2 та діагоналі відбитка d визначили показник мікрокрихкості γ за виразом (2):

$$\gamma = 1,854 P_2 c^2 / P_1 d^2$$

Виконані дослідження та отримані результати дозволяють стверджувати, що показник мікрокрихкості є ефективною характеристикою покриття, що відповідає його фазовому стану. Можна вважати, що величина P_2 / d^2 характеризує мікротвердість, а P_1 / c^2 - мікроміцність.

Шляхом експериментальних досліджень встановлено значну кореляцію отриманих результатів з показниками мікрокрихкості. Встановлено, що мікротвердість покриттів на основі карбиду титану перевищує мікротвердість шару двохкомпонентних карбідів титану та ванадію (Ti,V) С у 1,4 рази, а абразивна стійкість покриттів на основі карбідів титану TiC перевищує в 1,2 рази стійкість (Ti,V) С.

Таким чином можна зазначити, що зносостійкість покриттів при випробуванні вільним абразивом буде визначатися показником мікрокрихкості γ - чим вище значення γ , тим вища зносостійкість. Зносостійкість сталей У10 з покриттям TiC та (Ti, V) C перевищує зносостійкість вихідної після гартування та відпуску (HRC 62) відповідно в 1,9 та 1,5 разів.

УДК 621. 875

Мухамед Али, студ., Сердитов А.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц.,

О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ СТАЛИ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

В работе исследованы механические и термоэмиссионные свойства сталей 10864 (0,035% C; 0,02 % Si, 0,010 % S; 0,018 % P; 0,10 % Cr; 0,12 % Ni), 20, 45 и У8, упрочненных покрытиями из карбидов титана TiC, карбидов ванадия VC и взаимного сочетания карбидов титана и ванадия (Ti, V) C. Наиболее существенными факторами, определяющими твердость покрытий, являются: силы химической связи в кристаллах, симметрия решетки, дефектность структуры, торможение дислокаций. Характер изменения микрохрупкости обусловлен как изменением различия между коэффициентами термического расширения (КТР) покрытий и сердцевины, так и их удельными объемами, что приводит к изменению напряжений. Так, среди изучаемых покрытий TiC обладает наибольшим удельным объемом, и его КТР значительно отличается от КТР железа, что приводит к образованию высоких напряжений в покрытии и к наибольшей микрохрупкости. Методика оценки микрохрупкости основана на количественном изучении зоны хрупкой повреждаемости в районе отпечатка, включающей в себя всевозможные нарушения сплошности материала от воздействия на него сосредоточенной нагрузки (трещины, сколы).

Показатель микрохрупкости характеризует соотношение площадей хрупкого разрушения и самого отпечатка при микромеханических испытаниях вдавливанием на приборе ПМТ-3, оснащенный приспособлением для автоматического нагружения индентора. Микрохрупкость определяется по формуле $\gamma = (D^2 - d^2)/d^2$, где D - средний размер зоны повреждаемости, мкм; d - диагональ отпечатка, мкм. Косвенно о прочности химической связи в решетке карбидов можно судить, кроме температуры плавления, энергии диссоциации, теплоты образования, и по термоэмиссионным свойствам покрытия (работа выхода электронов из карбидных слоев). Работа выхода зависит от состава стали и вида покрытия. Изменение работы выхода от одного покрытия к другому аналогично изменению микротвердости. Как показали производственные испытания, применение сталей с покрытиями взамен легированных является перспективным для инструментов, работающих в спокойных безударных условиях и испытывающих значительное истирание.

УДК 621.9.044

Везденецкий П. Ю., студент гр. МЛ-91; Дубнюк В.Л., ст. викл.

ОЦІНКА І ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИК ЛАЗЕРНОГО ПРОТОТИПУВАННЯ

Вже багато років активно впроваджуються технології головною відмінністю яких є не видалення матеріалу з заготовки, а навпаки – поступове «вироснування» деталі. Такі методи виготовлення отримали назву адитивних технологій (AF – Additive

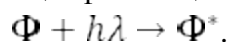
Fabrication), або технології швидкого прототипування (RP – Rapid Prototyping). Зазвичай цей процес відбувається з поступовим додаванням нових шарів матеріалу. Зараз відомо багато різноманітних технологій виготовлення об'ємних виробів з будь-яких матеріалів.

3D-друк. Технологія принципово дуже подібна до звичайних струміневих принтерів. 3D-принтер поступово, шар за шаром «роздруковує» об'ємний виріб, як кулінар вичавлює крем при виготовленні тортів. Завдання приладу перемістити робочу головку у задану точку простору та нанести одиничну порцію друкарського матеріалу. У якості матеріалу, що використовується для вирощування виробів, застосовують віск та поліаміди. При цьому для нанесення цих матеріалів їх просто необхідно нагріти до відповідної температури, при якій вони розріджуються і легко можуть бути перенесені на модель. Тому цю технологію й називають *моделюванням наплавленням* (FDM – Fused Deposition Modeling).

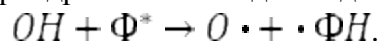
Більш складним за здійсненням є процес 3D-друку з використанням двох рідких компонентів, які при змішуванні переходять у твердий стан. Прикладом такого перетворення є усім відома «епоксидка» (епоксидна смола – олігомери, які містять епоксидні групи і здатні під впливом відповідного реагенту, наприклад поліамінов, створювати полімерні ланцюги значної довжини). У отворі сопла друкарської головки принтера змішуються мономери (олігомери) з активатором процесу полімеризації, ця суміш наноситься на виріб, що виготовляється, і через деякий час твердне.

Найпростіший, найдешевший, але й відповідно не найкращий з точки зору якості та точності, є метод при якому на поверхню виробу наносять шар клейової речовини, а потім, порошковий наповнювач (пісок тощо).

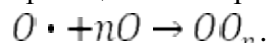
Стереолітографія (SLA – StereoLithography Apparatus) – процес полімеризації олігомерів під впливом енергії світла. Раніше в якості джерела світлової енергії використовували ультрафіолетові або галогенові лампи і опромінювали увесь шар речовини освітлюючи потрібні ділянки за допомогою спеціально виготовленої маски (скільки різних шарів – стільки й масок). Зараз застосовуються лазери, тонко концентрований промінь якого впливає на дуже малу площу полімеризованого шару і переміщується пристроєм сканування по всій поверхні шару. В якості матеріалу для виготовлення виробів за допомогою стереолітографії використовують так звані фотополімеризаційні композиції (ФПК) або просто фотополімери. Складаються ФПК з двох складових – олігомерів та фотоініціатора, інколи необхідне додавання каталітичної речовини. Під впливом світлового випромінювання при поглинанні фотону з енергією $h\lambda$ виділяється активація фотоініціатора (Φ):



Активованій фотоініціатор відриває атом водню від олігомерів (O):



Це призводить до реакції полімеризації олігомерів:



Спінання порошкових матеріалів – технологічний процес пошарового виготовлення виробів з полімерних, металевих або керамічних порошоків під впливом потужних джерел енергії (лазер, дугова лампа тощо).

Сутність дослідницької пропозиції:

Пропонується методика оцінки та оптимізації економічної ефективності різних методів лазерного прототипування.

Для визначення економічного ефекту від впровадження того чи іншого методу RP розглянуто:

Основні складнощі процесу лазерного прототипування в сучасних умовах:

- низька продуктивність;
- висока вартість устаткування;
- обмеження за властивостями нанесеного матеріалу.

Параметри, визначення яких є необхідним для оптимізації процесу:

- продуктивність методики прототипування;
- вартість обладнання;
- вартість матеріалу деталі;
- можливість комбінування з більш швидкими технологіями формоутворення.

УДК 621.375.826:621

Скулевич В.В. студ.; Козирев О.С. ст. вик.; Романенко В.В. доц.

ВИМІРЮВАННЯ СПЕКТРІВ ДИФУЗНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ВІД РІЗНИХ ПОВЕРХОНЬ

Шорсткість поверхні-важливий показник у технічній характеристиці виробу та точності його виготовлення. Для вимірювання шорсткості поверхні найточнішим є саме цей метод. У даній роботі описується результати проведених досліджень та метод вимірювання. За основу вимірювання спектрів дифузного відображення взяли теорію Кубелки – Мунка. Розрахункова схема спектрометричної установки Рис.1.

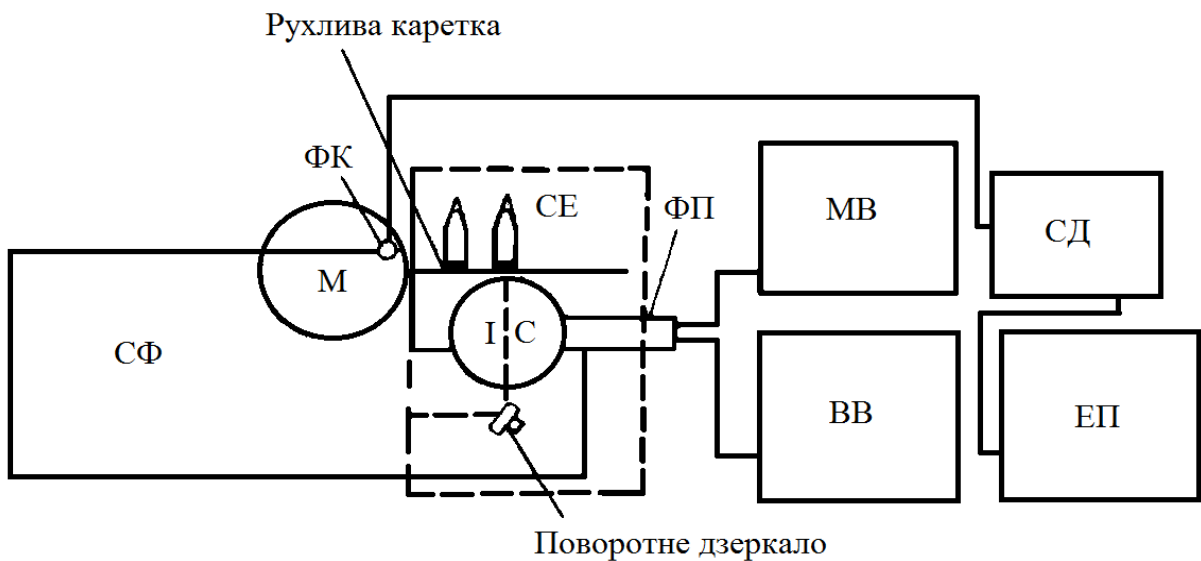


Рис.1. Розрахункова схема спектрометра
Математична перетворення Кубелки – Мунка:

$$F(R_{\infty}) = \frac{(1 - R_{\infty})^2}{2R_{\infty}} = \frac{\beta}{S}$$

R_{∞} – абсолютне дифузне відображення.

β – коефіцієнт поглинання.

S – коефіцієнт розсіювання світла.

Досліди показують, що дифузне випромінювання можна використовувати для оцінки якості поверхонь металів, а також поверхонь виробів пластмас, волокнистих матеріалів та паперу. Також даний процес може бути використаний при автоматизації знаходження напрямлення шорсткості. Така характеристика передбачена ГОСТ 2.309 – 73. Крім того, враховуючи реальне отримане співвідношення між дифузним, лінійним та дзеркальним відбиттям, зміною коефіцієнта і картини відбиття, можна

сформулювати параметри шорсткості, не тільки геометричного, а й оптичного типу з урахуванням виявлення різних дефектів на всій площинні поверхні металу.

УДК 621.375.826:621

Спаська О.О. студ., Козирев О.С. ст. викл., Романенко В.В. доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДБИТТЯ РОЗСІЯНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ

Відбиття лазерного випромінювання (з використанням сканування) застосовується для контролю металевих поверхонь. Цим методом контролюється поверхня металу, фіксуючи відгуки відбитого променя за допомогою фотоелементів, фото помножувача або телекамер. Він вказує на високу чуттєвість до наявних канавок, подряпин, наколів, включень і т.д. при інструментальному аналізуванні прокату на наявність дефектів в процесі його прокатки зі швидкістю до 10м/с. Характер відбиття лазерного випромінювання від металів достатньо складний. Особливо при наявності регулярних смуг чи канавок відбиття формується у вигляді довгої лінії. В залежності від розташування регулярних канавок шорсткості, що з'являється при обробці різанням, чи дефектів у вигляді подряпин відносно площини падіння променя лінія відображення може бути прямою або мати дещо складніший вигин. Розгортання відбиття у вигляді лінії пояснюється тим, що шорсткість поверхні при обробці різанням, утворює більш-менш регулярні елементарні площини відображення в перерізі, що перпендикулярний напрямку регулярних канавок. В свою чергу, при розташуванні канавок перпендикулярних площині падіння лазерного променя елементарні площини відбиття розсіюють випромінювання по прямій лінії, що легко зафіксувати експериментально. Схеми, що пояснюють дане явище, показано рис. 1. Оскільки, в більшості випадків, крім лінійного відбиття спостерігається дифузна складова, що пов'язана з випадковим характером розташування елементарних площин а також з наявності в канавках мікротріщин, та інших дефектів.

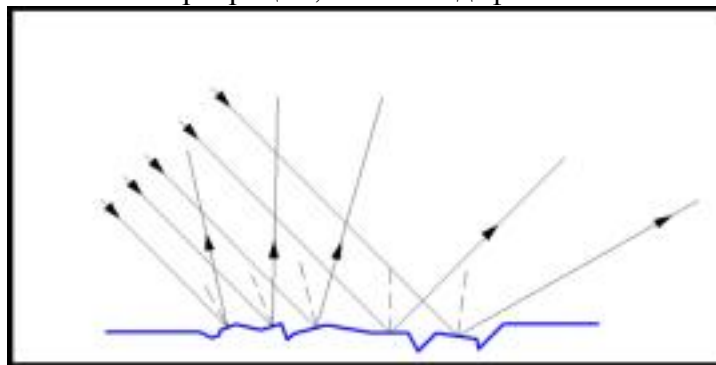


Рис.1. Розсіяння фронту плоскої електромагнітної хвилі на бокових сторонах канавок шорсткості

Метою роботи є дослідження залежностей кута δ відбитої зони з урахуванням дифузної складової, що включає в себе 95% світлової потужності випромінювання в перерізі, що проходить через центр відбиття; коефіцієнта k_0 відбиття; частки D_0 світлової потужності відбитого випромінювання (y %), що потрапляє в зону з діаметром $20d$ (де d – діаметр плями дзеркального відбиття випромінювання); кута Δ падіння лазерного променя, що викликає чітку появу плями прямого дзеркального відображення, від параметра Ra шорсткості. Попередні досліди показують, що картини відбиття розсіяного лазерного випромінювання можна використовувати для оцінки якості пофарбованих чи покритих емаллю поверхонь металу, а також поверхонь

виробів пластмас, волокнистих матеріалів та паперу. Також даний процес може бути використаний при автоматизації знаходження напрямлення шорсткості. Така характеристика передбачена ГОСТ 2.309 – 73. Крім того, враховуючи реальне отримане співвідношення між дифузним, лінійним та дзеркальним відбиттям, зміною коефіцієнта і картини відбиття, можна сформулювати параметри шорсткості, не тільки геометричного, згідно ГОСТ 25142 – 82, а й оптичного типу з урахуванням виявлення різних дефектів на всій площинні поверхні металу.

УДК 621.825.7

Рашківський О.Ю., студент; Кучинський С.О., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

ВІДЦЕНТРОВА МУФТА З КОЛОДКОВИМИ РОБОЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПІДВИЩЕНОЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

Для автоматичного з'єднання валів в приводах машин при досягненні ведучим валом певної частоти обертання широко застосовують відцентрові муфти з робочими елементами у вигляді колодок [1]. Переважно вони містять концентрично розміщені між собою внутрішню ведучу і зовнішню ведену напівмуфти, а також металеві колодки сегментної форми з фрикційними накладками [2]. Крім цього, в таких відцентрових муфтах ведучу напівмуфту виконують у вигляді хрестовини, а ведену напівмуфту – з циліндричним вінцем і гладкою його робочою поверхнею [3]. Фрикційні колодки встановлюють в радіальних пазах ведучої напівмуфти з використанням плоских пружин, а також з можливістю попереднього їх радіального прогину регульовальними гвинтами і радіального переміщення вказаних колодок під дією відцентрових сил. Проте така відцентрова муфта не забезпечує достатньо високу навантажувальну свою здатність, оскільки передача крутного моменту між напівмуфтами здійснюється тільки за рахунок сил тертя між робочими поверхнями фрикційних колодок ведучої напівмуфти і робочою поверхнею циліндричного вінця веденої напівмуфти. Крім цього, при перенавантаженнях муфти фрикційні колодки інтенсивно зношуються і визивають зміну режимів та зменшення строку їх роботи.

В розробленій відцентровій муфті ведена напівмуфта допоміжно виконана із зубчастим вінцем, зміщеним в її осьовому напрямку відносно циліндричного вінця. Разом з цим, ведуча напівмуфта доповнена зубчастими колодками сегментної форми, які також зв'язані з нею при використанні допоміжних плоских пружин і регульовальних гвинтів та мають можливість своєї рухомості в радіальному напрямку і входять в зачеплення із зубчастим вінцем веденої напівмуфти.

Зубці зубчастих колодок ведучої напівмуфти і зубчастого вінця веденої напівмуфти виконані переважно трапецієвидної форми, а бокові грані крайніх зубців кожної зубчастої колодки розміщені в паралельних між собою площинах. Для забезпечення необхідної працездатності відцентрової муфти плоскі пружини зубчастих колодок можуть мати площі своїх поперечних перерізів, які більші площ поперечних перерізів плоских пружин фрикційних колодок.

Величина попереднього радіального прогину плоских пружин зубчастих колодок може мати більшу величину від попереднього радіального прогину плоских пружин фрикційних колодок або ж фрикційні колодки можуть бути виконані з більшими масами від мас зубчастих колодок. Зубчасті колодки можуть також бути встановлені відносно зубчастого вінця з більшим радіальним зазором від радіального зазора між фрикційними колодками і циліндричним вінцем.

Для забезпечення плавності і безшумності включення муфти в початковий момент її роботи ведуча напівмуфта входить в зчеплення з веденою напівмуфтою

своїми фрикційними колодками до майже повного її розгону, створюючи умови для послідуочого безударного входження в зачеплення з нею зубчастих колодок. Вони здійснюють повне розвантаження фрикційних колодок і повністю сприймають все призначене для відцентрової муфти навантаження.

Таким чином, основною силовою частиною запропонованої відцентрової муфти для передачі між її напівмуфтами крутного моменту є зубчасте зачеплення, а вже фрикційне в ній зчеплення є допоміжною силовою частиною. В результаті це сприяє значному підвищенню навантажувальної здатності такої муфти, а також стабілізації режимів і збільшенню строку її роботи в приводах машин.

Література:

1. Поляков В.С., Барбаш Н.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – Л.: Машиностроение, 1974. – 343 с.

2. Прикладная механика /Г.В. Путья, Н.С. Можаровский, Н.Г. Соколов Ф.П. Гордийко. – Киев: Вища школа, 1977. – 536 с.

3. Иванов М.Н. Детали машин: Учебник для студентов высших технических учебных заведений. – М.: Высшая школа, 1991. – 383 с.

УДК 621.882.3

Настенко А.В., студ.; Дубинюк О.В., студ.; Горобець О.І., ас.; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

УДОСКОНАЛЕНА ГАЙКА ДЛЯ З'ЄДНАННЯ (РОЗ'ЄДНАННЯ) ДЕТАЛЕЙ МАШИН В ТРУДНОДОСТУПНИХ МІСЦЯХ

Серед різних спеціально виготовлюваних кріпильних елементів з нарізкою для здійснення з їх допомогою частих і швидких монтажів (демонтажів) роз'ємних з'єднань деталей машин в труднодоступних місцях використовують, наприклад, швидкознімні гайки [1]. Одна із них має дві частини-напівгайки, які з однієї сторони пружно з'єднані між собою, а з другої діаметрально розміщеної від неї сторони розділені радіальним прорізом, при цьому вказаний проріз пересікається з отвором гайки і сходиться в напрямку до його осі під деяким кутом [2, 3].

Крім цього, ширина радіального прорізу гайки на своєму вході декілька більше зовнішнього діаметра стержня болта, а його ширина в місці перетину з отвором менше вказаного діаметра, при цьому обидві частини-напівгайки з'єднані між собою пружною перемичкою, утвореною повздовжнім пазом. На зовнішній поверхні гайки виконана кільцева канавка, в якій розміщується пружне розрізне кільце з однією лапкою, розташованою в її повздовжньому пазу і має з ним однакову ширину, при цьому кінці зазначеного кільця утворюють центральний кут більше 180° .

Проте така гайка не забезпечує достатню надійність нарізного з'єднання після свого затягування на стержні болта із-за малої жорсткості з'єднуючої її обидві частини-напівгайки пружної перемички і розташованої між ними в повздовжньому пазу лапки пружного розрізного кільця. Оскільки лапка зазначеного розрізного кільця займає в повздовжньому пазу гайки поперечне положення і взаємодіє своїми боковими ребрами з торцями пружно з'єднаних між собою кінців її частин-напівгайок, то від жорсткості цієї лапки залежить і жорсткість гайки в цілому після встановлення на ній пружного розрізного кільця.

В свою чергу, жорсткість лапки залежить від її товщини, а оскільки вона виконана за одне ціле з пружним розрізним кільцем, то відповідно і від його жорсткості. Це при великій товщині лапки ускладнює монтаж (демонтаж) пружного розрізного кільця на гайці, а при незначній товщині лапки приводить до різкого

зменшення її жорсткості та можливого деформуванню в повздовжньому пазу під дією виникаючого при затягуванні гайки розклинюючого зусилля в нарізці і зміщення в протилежні сторони її частин-напівгайок, пробуючи розвернути їх своїми вільними кінцями відносно пружної перемички. Під дією спроби такого зміщення частин-напівгайок лапка пружного розрізного кільця сприймає напруження стиску з сторони їх торців і може бути перекошена в повздовжньому пазу, зменшуючи його ширину при деформуванні пружної перемички. В результаті цього, навіть незначне розжимання частин-напівгайок при затягуванні гайки на стержні болта приводить до зменшення нею кута його обхвату і можливого зіскакування нарізних витків, що відповідно не дає можливості забезпечити необхідне затягування гайки на стержні болта нарізного з'єднання.

В удосконаленій гайці пружне розрізне кільце виконане з другою лапкою і доповнене засобом для збільшення її жорсткості у вигляді призматичного сухаря, при цьому обидві лапки мають також засоби для фіксації сухаря відносно пружного розрізного кільця, які виконані у вигляді розміщених перпендикулярно до них і відігнутих назустріч один другому виступів. Крім цього, сухар однією своєю боковою гранню контактує з повернутими до неї поверхнями виступів лапок пружного розрізного кільця, а двома другими своїми боковими гранями – з протилежними поверхнями повздовжнього пазу гайки. В результаті такого її виконання забезпечується швидке збирання (розбирання) нарізного з'єднання, при цьому перед монтажем (демонтажем) гайки пружне розрізне кільце повністю або частково знімається з неї так, щоб його лапки з виступами разом з призматичним сухарем вийшли з повздовжнього пазу. Далі, наприклад, при монтажі гайки її встановлюють своєю опорною поверхнею на поверхню однієї із з'єднаних деталей і радіально насовують на стержень болта, при цьому болт початково здійснює пружне розжимання її частин-напівгайок завдяки наявності в ній повздовжнього пазу і пружної перемички.

Коли стержень болта повністю пройде радіальний проріз гайки її пружна перемичка змикає свої обидві частини-напівгайки навколо нього і після такого надівання гайки на стержень болта пружне розрізне кільце назад встановлюється в її кільцеву канавку так, щоб його лапки з виступами разом з призматичним сухарем розмістилися в повздовжньому пазу гайки, збільшуючи цим самим жорсткість пружної перемички і перешкоджаючи таким чином ослабленню нарізного з'єднання. Потім здійснюється кінцеве затягування гайки на стержні болта. Завдяки такому виконанню гайки забезпечується підвищення надійності нарізного з'єднання після її затягування на стержні болта за рахунок наявності в ній не тільки повздовжнього пазу і пружного розрізного кільця з лапками та виступами на них, але ще і призматичного сухаря, який утримується від любого свого зміщення з допомогою цих же самих лапок із своїми виступами.

Література:

1. Гузенков П.Г. Детали машин: Учебное пособие для студентов втузов. – М.: Высшая школа, 1982. – 351 с.
2. А. с. СССР № 964284, МПК F 16 В 37/10. Быстросъемная гайка /Ю.М. Гузенко. – 1982. Бюл. № 37. – С. 122.
3. Кваша М.І., Серебряков Є.В., Гузенко Ю.М., Коваль Ю.Г. Гайка для з'єднання (роз'єднання) деталей машин в труднодоступних місцях //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, 2011. – С. 50-51.

УДОСКОНАЛЕНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗМІННИХ РЕЖИМІВ ЗМАЩУВАННЯ РОЛИКОВИХ ЗРАЗКІВ

Для забезпечення можливості випробування матеріалів на машинах тертя при змінних режимах змащування роликів зразків використовують пристрої з нерухомо встановленою під нижнім зразком ванною для мастильного матеріалу, при цьому вказаний нижній зразок занурюється в мастильний матеріал ванни на певну глибину і при своєму обертанні подає його в контакт з верхнім зразком [1]. Один із таких пристрів крім ванни з мастильним матеріалом має ще і встановлену під нею призматичну підставку, при цьому зовнішня і внутрішня поверхні дна ванни виконані напівциліндричними, розміщені ексцентрично і утворюють разом стінку змінної товщини [2, 3].

Призматична підставка вказаного пристрою виконана з напівциліндричною виймакою, профіль якої відповідає профілю зовнішньої напівциліндричної поверхні ванни, при цьому ванна розміщена у виймці такої призматичної підставки. При коловому переміщенні ванни в різні сторони створюються умови для плавного підйому або опускання одного і того ж об'єму її мастильного матеріалу відносно основи призматичної підставки, а в разі необхідності при збільшенні величини ексцентриситету розміщення зовнішньої і внутрішньої поверхонь дна ванни відповідно збільшується також різниця в плавній зміні товщини стінки дна ванни та розширюється діапазон необхідної зміни глибини занурення нижнього зразка в її мастильний матеріал.

Проте такий пристрій не забезпечує достатню надійність своєї роботи при знакозмінному переміщенні ванни в коловому напрямку відносно призматичної підставки, оскільки зовнішня напівциліндрична стінка ванни і напівциліндрична виймка підставки виконані гладкими і не забезпечують взаємну їх фіксацію вздовж твірної прилягаючих одна до другої напівциліндричних поверхонь ванни і підставки. В результаті цього, ванна має можливість зміщуватися відносно призматичної підставки в напрямку, перпендикулярному коловому її переміщенню і може випадати з напівциліндричної виймки підставки. В удосконаленому пристрої для змінних режимів змащування роликів зразків призматична підставка і ванна мають однакову ширину, зовнішня напівциліндрична стінка ванни в середній по її ширині частині виконана з прямокутним виступом, а напівциліндрична виймка підставки в середній по її ширині частині виконана з прямокутною напівциліндричною канавкою, ширина якої дорівнює ширині напівкільцевого виступу ванни, а глибина більше його висоти. Відповідно, це забезпечує між ними радіальний зазор і фіксацію ванни відносно призматичної підставки вздовж вісі її колового переміщення. Таким чином, удосконалений пристрій дозволяє підвищити надійність своєї роботи при знакозмінному переміщенні ванни в коловому напрямку відносно призматичної підставки, оскільки зовнішня напівциліндрична стінка ванни і напівциліндрична виймка підставки не виконані гладкими і забезпечують взаємну їх фіксацію вздовж твірної прилягаючих одна до другої напівциліндричних поверхонь ванни і підставки.

Література:

1. Рециков В.Ф. Трение и износ тяжело нагруженных передач. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 с.

2. А. с. СССР № 1670522, МПК G 01 N 3/56. Устройство для испытания материалов на трение и износ при переменных режимах смазки /Ю.М. Гузенко. – 1991. Бюл. № 30. – С. 170.

3. Власюк А.В., Смаглюк М.О., Кваша М.І., Гузенко Ю.М. Пристрій для змінних режимів змащування роликів зразків //Тези доповідей загально-університетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, 2011. – С. 52-53.

УДК 620.178.162

Туровський В.І., студент; Перелай С.Ю., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ПЛІВОК ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Переважно для визначення товщини змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач використовують метод вимірювання величини падіння електричної напруги при пропусканні через роликів зразки постійного струму в режимі нормального тліючого розряду, а призначений для реалізації цього методу пристрій містить послідовно з'єднані із зразками амперметр, реостат, акумуляторну батарею і вимикач, а також паралельно підключений до зразків вольтметр [1]. Одним із удосконалень такого пристрою є допоміжне введення в його електричну схему жорсткої струмопровідної пластини і двох вольтметрів, які підключаються до вказаної пластини і окремих роликів зразків [2, 3].

Такий пристрій дозволяє визначити загальну товщину змащувальних плівок разом з гідродинамічною і граничною її складовими, окремо товщину масляної плівки, загальну товщину граничних змащувальних плівок, що утворилися в процесі триботехнічного випробування матеріалів зубчастих передач на робочих поверхнях обох роликів зразків, а також товщину граничних змащувальних плівок, які утворилися в результаті вказаного випробування на робочих поверхнях кожного роликів зразка окремо. Забезпечується це можливістю вимірювання величини падіння електричної напруги в режимі нормального тліючого розряду не тільки між роликів зразками, але і між жорсткою струмопровідною пластиною, розміщеною після випробування матеріалів зубчастих передач між робочими поверхнями зразків, і кожним з цих зразків окремо.

Проте цей пристрій є складним по конструкції, оскільки для визначення товщини граничних змащувальних плівок, що утворилися в процесі триботехнічного випробування матеріалів зубчастих передач на робочій поверхні кожного роликів зразка окремо, необхідно крім одного основного вольтметра, підключеного паралельно до обох роликів зразків, допоміжно використовувати ще два таких же вольтметра, які підключаються до розміщеної між робочими поверхнями роликів зразків жорсткої струмопровідної пластини і кожного зразка окремо. В зв'язку з цим здійснена подальша модернізація такого пристрою, яка заключається у використанні для нього замість двох вказаних допоміжних вольтметрів одного трипозиційного перемикача, що підключається до жорсткої струмопровідної пластини і обох зразків, при цьому такий перемикач своєю центральною клемою, зв'язаною безпосередньо з його рухомою перемичкою, з'єднаний з жорсткою струмопровідною пластиною, а двома крайніми клемою, розміщеними по обидві сторони відносно середньої нейтральної клемою, з'єднаний з кожним роликів зразком окремо.

Таким чином, вказана модернізація пристрою для визначення товщини різних змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач дозволяє одним і тим же вольтметром виконувати вимірювання величини падіння електричної напруги як між самими роликівими зразками в динамічних умовах триботехнічного випробування матеріалів зубчастих передач, так і виконувати вимірювання величини падіння електричної напруги в статичних умовах між жорсткою струмопровідною пластиною і кожним роликівим зразком окремо, а це відповідно дає можливість значно спростити конструкцію даного пристрою за рахунок виключення необхідності допоміжного використання ще двох таких же самих вольтметрів, які підключаються до жорсткої струмопровідної пластини і обох роликівих зразків.

Література:

1. Райко М.В. Смазка зубчатых передач. – Киев: Техника, 1970. – 196 с.
2. Патент России № 2055344, МПК G 01 N 3/56. Способ определения толщины граничных смазочных пленок при испытаниях материалов зубчатых передач / Ю.М. Гузенко. – 1996. Бюл. № 6. – С. 222.
3. Кваша М.І., Гузенко Ю.М. Удосконалений пристрій для визначення товщини граничних змащувальних плівок при випробуваннях матеріалів зубчастих передач //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, ЛТФТТ, 2012. – С. 2-3.

УДК 620.178.162

Магеровський І.Т., студент; Розумний Д.Ю., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2 ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ ПЛАВНОЗМІННОМУ ВІДНОСНОМУ ПРОКОВЗУВАННІ РОЛИКОВИХ ЗРАЗКІВ

Для випробування матеріалів зубчастих передач використовують машину тертя СМЦ-2 [1], яка забезпечує тертя кочення з відносним проковзуванням гладких циліндричних робочих поверхонь роликівих зразків однакового діаметра 10, 15 або 20% і потребує свого подальшого кінематичного удосконалення. Одним із них є введення в її кінематику двоступінчастого зубчастого вузла замість пружної кулачкової муфти, що дозволяє розширити діапазон ступінчастої зміни відносного проковзування роликівих зразків однакового діаметра в 4,5 рази (до 90%) [2, 3].

Різне відносне проковзування таких роликівих зразків забезпечується наборами змінних і співвісно встановлених на своїх валах зубчастих коліс, при цьому одні пари вказаних змінних зубчастих коліс встановлюються на валах модернізованої машини тертя СМЦ-2 замість напівмуфт пружної кулачкової муфти, а другі пари цих же змінних зубчастих коліс – на проміжному валу регульованої опори введеного в неї двоступінчастого зубчастого вузла. Проте ця машина тертя не забезпечує можливості випробування матеріалів зубчастих передач при плавномінімальному відносному проковзуванні роликівих зразків однакового діаметра.

В зв'язку з цим здійснена подальша модернізація такої машини тертя СМЦ-2, яка заключається у використанні для її двоступінчастого зубчастого вузла однієї пари ексцентрично встановлених на валах зубчастих коліс з однаковими діаметрами своїх початкових кіл і другої пари співвісно встановлених на своїх валах зубчастих коліс з різними діаметрами своїх початкових кіл. Разом з цим, співвісно встановлені на валах зубчасті колеса мають радіуси своїх початкових кіл, які дорівнюють мінімальним і

максимальним відстаням початкових кіл ексцентрично встановлених на своїх валах зубчастих коліс до вісей їх обертання.

Величина ексцентриситета ексцентрично встановлених зубчастих коліс, радіус їх початкових кіл, а також радіуси початкових кіл співвісно встановлених зубчастих коліс в кожному конкретному випадку вибираються індивідуально в залежності від вибраної ширини необхідного діапазона плавномінного відносного проковзування роликів зразків однакового діаметра. При таких умовах виконання співвісно і ексцентрично встановлених зубчастих коліс їх міжосьові відстані повинні бути однаковими між собою, а забезпечення таких міжосьових відстаней здійснюється саме з допомогою регульованої опори для проміжного вала введеного в кінематику машини тертя СМЦ-2 двоступінчастого зубчастого вузла.

Таким чином, зазначена модернізація машини тертя СМЦ-2 дозволяє проводити на ній триботехнічні випробування матеріалів зубчастих передач при плавномінному відносному проковзуванні роликів зразків однакового діаметра.

Література:

1. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин /В.Д. Зозуля, Е.Л. Шведков, Д.Я. Ровинский, Э.Д. Браун; Отв. ред. И.М. Федорченко. АН УССР. Ин-т проблем материаловедения. – Киев: Наукова думка, 1990. – 264 с.

2. А. с. СССР № 1348714, МПК G 01 N 3/56. Машина для испытания материалов и смазывающих масел на трение и износ /Ю.М. Гузенко. – 1987. Бюл. № 40. – С. 178.

3. Носальська О.Є., Лопатіна Д.Ю., Лісовол О.П., Гузенко Ю.М. Удосконалення машини тертя СМЦ-2 для випробування матеріалів зубчастих передач при терті кочення з відносним проковзуванням //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, ЛТФТТ, 2012. – С. 3.

УДК 621.825.5

Ковальов І.С., студент; Насухо І.Д., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

УДОСКОНАЛЕНА ПРУЖНА ЗУБЧАСТА МУФТА З ПАКЕТАМИ ПЛАСТИН ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ І НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ

Для з'єднання валів в приводах машин широко застосовують різні комбіновані муфти [1]. Одна із них містить ведучу напівмуфту у вигляді зубчастого колеса з внутрішніми зубцями і ведену напівмуфту з встановленими в ній на вісях шестернями, які входять в зачеплення з ведучою напівмуфтою і зв'язані між собою пружними елементами у вигляді пакетів металевих та гумових пластин [2, 3].

Кожна шестерня такої пружної зубчастої муфти виконана з двома радіальними пазами, розміщеними між собою під деяким кутом, при цьому пакети металевих та гумових пластин своїми кінцями розміщуються в цих радіальних пазах шестерен і утворюють разом з ними замкнутий контур. Глибина і ширина радіальних пазів шестерен повинні забезпечувати надійне утримування кінців металевих та гумових пластин від вискакування із них при перенавантаженнях муфти, а також беззасорний і з деяким попереднім натягом їх монтаж.

Із зменшенням відстані між шестернями жорсткість муфти збільшується, при цьому пакети металевих та гумових пластин працюють на складний згин з одночасним відносним їх зсувом, що відповідно при такій їх роботі забезпечує можливість отримувати більш нелінійну характеристику включення муфти і підвищену її демпфіруючу здатність. Проте така пружна зубчаста муфта не забезпечує достатню

надійність і навантажувальну здатність своєї роботи в приводах машин, оскільки не виключає вірогідність вискакування пакетів металевих та гумових пластин з радіальних пазів шестерен.

В розробленій пружній зубчастій муфті кожна шестерня допоміжно виконана з однією лискою між своїми двома радіальними пазами, а з можливістю взаємодії своїми гранями з пакетами металевих та гумових пластин і вказаними лисками шестерен встановлений багатогранний вкладиш з гуми або іншого еластичного матеріалу. Кількість граней вкладиша повинна дорівнювати сумі кількостей шестерен і пакетів металевих та гумових пластин, при цьому відстані між шестернями і довжини їх лисок повинні бути однаковими між собою, а багатогранний вкладиш міг би мати правильну форму і був при цьому простим у своєму виготовленні.

Разом з цим, багатогранний вкладиш встановлюється між лисками шестерен і пакетами металевих та гумових пластин з деяким попереднім натягом, який забезпечує його надійне закріплення і безззорний монтаж. Ширина пакетів металевих та гумових пластин і багатогранного вкладиша може дорівнювати або бути декілька менше ширини шестерен, при цьому пакети металевих та гумових пластин знову ж таки працюють на складний згин з одночасним їх зсувом, а багатогранний вкладиш працює на зсув з одночасним стиском, який в основному забезпечується лисками шестерен при їх обертанні навколо своїх вісей і пакетами металевих та гумових пластин при їх складному виді деформації цими ж шестернями.

Така комбінація деформацій пакетів металевих та гумових пластин при наявності багатогранного вкладиша дає можливість отримувати в пружній зубчастій муфті нелінійну характеристику її включення, а також забезпечити максимальну демпфіруючу її здатність. Навантажувальна здатність цієї муфти підвищується за рахунок допоміжного зв'язку шестерен встановленим між ними багатогранним вкладишем і взаємодії з ним наборів металевих та гумових пластин, при цьому наявність вказаного вкладиша дає можливість підвищити надійність роботи муфти при її перенавантаженнях, оскільки він в значній мірі є обмежувачем від занадто великої деформації пакетів металевих та гумових пластин від вискакування їх з радіальних пазів шестерен.

Література:

1. Поляков В.С., Барбаш Н.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – М.: Машиностроение, 1974. – 343 с.
2. А. с. СССР № 981731, МПК F 16 D 3/18. Упругая зубчатая муфта Ю. М. Гузенко /Ю.М. Гузенко. – 1982. Бюл. № 46. – С. 181.
3. Сібуров Г.С., Гузенко Ю.М. Пружна зубчаста муфта з пакетами пластин підвищеної демпфіруючої здатності //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, ЛТФТТ, 2012. – С. 6.

УДК 621.825.5

Павленко Р.І., студент; Богдан А.В., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

УДОСКОНАЛЕНА ВІДЦЕНТРОВА МУФТА З ФРИКЦІЙНИМИ СТРІЧКАМИ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ

В приводах машин для автоматичного з'єднання їх валів при досягненні ведучим валом необхідної частоти обертання широко використовують відцентрові муфти [1]. Одна із них містить концентрично розміщені внутрішню ведучу і зовнішню ведену

напівмуфти, а також частково заведені в торцеві пази ведучої напівмуфти дві фрикційні стрічки, кожна з яких розташована в кільцевому зазорі між напівмуфтами своїми обома кінцями, при цьому обидві фрикційні стрічки розташовані своїми кінцями в одному коловому напрямку [2, 3].

В зазорах між торцевими виступами ведучої напівмуфти і вільними кінцями обох фрикційних стрічок, взаємодіючими при роботі муфти з її веденою напівмуфтою допоміжно встановлені металеві вантажі, при цьому товщина цих вантажів дорівнює товщині фрикційних стрічок з тим, щоб вони могли бути вільно розміщеними в призначених для них зазорах. При обертанні ведучої напівмуфти, вона закріпленими на ній фрикційними стрічками діє на ведену напівмуфту і після досягнення ведучою напівмуфтою заданої частоти обертання відбувається притискання фрикційних стрічок до веденої напівмуфти своїми кінцями, розміщеними по колу більшого діаметра і плавне захоплення її в обертальний рух.

Проте така відцентрова муфта не забезпечує достатню надійність своєї роботи в приводах машин, оскільки допоміжно встановлені металеві вантажі вільно розміщені в коловому напрямку муфти і в процесі її роботи під дією колового зусилля, діючого в протилежну сторону обертання муфти, можуть заклинюватися між обома кінцями кожної фрикційної стрічки і залишатися в цьому положенні після її зупинки. Це виключає можливість плавного з'єднання напівмуфт при повторному включенні муфти із-за того, що металеві вантажі в процесі її роботи своїми гострими кромками (ребрами) впираються в кінці фрикційних стрічок, розміщених по колу меншого діаметра, роблячи спробу їх зрізати.

В розробленій відцентровій муфті допоміжно встановлені фіксатори колового положення металевих вантажів у вигляді штирів, розміщених радіально і закріплених жорстко на ведучій напівмуфті, а металеві вантажі виконані із скрізними отворами і вільно встановлені на штирях, при цьому довжина виступаючої з ведучої напівмуфти частини штирів не повинна бути більшою товщини металевих вантажів. Це необхідно для того, щоб штирі не впиралися в кінці фрикційних стрічок, розміщених по колу більшого діаметра і контактуючих з веденою напівмуфтою.

Наявність в такій муфті металевих вантажів забезпечує рівномірне прилягання фрикційних стрічок до веденої напівмуфти по всій довжині їх контакту, а вільне встановлення цих вантажів на штирях забезпечує фіксацію їх в коловому напрямку муфти. Це виключає заклинювання металевих вантажів між кінцями фрикційних стрічок в процесі роботи муфти, а також виключає впирання гострих кромки (ребер) металевих вантажів в кінці фрикційних стрічок, розміщених по колу меншого діаметра і можливості їх зрізу в процесі експлуатації.

Таким чином, фіксація металевих вантажів від свого переміщення в коловому напрямку муфти шляхом встановлення їх на штирях дозволяє значно підвищити надійність роботи відцентрової муфти.

Література:

1. Поляков В.С., Барбаш Н.Д., Ряховский О.А. Справочник по муфтам. – М.: Машиностроение, 1974. – 343 с.

2. А. с. СССР № 813011, МПК F 16 D 13/12; F 16 D 43/18. Центробежная муфта /Ю.М. Гузенко. – 1981. Бюл. № 10. – С. 132.

3. Шилюк В.В., Гузенко Ю.М. Відцентрова муфта з фрикційними стрічками підвищеної навантажувальної здатності //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, ЛТФТТ, 2012. – С. 9-10.

УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2 ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ ТЕРТІ КОЧЕННЯ

Для забезпечення триботехнічного випробування матеріалів зубчастих передач широко використовується машина тертя СМЦ-2, яка може здійснювати тертя кочення роликів зразків однакового діаметра при частотах обертання 300, 500 або 1000 хв⁻¹ і тертя кочення з відносними проковзуваннями своїх гладких циліндричних робочих поверхонь 10, 15 або 20% [1]. Введення в її кінематику двоступінчастого зубчастого вузла замість пружної кулачкової муфти дозволяє розширити діапазон відносного проковзування вказаних роликів зразків в 4,5 рази і забезпечити ступінчасту його зміну від нуля до 90% через кожні 10%, при цьому різні проковзування їх робочих поверхонь забезпечується різними наборами змінних зубчастих коліс, одні з яких встановлюють співвісно на валах саме замість напівмуфт пружної кулачкової муфти, а другі – співвісно на проміжному валу регульованої опори введеного в її кінематику двоступінчастого зубчастого вузла [2].

Проте вказане удосконалення машини тертя СМЦ-2 не забезпечує можливості випробування матеріалів зубчастих передач при більшій кількості і в більш широкому діапазоні сумарних швидкостей кочення роликів зразків однакового діаметра, а також з використанням в ній одних і тих же самих різних наборів змінних зубчастих коліс введеного в її кінематику двоступінчастого зубчастого вузла замість пружної кулачкової муфти. В зв'язку з цим здійснене подальше удосконалення такої машини тертя СМЦ-2, яка заключається у введенні в її кінематику двох допоміжних зубчастих коліс з однаковими діаметрами своїх початкових кіл, при цьому вони закріплені на валах роликів зразків і кінематично з'єднані між собою, діаметри їх початкових кіл дорівнюють зовнішнім діаметрам зазначених зразків, а між валами нижнього роликів зразка і одного із крайніх ведучих зубчастих коліс привода їх обертання встановлена зубчаста або кулачкова зчїпна муфта [3].

Одна із напівмуфт зчїпної муфти встановлена на валу нижнього роликів зразка з можливістю її осьового переміщення в одну або другу сторону і з'єднання або роз'єднання її з другою напівмуфтою, встановленою нерухомо на валу одного із крайніх ведучих зубчастих коліс. Допоміжні зубчасті колеса встановлюються на валах обох роликів зразків тільки при роз'єднанні напівмуфт зчїпної муфти, що забезпечує з однієї сторони передачу обертального руху від привода через ведучі, проміжні і ведені зубчасті колеса на вал із закріпленими на ньому верхнім зразком та одним допоміжним зубчастим колесом, а також на друге допоміжне зубчасте колесо і на вал із закріпленими на ньому нижнім зразком та встановленою на ньому з можливістю осьового переміщення рухомою напівмуфтою зчїпної муфти, при цьому через вал одного із крайніх ведучих зубчастих коліс привода обертальний рух від нього передається на другу нерухому напівмуфту зчїпної муфти.

В результаті таких умов різні набори змінних зубчастих коліс двоступінчастого зубчастого вузла забезпечують можливість випробування матеріалів зубчастих передач при ступінчастій зміні сумарних швидкостей кочення роликів зразків однакового діаметра. При з'єднанні обох напівмуфт зчїпної муфти і після знімання з валів зразків допоміжних зубчастих коліс обертальний рух від привода через ведучі, проміжні і ведені зубчасті колеса передається на вал із закріпленим на ньому тільки верхнім роликів зразком, а через ведучі зубчасті колеса привода, вал одного із їх крайніх зубчастих коліс і напівмуфти зчїпної муфти цей рух від привода передається на вал із

закріпленим на ньому тільки нижнім роликівим зразком, що в результаті таких умов ці ж самі різні набори змінних зубчастих коліс двоступінчастого зубчастого вузла забезпечують можливість випробування матеріалів зубчастих передач при ступінчастій зміні відносних проковзувань роликівих зразків однакового діаметра.

Таким чином, зазначене удосконалення машини тертя СМЦ-2 дозволяє проводити на ній не тільки триботехнічні випробування матеріалів зубчастих передач при більшій кількості і в більш широкому діапазоні відносного проковзування роликівих зразків однакового діаметра, але також при більшій кількості і в більш широкому діапазоні сумарних швидкостей кочення цих зразків, що відповідно значно розширює її експлуатаційні можливості.

Література:

1. Словарь-справочник по трению, износу и смазке деталей машин /В.Д. Зозуля, Е.Л. Шведков, Д.Я. Ровинский, Э.Д. Браун; Отв. ред. И.М. Федорченко. АН УССР. Ин-т проблем материаловедения. – Киев: Наукова думка, 1990. – 264 с.

2. Носальська О.Є., Лопатіна Д.Ю., Лісовол О.П., Гузенко Ю.М. Удосконалення машини тертя СМЦ-2 для випробування матеріалів зубчастих передач при терті кочення з відносним проковзуванням //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, ЛТФТТ, 2012. – С. 3.

3. Патент України на корисну модель № 73400, МПК G 01 N 3/56. Машина для триботехнічного випробування матеріалів /Ю.М. Гузенко, О.П. Красавін. – Опубл. 25.09.2012. Бюл. № 18.

УДК 620.178.162

Четверікова О.П., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

УТОЧНЕНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СЛУЖБОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМАЗУЮЧИХ МАСЕЛ ПРИ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВИПРОБУВАННЯХ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ

Для визначення службових властивостей змазуючих масел при триботехнічних випробуваннях матеріалів зубчастих передач широко використовують метод, який враховує вплив на них змінних режимів тертя кочення з відносним проковзуванням роликівих зразків [1]. Один із таких методів враховує вплив на них змінних режимів їх тертя кочення з 0,2-0,6 %-ним відносним проковзуванням [2].

Проте він не забезпечує достатню точність визначення вказаних властивостей, оскільки не враховує впливу на них максимальних відносних проковзувань роликівих зразків, характерних для роботи різних видів зубчастих передач. В зв'язку з цим їх визначення необхідно здійснювати при терті кочення з 20, 40, 60 або 80 %-ним відносним проковзуванням роликівих зразків однакового діаметра, що відповідно забезпечує можливість їх визначення при максимальних відносних проковзуваннях, характерних для роботи різних видів зубчастих передач, а саме циліндричних (20 %), конічних (40 %), гвинтових та гіпоідних (60-80 %) [3].

Як основні параметри для оцінювання контактної взаємодії роликівих зразків при різних температурах змазуючих масел і навантаженнях можуть бути моменти тертя та знос їх робочих поверхонь, товщини змащувальних плівок тощо. Для реалізації зазначеного методу спочатку роликіві зразки приводять в обертальний рух, подають в їх контакт змазуюче масло, забезпечують в контакт зразків необхідний режим тертя кочення з відносним проковзуванням їх робочих поверхонь, встановлюють необхідну

температуру змазуючого масла, навантажують зразки радіальною стискуючою силою і оцінюють параметри їх контактної взаємодії.

В результаті цього, визначення службових властивостей змазуючих масел з врахуванням впливу на них максимальних відносних проковзувань роликів зразків однакового діаметра, характерних для роботи різних видів зубчастих передач, дозволяє підвищити точність визначення вказаних властивостей.

Література:

1. Порохов В.С. Трибологические методы испытания масел и присадок. – М.: Машиностроение, 1983. – 183 с.

2. А. с. СССР № 637639, МПК G 01 N 3/56. Способ определения служебных свойств смазывающих масел /В.С. Порохов. – 1978. Бюл. № 46. – С. 113.

3. Патент України на корисну модель № 73419, МПК G 01 N 3/56. Спосіб визначення службових властивостей змазуючих масел /Ю.М. Гузенко, О.П. Красавін. – Опубл. 25.09.2012. Бюл. № 18.

УДК 621.882.443

Сердюков Д.В., студент; Філончук В.В., студент; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент; Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доцент

УДОСКОНАЛЕНА ОБТИСКНА ШАЙБА ДЛЯ ОСЬОВОЇ ФІКСАЦІЇ ДЕТАЛЕЙ НА ПУСТОТІЛИХ ВАЛАХ

Для осьової фіксації деталей на валах широко використовують обтискні шайби у вигляді напівкільця з отвором і радіальним прорізом [1]. Одна із них саме для осьової фіксації деталей на пустотілих валах допоміжно також має два діаметрально розміщені внутрішні виступи прямокутної форми, які входять у відповідні їм радіальні отвори вала, при цьому вказані радіальні отвори вала виконані циліндричними, довжина кожного виступу шайби дорівнює товщині його стінки, а осі симетрії її прорізу і виступів розташовані перпендикулярно між собою [2].

Разом з цим, отвір такої шайби має овальну форму і утворений двома колами діаметром, який дорівнює зовнішньому діаметру вала, при цьому центри обох кіл знаходяться на осі симетрії радіального прорізу, а із них центр одного кола зміщений відносно центра другого, призначеного для розміщення вала, на певну величину ексцентриситету в протилежну сторону від прорізу. Цей ексцентриситет дорівнює довжині виступів, а величина їх діагоналі дорівнює діаметру отворів вала, при цьому центр овального отвору шайби зміщений від осі симетрії виступів на величину половини їх довжини.

За рахунок зазору між внутрішньою поверхнею шайби і валом забезпечується радіальна рухомість, яка полегшує її монтаж і демонтаж при використанні прямокутних виступів, а такі виступи в свою чергу підвищують надійність закріплення шайби, тому що контакт їх із стінками отворів вала відбувається по лініям (ребрам виступів). Зменшення ширини опорної поверхні шайби в місці найбільшої деформації згину також полегшує її монтаж і демонтаж, а місцеве ослаблення цієї поверхні не викликає значного впливу на зменшення передаваного шайбою осьового навантаження, тому що основна його величина сприймається поверхнями, які знаходяться на осі симетрії виступів.

Проте вказана обтискна шайба не забезпечує достатню надійність осьової фіксації деталей на пустотілих валах з циліндричними радіальними отворами, оскільки вона виконана тільки з двома прямокутними і діаметрально розміщеними виступами при овальній формі свого отвору, а це зменшує ширину і відповідно площу її опорної

поверхні, розміщеної напроти скрізного радіального прорізу. В зв'язку з цим здійснене подальше удосконалення такої обтискної шайби, яке заключається у виконанні її з одним допоміжним внутрішнім виступом прямокутної форми, розташованим по осі симетрії напроти прорізу шайби, при цьому довжина її допоміжного виступу дорівнює подвійній довжині основних виступів [3].

Перед закріпленням (монтажем) обтискної шайби її вільні кінці розводять на величину зовнішнього діаметра пустотілого вала, потім її допоміжний прямокутний виступ розміщують в його відповідному допоміжному циліндричному радіальному отворі. Для закріплення (монтажу) шайби на валу її кінці зводять так, щоб основні прямокутні виступи розмістилися у відповідних їм основних його циліндричних радіальних отворах, а вільний кінець допоміжного прямокутного виступу шайби залишався бути в своєму отворі.

Таке виконання удосконаленої обтискної шайби дозволяє збільшити ширину і відповідно площу її опорної поверхні, розміщеної напроти свого скрізного радіального прорізу, а також забезпечити допоміжне поперечне контактування цієї ж шайби з циліндричними радіальними отворами пустотілих валів, що в свою чергу дозволяє значно підвищити надійність осьової фіксації на них деталей.

Література:

1. Прикладная механика /Т.В. Путья, Н.С. Можаровский, Н.Г. Соколов, Ф.П. Гордийко. – Киев: Вища школа, 1977. – 536 с.

2. Сердюков Д.В., Філончук В.В., Онуфрієнко В.В., Красавін О.П., Гузенко Ю.М. Обжимна шайба для осьової фіксації деталей на пустотілих валах //Тези доповідей загальноуніверситетської наук.-техн. конф. мол. вч. та студ., присв. дню Науки: секція «Машинобудування», підсекція «Лазерна техніка та фізико-технічні технології». – НТУУ «КПІ», ММІ, 2011. – С. 51-52.

3. Патент України на корисну модель № 74757, МПК F 16 В 43/00. Обтискна шайба /Ю.М. Гузенко, О.П. Красавін, Ю.В. Ключников. – Опубл. 12.11.2012. Бюл. № 21.

УДК 620.178.162

Перехейда А.В., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

УДОСКОНАЛЕННЯ РОЛИКОВОГО ВУЗЛА ТЕРТЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ НА ЗНОС

Для випробування матеріалів зубчастих передач на знос використовують роликові вузли тертя, в яких зразок і контрзразок виконані з гладкими циліндричними робочими поверхнями [1]. В одному із таких вузлів тертя зразок і контрзразок також мають однакові відстані між своїми торцями [2].

Проте такий вузол тертя не забезпечує можливості визначення дійсної величини лінійного зносу робочих поверхонь зразка і контрзразка профілографічним методом його вимірювання. Визвано це тим, що їх торці з кожної сторони розміщені в одних площинах і не утворюють на своїх робочих поверхнях в процесі випробування призначених для нього канавок.

В запропонованому вузлі тертя зразок і контрзразок розміщені з відносним осьовим зміщенням своїх робочих поверхонь в різні сторони вздовж твірної кожного із них [3]. Таке зміщення зразка і контрзразка може бути здійснено на величину, яка дорівнює половині їх однакової ширини, в результаті чого торці зразка і контрзразка з кожної їх сторони розміщуються в різних площинах, а ширина контакту їх робочих поверхонь дорівнює величині відносного осьового зміщення.

До початку процесу випробування зразка і контрзразка їх робочі поверхні є гладкими по всій своїй ширині, тому в даному випадку будь-які вимірювання і отримання вихідних даних, наприклад, профілографічним методом, можуть не здійснюватися. В результаті здійснення тертя робочих поверхонь зразка і контрзразка відбувається їх механічний знос на певні величини.

Форми механічного зносу робочих поверхонь зразка і контрзразка після закінчення процесу їх випробування мають по одній ступінці своїх переходів від одних ділянок до других. Глибини утворених на їх робочих поверхнях ступінчастих переходів, а також рівні їм величини лінійного зносу визначаються профілографічним методом його вимірювання.

Таким чином, вказане виконання та відносне розміщення зразка і контрзразка запропонованого вузла тертя дозволяє в процесі випробування матеріалів зубчастих передач утворювати на обох їх робочих поверхнях бокові канавки, що відповідно забезпечує можливість визначення величин лінійного зносу цих поверхонь профілографічним методом його вимірювання.

Література:

1. Решиков В.Ф. Трение и износ тяжело нагруженных передач. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 с.
2. А. с. СССР № 796733, МПК G 01 N 3/56. Узел трения для испытания материалов на износ /В.А. Стадник. – 1981. Бюл. № 2. – С. 189.
3. Патент України на корисну модель № 75173, МПК G 01 N 3/56. Вузол тертя для випробування матеріалів на знос /Ю.М. Гузенко, О.П. Красавін. – Опубл. 26.11.2012. Бюл. № 22.

УДК 620.178.162

Сущенко О.М., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗРАЗКА ДЛЯ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЛІНІЙНОГО ЗНОСУ

Переважно для здійснення триботехнічного випробування матеріалів на знос використовують зразки, які між собою відрізняються різним видом і конструктивним виконанням [1]. Один із них виконаний з пазом на своїй робочій поверхні, при цьому одна із бокових граней пазу нахилена до його дна під гострим кутом, а друга складає з ним прямий кут [2].

Такий зразок забезпечує можливість визначення лінійного зносу своєї робочої поверхні в залежності від змінної ширини виконаного на ній паза. Проте він не забезпечує достатнього спрощення визначення дійсної його величини, оскільки нахилена бокова грань пазу складає із своїм дном гострий кут в межах 50-55° і призводить до лінійного зносу робочої поверхні зразка більшої глибини від отриманого збільшення ширини пазу.

Тому здійснено подальше удосконалення вказаного зразка для випробування матеріалів на знос та визначення потім лінійного зносу його робочої поверхні, згідно з яким нахилена бокова грань паза утворює з його дном гострий кут 45° [3]. В результаті такого виконання зразка утворений на його робочій поверхні паз початково має одну свою зовнішню ширину і збільшує її розмір в міру зменшення його глибини на таку ж саму величину, при цьому початкова глибина паза зразка повинна бути більшою передбачуваного лінійного зносу його робочої поверхні.

Контрзразок до початку випробування із зразком має гладку свою робочу поверхню по всій її площі, тому в даному випадку будь-які вимірювання і отримання

вихідних даних, наприклад, профілографічним методом, можуть не здійснюватися. Вимірюється тільки початкова ширина паза зразка на його робочій поверхні будь-яким відомим і прийнятним для цього методом.

В результаті контактної взаємодії і тертя робочих поверхонь зразка і контрзразка відбувається їх лінійний знос на певні величини. Це визиває зменшення глибини паза зразка і збільшення його ширини від початкової до кінцевої величини, а також утворення на робочій поверхні контрзразка відповідного виступу.

Після закінчення процесу випробування зразка і контрзразка та отримання ними своїх дійсних форм лінійного зносу робочих поверхонь здійснюють визначення їх величин. Отримання результату лінійного зносу робочої поверхні контрзразка здійснюється визначенням висоти його утвореного виступу.

Лінійний знос робочої поверхні зразка визначається по різниці зміни на ньому величин ширини його паза до початку і після закінчення процесу свого випробування з контрзразком, а саме за виразом:

$$h_3 = (b_3 - a_3),$$

де b_3 – кінцева ширина паза зразка на рівні його досліджуваної робочої поверхні після випробування;

a_3 – початкова ширина паза зразка на рівні його досліджуваної робочої поверхні до випробування.

При цих умовах, на відміну від [2], відсутня необхідність враховування величини тангенса кута нахилу однієї із бокових граней паза зразка до його дна, оскільки при куті такого нахилу 45° його величина дорівнює одиниці. Визначення в даному випадку тільки різниці вказаних величин ширини паза зразка зразу дає результат розрахунку, який дорівнює дійсній величині отриманого в процесі його випробування з контрзразком лінійного зносу.

Таким чином, вказане удосконалення зразка забезпечує можливість спрощення визначення дійсної величини лінійного зносу своєї робочої поверхні завдяки отримуванню однакових значень по величині його змінної глибини і одночасно змінної ширини паза.

Література:

1. Решиков В.Ф. Трение и износ тяжело нагруженных передач. – М.: Машиностроение, 1975. – 232 с.
2. А. с. СССР № 859869, МПК G 01 N 3/56. Образец для испытаний на износ / Ю.А. Ярославцев, А.И. Панкратов, А.С. Сорока. – 1981. Бюл. № 32. – С. 191.
3. Патент України на корисну модель № 77473, МПК G 01 N 1/00; G 01 N 3/56. Зразок для випробувань на знос / Ю.М. Гузенко, О.П. Красавін. – Опубл. 11.02.2013. Бюл. № 3.

УДК 621.791

Байбакова О.В. студ.; Блощин М.С.

ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАЗМОТРОНІВ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ

В даний час в залежності від виду технологічного процесу (різання, напилювання, зварювання, наплавлення тощо), роду струму (постійний, змінний), числа дуг (одно-дугові, багато-дугові) існує безліч різних конструкцій плазмотронів. Для наплавлення порошковими сплавами і наплавочних дротами найбільшого поширення набули плазмотрони постійного струму прямої полярності. Плазмотрони зворотної полярності застосовують головним чином для наплавлення на алюмінієві

вироби. Незважаючи на велику різноманітність конструкцій плазмотронів, принцип їх дії і пристрій приблизно однакові. Принцип дії заснований на стисненні дуги водоохолоджуваним соплом й газом, що проходить крізь нього. Плазмотрон складається з водоохолоджуваного катода й аноду, відокремлених один від одного ізолятором, виготовленим найчастіше з текстоліту. У катоді кріпиться вольфрамовий неплавкий електрод, в аноді передбачені канали для формування плазмової дуги, подачі газів, наплавочного порошку.

В якості робочих газів використовується аргон, метан, пари води та інші. У ряді випадків при різанні товстих плит з нержавіючої сталі, в якості робочого газу, використовується повітря.

Католи плазмотронів виготовляються з вольфраму в мідній водоохладжуваній вставці. При роботі на повітрі катод виготовляється з лантану, ітрію або гафнію.

Установки для плазмового наплавлення в залежності від обсягу виробництва наплавляються деталей, вимог до рівня автоматизації технологічного процесу та інших факторів можуть бути виконані як універсальні (дозволяють наплавляти деталі різної форми), так і як спеціалізовані, призначені для наплавлення деталей одного типу: клапанів двигунів внутрішнього згоряння, дисків і сидл трубопровідної арматури, сполучних елементів бурильних труб та ін.

УДК 621.791

Гладченко О.В. студ.; Блощин М.С., ас.

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ У ПЛАЗМОВОМУ СТРУМЕНІ

Основним матеріалом, що застосовується для зміцнення і відновлення робочої поверхні деталей виробів методом плазмового наплавлення, є порошок. Застосовують порошкові матеріали як однорідні (метали, сплави, оксиди, безкисневих тугоплавкі сполуки), так і складної структури (механічні суміші, композиційні порошки, в тому числі вступають при нагріванні в екзотермічні реакції з виділенням теплової енергії).

Для напилювання покриттів плазмовим способом застосовують порошки переважно грануляції 0,04-0,10 мм. За межами цього діапазону грануляції процес плазмового наплавлення не ефективний, оскільки частинки малого розміру (менше 0,04 мм) випаровуються, а частинки розміру більше 0,10 мм не розплавляються (часткове їх оплавлення не дозволяє отримати якісне покриття).

Адіабатичне зростання температури частинок порошку, що наплавляється за рахунок екзотермічної реакції синтезу утворюються з'єднань знаходиться у відповідності з рівнянням:

$$\Delta T_{ad} = \frac{Q_e}{C_p}$$

де Q_e , C_p - відповідно тепловий ефект взаємодії компонентів у частці порошку й теплоємність.

Для початку екзотермічної реакції необхідно частинку нагріти до певної температури, в залежності від реагуючих систем вона становить 600-1300 °С.

Енергетичний стан частинок порошку в плазмовому струмені знаходиться в складній залежності від великої кількості параметрів. З одного боку, це теплофізичні властивості матеріалу порошку: густина, теплоємність, теплопровідність, теплота плавлення, розміри і форма частинок й інші властивості, з іншого - це характеристики плазмового струменя: швидкість потоку і температурний розподіл, в'язкість,

теплопровідність і тепловміст, ступінь дисоціації та іонізації молекул атомів плазموутворюючого газу.

Оптимізувати вказані параметри в конкретному технологічному процесі плазмового напилення при зміцненні і відновленні робочої поверхні деталей виробів - завдання досить складне.

Мінімальна довжина траєкторії одиначної сферичної частинки порошку при русі її в плазмовому струмені від зрізу сопла плазмотрона до напилюваної поверхні деталі (за час польоту частинка розплавиться) визначається із співвідношення:

$$I_{\min} C \geq d_q^2 E$$

Тут C - комплекс параметрів, що визначає здатність плазмового струменя нагрівати порошок, є енергетичною характеристикою процесу:

$$C = \frac{T_r \lambda_r^2}{(1 + X_D)[1 + f(Re)] G_r \mu_r (1 + X_f)}$$

де T_r , λ_r , g_r , X_i , μ_r , Re - температура, теплопровідність, витрата, ступінь дисоціації, ступінь іонізації, динамічна в'язкість газу, критерій Рейнольдса відповідно; E - комплекс параметрів, що визначають теплофізичні властивості порошку:

$$\frac{i_{пл} \rho_q}{273 \cdot 4 Nu^2 \pi R_c}$$

ρ_q - густина матеріалу порошку, $i_{пл}$ - вагова питома ентальпія розплаву при температурі плавлення частинки, Nu - критерій Нуссельта, R_c - радіус сопла анода плазмотрона.

Сумарний параметр плавлення порошку визначають із співвідношення:

$$П_{т.п} = (i_{пл} - n_q Q_{екз})^2 \rho_q (1 + 0,2 Bi)^2$$

де $Q_{екз}$ - питома ваговий екзотермічний ефект взаємодії; n_q - ступінь використання екзотермічного ефекту на ділянці нагрівання матеріалу до його розплавлення; Bi - критерій Біо.

Параметр плавлення в першому наближенні виражає відношення кількості теплоти, необхідної для розплавлення одиниці об'єму частинки до часу перебування її у зоні нагріву.

Сучасні порошкові композиції, що виготовляються містять в собі велику кількість різноманітних матеріалів, й розробляються нові композити, що дозволять при наплавленні отримати широкий діапазон спеціальних функціональних властивостей робочої поверхні деталей.

УДК 623.451:519.6

Горбач А.И., студ.; Козырев А.С., ст. преп.; Романенко В.В., к.т.н., доц.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЛАЗЕРНОМ НАГРЕВЕ

При лазерной закалке без оплавления стадия нагрева является очень важной, так как в процессе последующего скоростного охлаждения фиксируются структуры, формирующиеся на стадии превращений при нагреве. При нагреве сплавов железа в точке A_{c1} начинается превращение перлита в аустенит. Процесс перестройки решеток сопровождается перераспределением концентрации углерода вследствие его диффузии в аустените от границы с цементитом к границе с ферритом.

Рассмотрено образование аустенита при высокоскоростном лазерном нагреве в эвтектоидных, заэвтектоидных, доэвтектоидных сталях. Выделены особенности и различия протекания процесса.

В результате в сталях формируется структура, состав которой зависит от степени завершенности процесса аустенизации.

Выделены виды неоднородностей, которые могут иметь место в той или иной части зоны лазерного воздействия в эвтектоидных, доэвтектоидных, заэвтектоидных сталях.

Рассмотрено получение зерна аустенита определённого размера после нагрева лазерным излучением.

Предложена схема формирования аустенита из феррита при медленном и быстром нагреве.

Выяснено, что увеличение скорости охлаждения не приводит к формированию новых фаз и структур – при лазерном упрочнении в сталях имеются те же фазы и структуры, что и при обычной закалке: мартенсит, цементит и остаточный аустенит. Установлены температурные интервалы образования этих структур.

Для решения вопроса о типе структур, возникающих в зоне лазерного влияния, и об их свойствах предложены экспериментальные термокинетические кривые, так как аналитически определить тип формирующейся структуры затруднительно.

УДК 621.791

Магльований Є.М., студ.; Блощин М.С., ас.

ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ПОРОШКІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ

Спосіб спікання порошків поєднує в собі ряд процесів, що протікають одночасно: пресування та спікання металевих порошків, прип'явання його до поверхні деталі під дією тиску й температури. Сутність способу полягає в тому, що між деталлю обертання, встановленої у шпінделі токарного верстату, і мідним ролик-електродом подають присадковий порошок. Ролик за допомогою пневмо- або гідроциліндра притискається до деталі із зусиллям 0,75-1,2 кН.

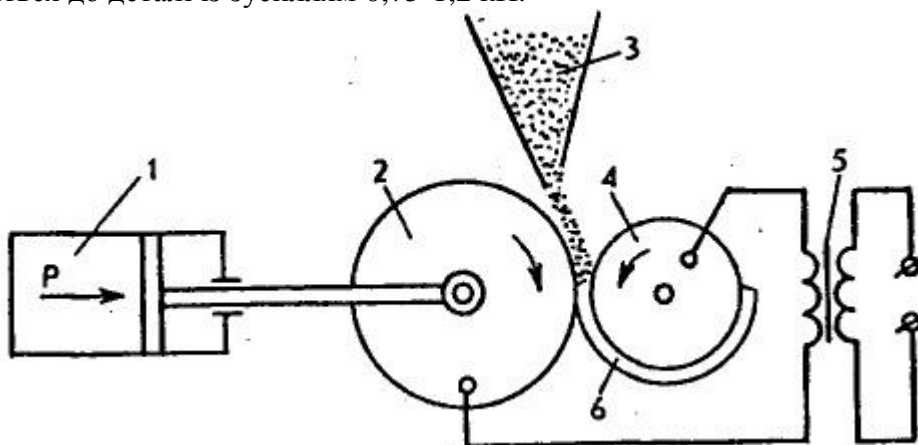


Рис. 1 Схема електроконтактного спікання металевих порошків:

1 - силосовий циліндр; 2 - ролик; 3 - бункер з порошком; 4 - деталь; 5 - трансформатор; 6 - нанесений шар; 7 - зусилля притискання.

При обертанні деталі й ролика і в результаті великого електричного опору в місці їх контакту - порошок нагрівається до 1000-1300 °С. Нагріті частинки порошку

спікаються між собою і з поверхнею деталі. При напиканні порошку застосовують велику силу струму (2600-3000 А на 1 см ширини ролика) і низьку напругу (0,7-1,2 В).

Фізична сутність процесу полягає в тому, що шар, який напикається не нагрівається до температури плавлення. Спикання частинок порошку в шар і припикання шару відбуваються за рахунок дифузійних процесів і сплавлення частинок порошку в окремих контактуючих точках їх поверхні. Ця особливість процесу призводить до того, що покриття виходить пористим. Заповнені маслом пори сприяють утворенню стійкої масляної плівки при роботі сполучення.

Якість шару багато в чому залежить від розмірів деталі і ролика, тиску, створюваного роликом, хімічного складу порошку і частоти обертання деталі. При діаметрах відновлюваних деталей 30-100 мм цим способом можна отримати шар товщиною від 0,3 до 1,5 мм.

Основними перевагами процесу є висока продуктивність, мала глибина теплового впливу і висока зносостійкість шару. До його недоліків можна віднести обмеженість товщини напекаемого шару і складність обладнання.

Вибір порошоків та хімічного складу, типу матеріалу основи у кожному окремому разі визначається конкретними умовами роботи. Так, для виготовленої деталі "упор", які мають відповідати наступним вимогам: матеріал антифрикційний, умови роботи: $P=10\text{МПа}$, $V=5\text{ м/с}$, $T=250^{\circ}\text{C}$, оптимальним варіантом буде антифрикційний матеріал з врахуванням заліза марки ПА-ЖГр ДК (коефіцієнт тертя 0,01-0,1; склад: залізо - 95,5%, графіт - 1%, мідь - 3%, сірка - 0,5%.)

Вихідними матеріалами для цього матеріалу є: порошок заліза ПЖВ1.71.26 по ГОСТ 9849-86, порошок графіту С-1 по ГОСТ 4404-78, порошок міді ПМС-1 по ГОСТ 4960-75. Сірку вводимо з допомогою операції сульфидування.

Застосування для відновлення зношених деталей сучасних методів нанесення покриттів і, в першу чергу, з використанням порошкових твердих сплавів сприяє значному підвищенню їх довговічності. Серед порошкових наплавочних матеріалів, що володіють твердістю вище твердості абразиву і стійкістю до абразивного зносу, одними з найбільш перспективних є порошки на основі систем WC-Co і WC-TiC-Co, що є основою твердих сплавів, переробка відходів і подальше використання яких є актуальною проблемою.

Одним з найбільш перспективних методів одержання порошку, практично з будь-якого струмопровідного матеріалу, в тому числі і твердого сплаву, що відрізняється відносно невисокими енергетичними витратами і екологічною чистотою процесу, є метод електроерозійного диспергування (ЕЕД) - локальне вплив короткочасних електричних розрядів між електродами.

УДК 621.791

Магльований Є.М., студ.; Блощин М.С., асист.

ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ШТАМПІВ

До нових, дуже перспективних напрямів використання лазерної технології відносять різні види зміцнення поверхневих шарів матеріалів з метою підвищення їх зносостійкості та інших експлуатаційних характеристик.

Причому зміцнення при впливі лазерного променя відбувається завдяки надвисоким швидкостям нагріву і подальшого охолодження матеріалу, що опромінюється частковому насиченню поверхневого шару азотом повітря, вуглецем або іншими елементами із спеціального покриття чи інших середовищ, а також завдяки зростанню дислокацій в зоні опромінення. При цьому відбуваються структурні

перетворення з утворенням ультрадисперсної гомогенної структури з унікальними властивостями.

Застосовуючи імпульсне або безперервне випромінювання з певною потужністю і різними швидкостями сканування променя по заданій траєкторії, можна керувати макро- й мікротопографією поверхні, напружено-деформованим станом поверхневого шару матеріалу, механічними та іншими характеристиками зони термічного впливу.

Використовуючи дискретний імпульсний або безперервний лазерний промінь певної інтенсивності, по певному малюнку створюються ділянки зміцнення структури та ділянки ослаблення. Ділянки зміцнення грають роль несучої поверхні з високою зносостійкістю, а ділянки ослаблення - роль демпферів, що гасять структурні і температурні напруги, які завжди виникають при швидкісному тепловому впливі на поверхню матеріалу.

Разом з тим ці ділянки, маючи твердість й міцність, швидше зношуються в умовах тертя і перетворюються в акумулятори мастила з регулярним розташуванням на тертьових поверхнях і сприяють підвищенню зносостійкості контактних поверхонь.

При такому зміцненні без проплавлення вихідна шорсткість поверхні зберігається, але зміцнення має невелику глибину. При інших видах зміцнення шорсткість поверхні збільшується. Вибір режиму лазерного зміцнення для сталей повинен здійснюватися з урахуванням вмісту вуглецю, легуючих елементів і товщини деталі.

Вивчення впливу лазерного зміцнення поверхонь тертя з швидкорізальної сталі Р6М5, що перебувають у контакті з поверхнями з нержавіючої сталі показало підвищення зносостійкості в середньому в 1,5 рази при зниженні коефіцієнта тертя до 0,2.

При лазерній обробці високолегованої інструментальної сталі значно підвищується мікротвердість і зменшується вплив залишкових напружень. Перспективним напрямком є технологія фіксації аморфного стану сплавів при швидкісному тепловому впливі лазерного променя. Отримання аморфного стану поверхневих шарів матеріалів дозволяє підвищити магнітну проникність, твердість, корозійну стійкість, питомий опір і інші властивості сплавів.

Лазерний промінь може бути використаний на звичайних металорізальних верстатах з метою формоутворення (наприклад, замість різця при одночасному зміцненні матеріалу поверхневого шару).

Досвід показує, що застосування лазерного зміцнення сталевих направляючих різних машин, великогабаритних протяжок дозволяє значно підвищити їх стійкість. Стійкість вирубних штампів, фасонних різців, фрез і долбяком підвищується в 2-4 рази.

Більш широке поширення лазерного зміцнення металів пов'язане зі створенням установок з малою довжиною хвилі випромінювання і з програмним керуванням процесу.

УДК 621.791

Недавня Н.М., студ.;Блощин М.С., асист.

ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОВЕРХОНЬ

На сьогоднішній день при нанесенні металевих покриттів на зношені поверхні деталей пропонується застосування лазерної техніки при відновленні зношених деталей в ремонтному виробництві різних деталей.

У порівнянні з існуючими традиційними способами відновлення деталей нанесення покриттів лазерним наплавленням має ряд переваг. Висока концентрація енергії в точці нагрівання створює можливість вести процес на підвищених швидкостях обробки деталі. Це, у свою чергу, обумовлює можливість формування наплавленого шару з малим коефіцієнтом перемішування ($i=0,05\dots 0,15$) за рахунок незначного підплавлення основи; мінімальний термічний вплив на основний метал, що особливо важливо для матеріалів, що зазнають структурні і фазові перетворення; незначні залишкові деформації відновлених деталей; можливість наплавлення малих поверхонь, у порівнянні з діаметром точки нагріву (в разі використання імпульсних і імпульсно-періодичних лазерів); підвищення зносостійкості наплавлених шарів.

Отже, малі деформації, з однієї сторони, і високі технологічні й експлуатаційні властивості, з іншої, створюють переваги для застосування лазерного наплавлення не лише в процесі виготовлення нових виробів, але й при відновленні зношених поверхонь деталей. Причому після використання лазерного відновного наплавлення потрібна мінімальна фінішна обробка деталей.

Для лазерного наплавлення використовують такі ж матеріали для наплавлення, як і для традиційних методів наплавлення. Це компактні присадки, що виконуються у вигляді дроту або стрічки чи порошку.

Порошкові матеріали різного виду мають ряд переваг: збільшене поглинання лазерного випромінювання унаслідок розвиненої поверхні і багатократного віддзеркалення променя від окремих частинок; менша (більш ніж в 1,5 рази) енергія для сплавлення з основним металом; широкі можливості регулювання хімічного складу наплавленого шару; можливість доставки присадкового матеріалу у важкодоступні місця; простота подачі, що надзвичайно важливо при відновленні деталей складної конфігурації.

Лазерне наплавлення здійснюється декількома способами. У першому випадку відбувається оплавлення порошкових матеріалів, які можуть наноситися шаром, намащуватися у вигляді порошкової пасти, що приготовлена на основі зв'язуючого компоненту (шлікерні покриття), або напилюватися газом або плазмою. У другому випадку подачу порошку в зону наплавлення здійснюють шляхом транспортування газом або з використанням гравітаційних сил.

Таким чином, малі деформації, високі технологічні і експлуатаційні властивості, якими характеризується застосування лазерного випромінювання при нанесенні металевих покриттів, створюють переваги для застосування лазерного наплавлення не лише в процесі виготовлення нових виробів, але і при відновленні зношених контактних поверхонь деталей. Тому можливо застосовувати цей метод як найбільш перспективний при ремонті деталей не лише з жароміцних сталей, але й для відновлення виробів з чавуну і мідних сплавів.

УДК 621.791

Недавня Н.М., студ.; Блощин М.С., асист.

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ У ПЛАЗМОВОМУ СТРУМЕНІ

Деякі деталі і вузли сучасних машин і апаратів працюють в таких умовах, при яких вони повинні бути одночасно механічно міцними і стійкими при впливі на них високих температур, хімічно агресивних середовищ і ін. Виконувати такі вироби з одного матеріалу майже неможливо і економічно недоцільно. Набагато вигідніше і простіше виготовити деталь, наприклад, з конструкційної сталі, що задовольняє

вимогам механічної міцності, і покрити її поверхню більш дорогим жароміцним, зносостійким або кислототривким сплавом.

Використовуючи в якості захисних покриттів різні за складом металеві і неметалеві матеріали, можна надавати деталям в цілому необхідні механічні, теплові, діелектричні та інші властивості. Найбільш універсальними і досконалими методами нанесення захисних покриттів є наплавлення і напилення плазмовою дугою. Матеріал покриття, спеціально приготовлений у вигляді дрібногранульованого порошку або дроту; подається в потік плазмового струменя й, нагріваючись або розплавляючись в цьому потоці, переноситься з ним на оброблюваний виріб, одночасно струмінь плазми підігріває виріб.

Основними перевагами методів плазмового нанесення покриттів перед іншими (гальванічним, вакуумним, киснево-ацетиленовим тощо) полягають у наступному:

висока температура плазмового потоку дозволяє розплавляти і наносити тугоплавкі матеріали;

потік плазми дає можливість одержувати сплави різних за властивостями матеріалів або наносити багатошарові покриття з різних сплавів. Це відкриває широку можливість отримання покриттів, що поєднують різноманітні захисні властивості;

можливості цього способу не обмежені формою і розмірами оброблюваного виробу.

Плазмova дуга - найбільш гнучке джерело нагріву, що дозволяє в широких межах регулювати його енергетичні характеристики.

Плазмове зварювання та наплавлення є найбільш прогресивним та дешевим способом відновлення зношених деталей машин і нанесення зносостійких покриттів (сплавів, порошків, полімерів) на робочу поверхню при виготовленні деталей.

Основними перевагами плазмового наплавлення є:

Висока концентрація теплової потужності і можливість мінімальної ширини зони термічного впливу.

Можливість отримання товщини наплавленого шару від 0,1 мм до декількох міліметрів.

Можливість наплавлення різних зносостійких матеріалів (мідь, латунь, та інші) на сталеву деталь.

Можливість виконання плазмового гартування поверхні деталі.

Відносно високий К.К.Д. дуги (0.2-0.45).

Плазмova обробка набула широкого поширення внаслідок високої по промисловим стандартам температури плазми (~ 104 К), великого діапазону регулювання потужності і можливості зосередження потоку плазми на оброблюваному виробі; при цьому ефекти плазмової обробки досягаються як тепловим, так і механічним дією плазми (бомбардуванням виробу частинками плазми, що рухаються з дуже високою швидкістю - так званий швидкісний напір плазмового потоку).

- Швидкість частинок, що напилюються у 2-3 рази вища, ніж при плазмовому напиленні на повітрі. Це забезпечує вищу щільність покриттів, менш ніж до 0,5% зменшує пористість, підвищує якість поверхонь.

- Покращуються умови для взаємодифузії між покриттям і основою та підвищення адгезії.

- При нанесенні покриттів у вакуумі відсутні реакційні гази, які можуть приводити до окислення металів, погіршення зчеплення і сколювання кераміки. Склад покриття на деталях повністю відповідає складу початкового матеріалу для покриття.

- Високий відсоток використання матеріалів для покриття (до 40%). При вакуум-плазмовому напиленні одержують щільніші покриття, ніж в установках електронно-променевого випаровування.

- Найбільш висока точність контролю складу покриття, ніж при будь-якому іншому процесі.

- Метод дозволяє напилювати матеріали з великою відмінністю тиску пари при збереженні низьких значень температури поверхні деталей (200–300°C), що виключає структурні зміни і поверхневого шарі матеріалу основи. Плазмовий метод широко використовується для нанесення як керамічних, так і металевих покриттів.

Методу властивий ряд обмежень, які пов'язані з такими чинниками:

1. застосування матеріалів із стабільною рідкою фазою.
2. мінімальна товщина покриттів обмежена розмірами частинок порошків.
3. метод не дозволяє покривати внутрішні поверхні.
4. розміри деталей, що покриваються, обмежені розмірами вакуумної камери.

Одним із способів поліпшення властивостей напилених покриттів, пов'язаних із збільшенням міцності зчеплення з основою і підвищенням щільності напиленого матеріалу, є їх оплавлення.

Лазерне оплавлення проводилося при наступних параметрах: потужність випромінювання 2-3,5 кВт, діаметр сфокусованого випромінювання $d_{\text{т}}$ - 0,5 - 1,6 мм, що забезпечувало зміну питомої погонної енергії $q_0 = 257-400 \text{ Дж/мм}^2$.

Збільшення q_0 призводить до деякого збільшення обсягу оплавленого металу за рахунок одночасного зростання глибини h і ширини b зони обробки.

Оптимальною слід вважати - $1804-330 \text{ Дж/мм}^2$, що забезпечує повне оплавлення напиленого шару, а також і металу основи на глибину до 0,25 мм. У оплавленні обсязі металу пори практично відсутні. Подальше збільшення погонної енергії призводить до зростання глибини проплавлення основного металу, внаслідок чого матеріал основи у великих кількостях потрапляє в обсяг наплавлення й погіршує експлуатаційні характеристики оплавленого покриття.

Структура оплавлених лазером шарів характеризується надзвичайною дисперсністю, відсутністю окисних включень і пір. Оплавлена зона відрізняється дещо меншими значеннями мікротвердості в порівнянні з плазмовим напиленням. Слід зазначити, що вимірювання мікротвердості напиленого шару проводилося вибірково лише за обсягом металевих частинок, минаючи кордони розділу і пори, тоді значення мікротвердості оплавленої зони є середньостатистичною характеристикою всього обсягу наплавлення.

Збільшення питомої погонної енергії лазерного оплавлення призводить до незначного зниження мікротвердості оплавленої зони. Твердість оплавленого шару на оптимальному режимі складає не менше 8000 МПа, що відповідає паспортним даним для порошку ПГ-ХН80СР2.

Зміст легуючих елементів в-оплавлених ділянках за результатами мікрорентгеноспектрального аналізу мало відрізняється від їх змісту у вихідному порошку, %: 60-74 Ni, 11-17 Cr, 1,5-2,5 Si, <4 Fe.

Слід зазначити, що характер розподілу легуючих елементів па глибині оплавленої зони характеризується рівномірністю, за винятком кордону зони оплавлення.

Для досягнення однакових властивостей поверхні лазерне оплавлення двох сусідніх зон слід здійснювати з їх перекриттям, що призводить до двократного переоплавлення в зоні перекриття. Розподіл мікротвердості поверхневих ділянок металу по ширині оброблених зон, включаючи зону перекриття, показало, що при повторному переоплавленні зони перекриття помітного зниження мікротвердості не відбувалося. Це пов'язано з тим, що при повторному нагріві в оплавленні порошку ПГ-ХН80СР2 відбуваються незначні фазові зміни. В обсягах оплавленого металу, підданих

повторному переплаву, мікроструктура і хімічний склад практично не змінюються. Слід зазначити, що при дотриманні мінімального підплавлення основи на глибину 0,25 мм забезпечується висока міцність зчеплення між покриттям і основою, а короткочасність перебування наплавленого металу в області високих температур при лазерному впливі не створює умов для активного розвитку процесів дифузії.

При лазерному оплавленні на оптимальному режимі поверхневих покриттів, отриманих високотемпературним напиленням, можна домогтися такого стану поверхні, що при подальшій механічній обробці можна відразу здійснювати фінішні операції, наприклад шліфування.

УДК 621.791

Кравчук В.М., студ.; Головка Л.Ф., проф.; Блощин М.С., ас.

ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ АДГЕЗИЙНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ

Принцип плазмового напилення. Між катодом і мідним водоохолоджуваним соплом, що служить анодом, виникає дуга, що нагріває робочий газ, який поступає в сопло пальника та витікає з сопла у вигляді плазмового струменя. В якості робочого газу використовують аргон або азот, до яких іноді додають водень. Порошковий матеріал для наплавлення подається в сопло струменем транспортуючого інертного газу, нагрівається плазмою і з прискоренням переноситься на поверхню основного матеріалу для утворення покриття. Середня температура плазми на виході з сопла плазмотрона у потоці плазми частинки порошку нагріваються приблизно до 10000 К. Передача теплоти від плазми до порошкових частинок здійснюється в основному теплопровідністю і конвекцією. Плазмове напилення може здійснюватися у вакуумі на повітрі або у контрольованій атмосфері. В якості плазмоутворюючих газів можуть використовуватися Ar, H₂, He, N₂ або їх суміші. Істотне поліпшення властивостей покриттів досягається при використанні плазмового напилення у вакуумі. Вакуумна плазмова технологія має ряд переваг:

- Швидкість частинок, що напилюються у 2-3 рази вища, ніж при плазмовому напиленні на повітрі. Це забезпечує вищу щільність покриттів, менш ніж до 0,5% зменшує пористість, підвищує якість поверхонь.
- Покращуються умови для взаємодифузії між покриттям і основою та підвищення адгезії.
- При нанесенні покриттів у вакуумі відсутні реакційні гази, які можуть приводити до окислення металів, погіршення зчеплення і сколювання кераміки. Склад покриття на деталях повністю відповідає складу початкового матеріалу для покриття.
- Високий відсоток використання матеріалів для покриття (до 40%). При вакуум-плазмовому напиленні одержують щільніші покриття, ніж в установках електронно-променевого випаровування.
- Найбільш висока точність контролю складу покриття, ніж при будь-якому іншому процесі.
- Метод дозволяє напилювати матеріали з великою відмінністю тиску пари при збереженні низьких значень температури поверхні деталей (200–300°C), що виключає структурні зміни і поверхневому шарі матеріалу основи. Плазмовий метод широко використовується для нанесення як керамічних, так і металевих покриттів.

Методу властивий ряд обмежень, які пов'язані з такими чинниками:

5. застосування матеріалів із стабільною рідкою фазою.
6. мінімальна товщина покриттів обмежена розмірами частинок порошків.

7. метод не дозволяє покривати внутрішні поверхні.
8. розміри деталей, що покриваються, обмежені розмірами вакуумної камери.

Одним із способів поліпшення властивостей напилених покриттів, пов'язаних із збільшенням міцності зчеплення з основою і підвищенням щільності напиленого матеріалу, є їх оплавлення.

Лазерне оплавлення проводилося при наступних параметрах: потужність випромінювання 2-3,5 кВт, діаметр сфокусованого випромінювання $d_{\text{ц}}$ - 0,5 - 1,6 мм, що забезпечувало зміну питомої погонної енергії $q_0 = 257-400 \text{ Дж/мм}^2$.

Збільшення q_0 призводить до деякого збільшення обсягу оплавленого металу за рахунок одночасного зростання глибини h і ширини b зони обробки.

Оптимальною слід вважати - $1804-330 \text{ Дж/мм}^2$, що забезпечує повне оплавлення напиленого шару, а також і металу основи на глибину до 0,25 мм. У оплавлення обсязі металу пори практично відсутні. Подальше збільшення погонної енергії призводить до зростання глибини проплавлення основного металу, внаслідок чого матеріал основи у великих кількостях потрапляє в обсяг наплавлення й погіршує експлуатаційні характеристики оплавленого покриття.

Структура оплавлених лазером шарів характеризується надзвичайною дисперсністю, відсутністю окисних включень і пір. Оплавлена зона відрізняється дещо меншими значеннями мікротвердості в порівнянні з плазмовим напиленням. Слід зазначити, що вимірювання мікротвердості напиленого шару проводилося вибірково лише за обсягом металевих частинок, мінаючи кордони розділу і пори, тоді значення мікротвердості оплавленої зони є середньостатистичною характеристикою всього обсягу наплавлення.

Збільшення питомої погонної енергії лазерного оплавлення призводить до незначного зниження мікротвердості оплавленої зони. Твердість оплавленого шару на оптимальному режимі складає не менше 8000 МПа, що відповідає паспортним даним для порошку ПГ-ХН80СР2.

Зміст легуючих елементів в-оплавлених ділянках за результатами мікрорентгеноспектрального аналізу мало відрізняється від їх змісту у вихідному порошку, %: 60-74 Ni, 11-17 Cr, 1,5-2,5 Si, <4 Fe.

Слід зазначити, що характер розподілу легуючих елементів па глибині оплавленої зони характеризується рівномірністю, за винятком кордону зони оплавлення.

Для досягнення однакових властивостей поверхні лазерне оплавлення двох сусідніх зон слід здійснювати з їх перекриттям, що призводить до двократного переоплавлення в зоні перекриття. Розподіл мікротвердості поверхневих ділянок металу по ширині оброблених зон, включаючи зону перекриття, показало, що при повторному переоплавленні зони перекриття помітного зниження мікротвердості не відбувалося. Це пов'язано з тим, що при повторному нагріві в оплавлення порошку ПГ-ХН80СР2 відбуваються незначні фазові зміни. В обсягах оплавленого металу, підданих повторному переоплавленню, мікроструктура і хімічний склад практично не змінюються. Слід зазначити, що при дотриманні мінімального підплавлення основи на глибину 0,25 мм забезпечується висока міцність зчеплення між покриттям і основою, а короткочасність перебування наплавленого металу в області високих температур при лазерному впливі не створює умов для активного розвитку процесів дифузії.

При лазерному оплавленні на оптимальному режимі поверхневих покриттів, отриманих високотемпературним напиленням, можна домогтися такого стану поверхні, що при подальшій механічній обробці можна відразу здійснювати фінішні операції, наприклад шліфування.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ ШНЕКІВ

Шнек - стрижень із суцільною гвинтовою гранню уздовж поздовжньої осі. Застосовується в свердлах для видалення стружки. Використовують для подачі або змішання насипних і рідких компонентів. В залежності від властивостей компонентів частота обертання шнека 50 - 150 об/хв. Є основною робочою частиною механізму м'ясорубок, інструмент для буріння свердловин.

Слід зазначити, що шнеки є дорогими виробами. Особливо високу вартість мають шнеки, які застосовуються у імпортному обладнанні для виробництва пластмасових труб, профілів (вартість таких шнеків нерідко перевищує 10 тис. євро). У зв'язку з цим задача відновлення шнеків є досить актуальною.

Знос шнека носить абразивний характер (особливо інтенсивно зношуються шнеки олісекстракційних пресів при застосуванні технологій, що передбачають переробку неочищених насіння соняшнику, а також пресів для виробництва виробів з кольорових (забарвлених) полімерів (в цьому випадку знос викликають частинки барвника, введеного в полімерну масу). Слід відзначити, що знос зазвичай складає долі міліметрів, при цьому шнек вже не може забезпечити нормальне протікання технологічного процесу і повинен бути замінений. Для його відновлення необхідна наплавлення шару невеликої товщини (на торцеву частину витка - «стрічку» шнека), при цьому ширина самої «стрічки» становить, як правило, декілька міліметрів.

Для цих цілей найбільш підходящим методом відновлення є плазмове наплавлення порошковими сплавами. Для наплавлення шнеків зазвичай застосовуються порошки самофлюсуючих сплавів на нікелевій основі, знайшли також застосування порошки на основі заліза і швидкорізальної сталі. При цьому стійкість наплавлених виробів у 3 - 6 разів вища виготовлених із сталей 38ХМА, 20Х13, 40ХНМА, що зазнали азотування. В той же час, велика ймовірність утворення тріщин (як в металі наплавлення, так і у витку шнека) вимагає попереднього підігріву виробу до температури 400-6000С й наступного відпущення, що істотно ускладнює технологічний процес наплавлення. Дослідження, проведені в ІЕЗ ім. Є.О. Патона, показали, що підвищення швидкості наплавлення від 6 до 15 м/год різко знижує ймовірність виникнення тріщин у разі відмови від технологічної операції попереднього підігріву.

Відомо, що одним з найбільш зносостійких матеріалів для наплавлення є карбід вольфраму (реліт), який наплавляється на виріб за допомогою металевої зв'язки, утворюючи при цьому композитний сплав. Враховуючи високу вартість шнеків і невеликий обсяг наплавленого металу, необхідного для його відновлення, застосування композитних сплавів, що містять карбід вольфраму, є доцільним.

Для поліпшення текучості наплавленого сплаву доцільно застосовувати плазмове наплавлення різнополярним-імпульсним струмом, що дозволяє забезпечити високу змочуваність поверхні основного металу розплавом порошку ПС-12НВК-01. Під час горіння дуги на зворотній полярності відбувається катодне очищення основного металу і рідкої поверхні ванни від оксидів й інших забруднень, внаслідок чого поліпшується розтікання сплаву, що наплавляється по поверхні «стрічки». Спостерігається хороше формування наплавленого валика при низьких втратах порошку для наплавлення на розбризування.

УДК 621.791

Перехейда А.В., студ., Блощин М.С., ас.

ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ ШТАМПІВ

Термообробка робочих кромок розділових і вирубних штампів з використанням лазерного випромінювання широко застосовується як у поліграфічній промисловості, так і в інших галузях сучасного виробництва. Відомі способи лазерного зміцнення штампів полягають в опроміненні їх робочих кромок лазерним променем за умови не досягнення оплавлення цих кромок, щоб уникнути псування штампа і необхідності його подальшої переточування. Процес термообробки забезпечується, з одного боку, концентрованим нагріванням лазерним випромінюванням і, з іншого боку, швидким охолодженням опроміненої поверхні в результаті подальшого самовідводу тепла в тіло штампа за рахунок механізму теплопровідності, при цьому важливо забезпечити значну глибину зміцнення і необхідну структуру робочих кромок - в свою чергу, вимагає значного вводу тепла від лазерного променя і надійного подальшого тепловідводу. Для досягнення першої умови режими опромінення максимально наближають до температур, що межують з оплавленням. Друга умова забезпечується додатковим теплоотводом. Разом з тим, кромка штампа піддається лазерному опроміненню як з верхньої, так і з бічної поверхні штампа, що веде до її перегріву і, як наслідок, вимагає пом'якшення режимів зміцнення - знижує глибину зміцненого шару. Тепловідвід забезпечується лише в одному напрямку - у тіло штампа, цього недостатньо для отримання більш зносостійких структур, необхідних для підвищення експлуатаційної стійкості штампа. Відомий метод зміцнення штампів, що включає лазерну термообробку робочих кромок матриць і пуансонів, складових штампів, із забезпеченням додаткового тепловідводу за допомогою масивного металевого тіла, що знаходиться в тепловому контакті з опромінюваною матрицею або пуансоном. Зазвичай таке масивне тіло встановлюється знизу оброблюваної деталі. При цьому деяке збільшення швидкості відводу тепла в результаті збільшення тепловідводної маси забезпечує деяке поліпшення гартівних структури робочої кромки. Однак таке удосконалення не вирішує головної проблеми. Зміцнююча кромка штампа як і раніше відчуває значний перегрів із-за двостороннього (зверху і збоку) опромінення. Існує спосіб лазерного зміцнення штампів, що включає лазерну термообробку їх кромок з додатковим тепловідводом за рахунок подачі в зону опромінення охолоджуючої рідини. Таке вдосконалення дозволяє забезпечити двосторонній відвід тепла (як в тіло штампа, так і за рахунок контакту з охолоджувальною рідиною), але швидкість такого додаткового тепловідводу набагато нижча, в порівнянні зі швидкістю тепловідводу при контакті з металом. При цьому не усувається двостороннє опромінення кромок штампів (рідина повинна бути прозора для лазерного випромінювання), що зажадає зниження інтенсивності опромінення, а значить і глибини зміцненого шару на кромках штампів.

УДК 621.791

Пищик К.В., студ., Блощин М.С., ас.

ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РІЖУЧИХ ПОВЕРХОНЬ

Однією із тенденцій науково-технічного прогресу є створення гнучких, виробництв, що швидко перебудовуються, на основі автоматизованих комплексів, а також застосування нових технологій, які базуються на використанні

висококонцентрованих джерел енергії. Застосування лазерної технології дозволяє забезпечувати здатність швидкого і з малими затратами переналагодження виробничого процесу. Для того, щоб отримати найбільший ефект від впровадження лазерної технології, необхідний ретельний аналіз номенклатури деталей, для яких найбільш доцільно її використання з точки зору продуктивності, якості і економічної ефективності.

При обробці ріжучих поверхонь використовують режими, які не викликають порушення вихідної шорсткості поверхні. Для покращення якості обробленої поверхні процес зміцнення проводиться в середовищі захисного газу – аргону. До інструментів, відповідно лазерному зміцненню, пред'являється ряд вимог, в тому числі, шорсткість поверхонь що зміцнюються не повинна перевищувати $R_a = 0.63$ мкм; поверхні що підлягають лазерному зміцненню повинні бути термічно обробленими, чистими, не мати слідів корозії, тріщин. Однак при опроміненні інструментів, які мають високу вихідну твердість (HRC 62-64), отриману в результаті гартування без подальшого відпуску або неякісного відпуску, іноді у місцях дії лазерного випромінювання виникають тріщини, що є наслідком додавання залишкових напружень вихідного матеріалу з напруженнями, які виникають у процесі опромінення. В результаті лазерного зміцнення імпульсним випромінюванням зносостійкість ножів підвищується в 1.6-3 разів. При цьому ефективність зміцнення залежить від геометрії ріжучої кромки, виду матеріалу оброблюваної заготовки.

Лазерне зміцнення дозволяє знизити зношення інструмента шляхом підвищення поверхневої твердості при збереженні загальної високої динамічної міцності, підвищення теплостійкості, зниження хімічної активності зміцненого матеріалу й коефіцієнту тертя пари ніж-ніж. Можливо використання як імпульсного так і неперервного лазерного випромінювання для зміцнення робочих поверхонь елементів ножів.

УДК 621.791

Пищик К.В., студ., Блощин М.С., ас.

ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕКСТРУДЕРІВ

Екструдер - машина для пом'якшення матеріалів і придання їм форми шляхом продавлювання через профілюючий інструмент, перетин якого відповідає конфігурації виробу. Ця частина швидкозношувана, її термін експлуатації не перевищує 400 годин, а значить відновлення цієї деталі є актуальним. Процес переробки матеріалів в екструдері називається екструзією. В екструдері отримують головним чином вироби з термопластичних полімерних матеріалів.

Для реалізації процесу екструзії застосовується шнековий екструдер, основним робочим органом якого є шнек спеціальної конструкції, що обертається в циліндричному корпусі. На виході з корпусу екструдера встановлена формотворна матриця. Характерними особливостями конструкції робочої частини екструдера є те, що камери і шнеки змонтовані відповідно до поставлених технологічних задач. Розрізняють завантажувальну камеру, в яку вводиться сировина і різні добавки, закриті камери з отворами для вимірювання температури і тиску, а також для введення рідких добавок та відбору проб. На шнеки можуть встановлюватися різні елементи, що дає можливість створювати додатковий опір переміщенню продукту і перемішувати його в процесі переміщення. Процес сухої екструзії при виробництві комбікормів та при вологості сировини 12 – 16% займає до 30 секунд. За цей час сировина проходить декілька стадій обробки: теплову обробку, стерилізацію (під впливом температури і

тиску відбувається руйнування структури гранул зі збільшенням об'єму), подрібнення та змішування, зневоднення (за 30 секунд вміст вологи знижується на 50%). Взаємодія цих факторів призводить до значного зношення робочої поверхні основною робочою частиною якої є шнек та гільза. При цьому зношення робочої частини шнека може досягти 2,2-3,2 мм. Зрозуміло, що при такій величині зносу робочої поверхні екструдера найбільш доцільним є використання електродугового наплавлення. Одними з найпоширеніших способів відновлення шнеків екструдерів є плазово-порошкове та індукційне наплавлення. У той же час підвищена температура плазми дугового розряду вказує на основну проблему даного способу, а саме наявність підвищеного рівня залишкових напружень, що призводять до певних деформацій та як наслідок - зносу гільзи.

Наплавлення під флюсом циліндричних деталей складної конфігурації вимагає додаткового виготовлення азбестових або мідних лопаток для утримання флюсу на поверхні деталі, а наплавлення в потоці флюсу дозволяє без застосування додаткових пристосувань отримати якісну наплавлену поверхню. Найбільш доцільно застосовування наплавлення в потоці флюсу, тому що воно запобігає зсипанню флюсу з поверхонь, що відновлюються, забезпечуючи тим самим надійний захист реакційної зони зварювання від впливу зовнішніх факторів. При напавленні виділяється газ і утворюється оболонка, яка захищає розплавлений метал від взаємодії з повітрям і від вигорання легуючих елементів. Крім цього, флюс сприяє збереженню тепла дуги і перешкоджає розбризкуванню рідкого металу. Наявність шлакової кірки знижує швидкість застигання наплавленого металу, що створює добрі умови для формування шва. Наплавлена поверхня під шаром флюсу виходить гладка.

УДК621.039.647

Данилейко О.О., студ., Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощин М.С., ас.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЗБУДЖЕННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ

Процес іонізації атомів і молекул випромінюванням давно привертає увагу дослідників. У наш час набуло великого розвитку використання електричної дуги в зварювальних апаратах. Цьому сприяв розвиток електричної техніки, що дало можливість досягати високочастотних коливань, не небезпечних для життя людини.

Для початкового підпалу дуги пристрої ділять на два класи: пристрої підпалу від короткого замикання киснем і пристрої підпалу через зазор. Але пристрій підпалу від короткого замикання має істотні мінуси. Справа в тому, що при підпалі коротким замиканням можливе руйнування електрода, в результаті переносу матеріалу електрода в зварний шов (утворення вольфрамових включень). Для усунення цього небажаного явища запалювання повинно здійснюватися при малому струмі, що не перевищує 5-20 А (залежно від форми заточування кінця електрода). Пристрій для підпалу повинен забезпечувати малий струм короткого замикання, підтримання струму на цьому рівні до моменту утворення дуги і лише потім його плавне наростання до робочого. У наслідок цього відбувається ускладнення зварювальної головки при автоматичній зварці в спеціалізованих установках для ручного зварювання і автоматах. У зв'язку з цим, більш поширений підпал дуги через зазор, шляхом пробою проміжку високовольтними імпульсами. Але присутність високовольтних пристроїв для запалювання дуги, викликання радіоперешкод при пробі дугового проміжку, складність і висока вартість високовольтного трансформатора, напруги промислової частоти (небезпечного для життя обслуговуючого персоналу), неможливість

управління моментом генерації імпульсів високої напруги, робить цей спосіб дорогим і складним. Ряд цих недоліків можна виправити за допомогою імпульсних блоків живлення, які замінюють великі, громіздкі, дорогі трансформаторні блоки живлення шляхом збільшення частоти. Ця технологія у наш час широко використовується в інверторних зварювальних апаратах, але навіть це не вирішує багато недоліків через те, що сучасні схеми управління погано працюють з імпульсними джерелами живлення. Варіантом виходу зі становища являється використання лазера для підпалу дуги. Ця технологія дає більшу однорідність і контроль процесу зварювання і різання, сильне зниження ризиків для здоров'я і навколишнього середовища, електрична дуга може бути встановлена точно на заготовці. В останні роки створені лазери, що генерують надпотужні ультракороткі світлові імпульси. Вони отримали назву СРА-лазерів. Ці букви - аббревіатура від англійських слів "chirp pulse amplification", які можна перекласти як "посилення імпульсу з плавно змінною частотою". Лазерні імпульси, мають тривалість менше 1 піко секунди (тобто менше 10^{-12} с). Їх довжина в просторі становить менше 300 мкм, що менше третини міліметра. Тому для характеристики таких імпульсів часто використовують термін "ультракороткі імпульси". Довжина хвилі випромінювання складає зазвичай близько 1 мкм, і воно відноситься до інфрачервоного діапазону. На довжині імпульсу укладаються десятки - сотні довжин хвиль.

Енергія, яку несе такий імпульс, може доходити до сотень джоулів, а потужність - до 10^{15} Вт. Цю величину прийнято називати "петаватт". Вона набагато перевищує сумарну потужність усіх електростанцій світу. Тому такі імпульси часто називають надпотужними.

Якщо такий імпульс сфокусувати на майданчик з радіусом 10 мкм, то інтенсивність випромінювання (потужність, поділена на площу майданчика) досягне $3 \cdot 10^{20}$ Вт/см², а напруженість електричного поля при цьому буде порядку 10^{12} В / см. При цьому відбувається оптичний пробій (або лазерна іскра) (порядку 10^{11} Вт/см²). Основою для оптичного пробію є ефект розвитку електронної лавини, при цьому затворні електрони з'являються в результаті багатофотонної іонізації молекул або атомів газу. При взаємодії лазерного випромінювання з атомом відбувається поглинання декількох (порядку 10-20) фотонів, що супроводжується вириванням електрона. Електрон прискорюється в полі лазерної хвилі і при зіткненні з іншими атомами виробляє їх іонізацію, народжуючи ще один електрон. Потім уже два електрони прискорюються полем і при зіткненнях з атомами народжують ще два електрони. Таким чином відбувається лавиноподібне наростання числа вільних електронів. Цей процес викликає контрольоване збільшення провідності газового струменя плазми, зниження опору, збільшення електричного струму дуги також досягається одночасно, що призводить до збільшення енергії.

Враховуючи все вище викладене, можемо зробити висновок, що використання лазера для підпалу дуги - це точний, безпечний і продуктивний спосіб обробки матеріалу.

УДК 621.791

Свіржевська М.В., студ.; Головка Л.Ф., проф.; Блощинин М.С., асист.

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДВОХ ЛАЗЕРНИХ ПУЧКІВ В ОДНОМУ ПРОЦЕСІ

Лазерна наплавка полягає у нанесенні на поверхню виробу, що обробляється, покриття шляхом плавлення основи і присадкового матеріалу. При цьому основа

проплавляється мінімально, властивості покриття значним чином залежать від властивостей присадкового матеріалу.

Шар покриття, зформований при високих швидкостях наплавлення, не завжди відповідає всім вимогам якості в наслідок існування нестабільності процесу.

При лазерній обробці сталі з вмістом вуглецю 0,1% та магнію 0,02% в зоні нагріву, де температура перевищує температуру плавлення сталі, зафіксовано структуру, що складається з мартенситу та ферриту – типову для неповного гартування доевтектоїдних сталей. Збереження тут ферриту, ймовірно, пояснюється малою тривалістю лазерної обробки. При цьому твердість фериту постійна по глибині зони нагріву, а твердість мартенситу зростає з глибиною. Останє можна пояснити зменшенням зерен ауситеніту при зниженні температури лазерного нагрівання у глибину зони та відповідним зменшенням розмірів пакетів й рейок мартенситу, що утворюється при самогартуванні сталі.

Для створення більш стабільного та керованого процесу використовують схему обробки двома послідовними лазерними променями. При цьому лазерні пучки можуть бути отримані як з одного технологічного лазера, методами відгалуження, так і з двох різних, енергетичні та геометричні параметри яких можуть відрізнятись. Швидкість охолодження регулюється за рахунок зміни величини запізнювання між двома лазерними пучками, та зміною густини потужності променя, що сканує.

Використання двопроменевої схеми лазерної обробки покращує якість покриття та результуючі фізико-механічні характеристики обробленої поверхні деталі.

УДК 621.791

Шепелев О.О., студ.; Головки Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощицин М.С. ас.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПОТУЖНИХ ВОЛОКОННИХ ЛАЗЕРІВ ДЛЯ ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНОГО СПІКАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ З НТМ

Попит ринку значно перевищує продуктивність сучасного виробництва інструменту, оснащеного ріжучими елементами з НТМ, зокрема тонких відрізних кругів. При виготовленні алмазного інструменту використовуються зв'язки на основі легкоплавких компонентів, що суттєво обмежує можливості його оптимального використання для обробки широкої гами конструкційних матеріалів з різною твердістю, з різним хімічним складом і з іншими особливостями.

У багатьох випадках зерна НТМ недостатньо міцно утримуються тими зв'язками, які широко використовуються при виготовленні інструментів, що обмежує продуктивність різання, стійкість інструменту, сприяє підвищенню витрат зерен зерен НТМ, вартості обробки. Зі зменшенням товщини шару, вміщуючого зерна НТМ, різко знижується його міцність. Існуючі методи виготовлення інструментальних композитів мають високу трудоемність та, відповідно, високу вартість, обмежену продуктивність, що пов'язано з температурними умовами в зоні різання. Окрім того, існуючі методи спікання не дозволяють керувати розташуванням зерен НТМ в інструментальному шарі, тим більше - створювати однорядні багатозарові інструменти.

Поява на ринку волоконних лазерів, к.к.д. яких становить 40-50%, обумовлює необхідність проведення дослідження можливостей їх застосування для спікання НТМ вміщуючих композитів.

Головною метою роботи є розробка процесу термодиформацийного спікання інструментальних композитів із надтвердих матеріалів в використанні випромінювання волоконних лазерів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Розробити спосіб та схему термодформаційного спікання НТМ вміщуючих композитів з застосуванням випромінювання волоконного лазера.

2. Створити експериментальний стенд на базі потужного волоконного лазера, оснастити його необхідною апаратурою для контролю параметрів процесу.

3. Запроєктувати, виготовити та налагодити необхідне технологічне оснащення (дозуючий пристрій, системи введення пастоподібної суміші НТМ вміщуючих порошків, що спікаються, та адаптивного контролю результатів обробки).

3. Визначити основні закономірності впливу режимів теплової та динамічної дії на розмірні та якісні характеристики НТМ вміщуючих шарів.

Попередніми дослідженнями було встановлено, що при безпосередній дії лазерного випромінювання на алмази, як з довжиною хвилі 1,06 мкм, так і 10,6 мкм, важко визначити кількість безпосередньо поглинутої енергії, температуру їх нагріву. Тому треба застосовувати як пряме, так і побічне нагрівання зерен НТМ розплавленим лазерним випромінюванням металом. Зважаючи на те, що зерна кубічного нітриду бора (КНБ) добре поглинають випромінювання як CO_2 , так і YAG:Nd лазерів, запропоновано спосіб зменшення їх теплового навантаження нанесенням на їх поверхні спеціальних покриттів. У якості зв'язуючого доцільно використовувати порошки Co, систем Cu-Sn, Cu-Sn-Co, сплавів ПС12НВКС1 (основа Ni), ХТН (основа - сталь 12Х18Н10Т+ TiB_2 + CrB_2).

Між зернами алмазів і закристалізованим розплавом існує достатньо щільний контакт. Надзвичайно високі швидкості лазерного нагріву та локальність процесу забезпечують формування високодисперсних структур з рівномірним розподілом легуючих елементів. Лазерне випромінювання можливо використовувати для підвищення якості композитів, спечених традиційними способами. Дослідження алмазів, які нагрівались побічним способом при різних значеннях густині потужності і часі опромінювання до температур 1500-1600°C на повітрі показали, що існують певні області режимів опромінювання (густина потужності $1,4 \times 10^7 - 5 \times 10^7 \text{ Вт/м}^2$, час дії 0,2-0,4с), в межах яких алмази практично зберігають вихідну міцність. Ці області на слайді представлені прямокутниками різного кольору. За межами цих областей відбувається тріщиноутворення та руйнування алмазів або їх окислення.

Дослідження процесів та структур на границі "алмаз-зв'язка" показали, що при певних умовах на поверхні алмазів утворюються плівки товщиною 150-400Å, які містять Co, в інших випадках Co і WC, які сприяють підвищенню змочуваності поверхні алмаза зв'язкою, та міцності утримання їх нею, виконують захисну роль.

При спіканні алмазовміщуючих композитів, виготовлених із шихти, яка знаходилась у вільному стані, утворювались валики, розмірами і формою яких трудно керувати. До того ж мало місце із-за різниці у питомій вазі зосередження алмазів на поверхні розплаву з утворенням регулярних груп.

Наведені результати стали основою створення процесу лазерного термодформаційного спікання алмазовміщуючих композитів. Суть процесу заключається в тому, що лазерне випромінювання в процесі відносного руху розплавляє тонкий шар металевої основи. В утворений розплав подається порошкова суміш зв'язки і алмазів, яка також плавиться і потім кристалізується, утворюючи тонкий шар сплави з основою, чи попереднім шаром, та шар спеченого композиту. Форма та розміри алмазовміщуючого шару забезпечуються застосуванням формуючих матриць, в яких ще гарячий композит на певній відстані від зони спікання ущільнюється деформуєчим елементом.

Запропоновані два способи лазерного термодформаційного спікання композитів, які відрізняються напрямком нарощування алмазовміщуючих шарів.

Принципові та технологічні схеми реалізації радіального та вісєвого лазерного термодєформаційного спікання наведєні на цих слайдах.

Для виконання дослїдженъ, пов'язаних з розробкою процесу та способів радіального та вісєвого спікання алмазвміщуючих композитів було створено експериментальний стенд на базі потужного електрогазорозрядного CO₂ лазера з необхідною контрольно-вимірною апаратурою та технологічним оснащенням.

При дослїдженні процесу лазерного термодєформаційного спікання алмазвміщуючих композитів його було представлено, як технологічну систему з причинно-наслідковими зв'язками між усіма факторами і параметрами.

Для визначення теплового стану (рівня та розподїлу температур) композиту, металєвого корпусу інструмента та формуючої матриці у залежності від енергетичних параметрів випромїнювання, швидкості відносного руху, розмірів та форми поперечного перерїзу променя на поверхні фокусування, теплофізичних характеристик матерїалів, які опромїнюються, їх вихідних температур, було розроблено математичну модель. У якості математичної моделі було використано тривимірну нелїнійну нестационарну задачу теплопровідності з застосуванням узагальненої постановки задачі Стефана. Для підвищення точності розрахунків і скорочення часу обчислення було застосовано оригінальний алгоритм адаптування розташування нерівномірної сітки, яка постійно змінюється в часі і просторі (перемїщується з тепловим джерелом).

За допомогою математичного моделювання та експериментальних дослїдженъ було визначено енергетичні параметри лазерного опромїнювання, умови та характеристики подачі порошкового матерїалу, кїнематика відносного руху променя і заготївлі, визначені діапазони змінювання величини деформуючого зусилля та координати точки його прикладання, які забезпечують отримання композиту потрібної якості.

УДК 621.791

Кутасєвич С.О., студ.; Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощичин М.С. ас.

МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ЛАЗЕРНО-ІНДУКЦІЙНОМУ НАПЛАВЛЕННІ

Значна частка відмов машин, що працюють в умовах дії абразивних і агресивних середовищ, високих температур та тисків, безпосередньо пов'язана зі зношуванням контактуючих поверхонъ деталей, втратою геометричних форм і розмірів. До таких деталей можна віднести лопатки газових турбїн, що працюють при температурах 900-1000⁰С, дії агресивного газового потоку й абразивних часток, підп'ятники турбокомпрєсорів, цапфи бурових долїт, колїнчасті й розподільні вали двигунів й ін.

Надзвичайно ефективними способами ремонту спрацьованих деталей для продовження тривалості їх експлуатації є технології відновлення. Цїлеспрямована зміна фізико-механїчних властивостей поверхневих шарів деталей машин, відновлення їх розмірів і форми є областю ефективного застосування лазерного газопорошкового наплавлення.

Однак висока вартість енергії лазерного випромїнювання та істотне збільшення собівартості наплавлення при збільшенні продуктивності процесу обмежує область використання цієї технології. У зв'язку з цим розвиток отримали науковї дослїдження, спрямовані на пошук способів зниження собівартості процесу лазерного газопорошкового наплавлення за рахунок використання більш дешевих допомїжних джерел енергії.

Було вибрано індукційний спосіб нагрівання металів, який заснований на двох фізичних законах: законі електромагнітної індукції Фарадея-Максвелла та законі Джоуля-Ленца. Металеві тіла потрапляють у змінне магнітне поле, яке збуджує в них вихрове електричне поле. ЕРС індукції визначається швидкістю зміни магнітного потоку. Під дією ЕРС індукції в тілах протікають вихрові (замкнуті внарі) струми, що виділяють тепло по закону Джоуля-Ленца. ЕРС створює в металі змінний струм, теплова енергія, яка виділяється даними струмами, є причиною нагріву металу. Індукційне нагрівання є прямим й безконтактним, дозволяє досягати температур, достатніх для плавлення важкоплавких металів й сплавів.

Особливістю індукційного вводу енергії є можливість регулювання просторового розташування зони протікання вихрових струмів. Переваги індукційного нагріву - передача електричної енергії безпосередньо в тело, що нагрівається дозволяє здійснювати пряме нагрівання матеріалів. При цьому підвищується швидкість нагріву в порівнянні з установками побічної дії, в яких предмет нагрівається лише з поверхні.

Результатом цих досліджень став процес лазерно-індукційного наплавлення, коли функції кожного джерела енергії чітко розмежовані. Лазерний промінь розплавляє певний об'єм матеріалу основи і доводить до температури плавлення підігрітий вихровими струмами порошок. За допомогою математичного моделювання та експериментальних досліджень було визначено енергетичні параметри лазерного опромінювання, умови та характеристики подачі порошкового матеріалу, кінематика відносного руху променя і заготівлі, визначені діапазони зміни потужності індуктора та визначені оптимальний діапазон частот електричного струму.

Наведена технологія є безумовно актуальною привабливою оскільки дозволяє істотно і за малий проміжок часу збільшувати продуктивність наплавлення без адекватного підвищення собівартості процесу.

УДК 621.039.61:533.95

Салій С.С., студ.; Кутасевич С.О., студ.; Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощин М.С. ас.

ВИКОРИСТАННЯ НВЧ-ПЛАЗМОТРОНІВ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ТЕПЛОНОСІЇВ СТАНЦІЙ ОПАЛЕННЯ

Для розпалювання пиловугільних котлів та стабілізації процесів горіння зазвичай застосовують природний газ або мазут, вартість яких безперервно зростає. Тому актуальним є використання в якості розпалювального палива вугільного пилу, але в порівнянні з газом і мазутом вимагає більш високої температури займання і більш тривалого температурного впливу, внаслідок низького виходу летких в порівнянні з газом і мазутом. Високу ударну температуру (до 12000 К) здатні розвивати плазмотрони.

Вплив плазми на вугільний пил призводить до ряду позитивних змін у ній, наприклад: частинки вугілля дробляться на більш дрібні частини, відбувається їх інтенсивна газифікація, внаслідок цього підвищуються реакційні властивості палива, горіння протікає більш стійко. Це є актуальним при спалюванні низькосортних вугілля (при постійній роботі плазмотрона) і дозволяє здійснити підпал котла при короткочасній роботі плазмотрона, необхідної для досягнення розпалювальних параметрів котла. За різними оцінками електрична потужність, споживана плазмотроном, не перевищує 2,5% від теплової потужності пиловугільний пальника, і становить 0,3-0,5% від теплової потужності котла. Однак застосовувані електродугові плазмотрони володіють істотними недоліками – зносом електродів і необхідністю їх охолодження.

Тому використання в таких пальниках НВЧ- плазмотронів є найбільш перспективним, оскільки вони не вимагають використання спеціальних вугільних і мідних електродів, а також в них можливе створення критичної концентрації електронів $\sim 7 \cdot 10^{16} \text{ 1/м}^3$, це сприяє ранньому займанню холодної вугільно-повітряної суміші і при відносно малих часах взаємодії вугільних частинок з плазмовим факелом ($\sim 0,05 \text{ с}$) інтенсивному вигоранню пилу.

Утворення НВЧ- плазми між електродами викликає проблеми, характерні для електродугових плазмотронів, а також з відомим негативним ефектом зсуву точки горіння по хвилеводу в напрямку до НВЧ-генератора. Недолік може бути вирішений запалюванням плазмового вільно ширяючого плазмоїда в обмеженому просторі шляхом фокусування НВЧ енергії до рівня напруженості поля, близького до пробійної ($\sim 30 \text{ кВ / см}$), проте для цього потрібна система дзеркальних, лінзових і інших антен розмірами не менше 10 довжин хвиль і висока пікова потужність НВЧ- генератора: 10 МВт, що важко реалізується.

Іншим способом запалювання і підтримки стабільного стану «безелектродний» мікрохвильові плазми є збудження електромагнітного поля НВЧ високої напруженості в об'ємному резонаторі генератором великої потужності.

Процес запалювання і горінням вугільного пилу може проводитися на установці, в якій плазмовий струмінь з сопла плазмотрона вводиться в муфель, й через отвір подається пил з бункера шнеком, що приводиться в обертання електродвигуном. Газ для горіння подається у просвіт між соплом і муфелем за рахунок швидкості потоку плазми. Плазма видувається назовні організованим потоком плазмоутворюючого газу-повітря. Плазмотрон, працює при атмосферному тиску. Плазмотрон має корисну потужність перетворення НВЧ-енергії в плазму 1,5 кВт з 800Вт магнетрона, робоча частота НВЧ магнетрона - 2450 МГц.

Пропонується НВЧ-плазмотрони застосовувати як для без мазутного розтоплення пиловугільних, так і для отримання плазми, вільної від домішок продуктів ерозії, необхідної для інших технологічних цілей, наприклад, плазмохімії.

ЗМІСТ

	Стор.
1. Кагляк О.Д. ас.; Погарченко А.В. уч.; Полешко О.П. доц.; Гончарук О.О. ас. ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ НА БІОЛОГІЧНІ ТКАННИНІ.....	2
2. Кагляк О.Д. ас.; Кондрашов М.В. студ.; Скляр М.О. студ.; Гончарук О.О. ас.; СИСТЕМА ДОПАЛЮВАННЯ ВИПУСКНИХ ГАЗІВ РОТОРНОГО ДВИГУНА.....	3
3. Коваленко Н.В., студ., Коваленко В.С., д.т.н., проф. ТРАНСПОРТУВАННЯ ЕНЕРГІЇ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ НА РАКЕТОНОСІЙ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВИВЕДЕННЯ ЙОГО З ЩІЛЬНИХ ШАРІВ АТМОСФЕРИ ЗЕМЛІ.....	4
4. Короткий Д.В., магістрант; Котляров В.П. д.т.н., проф. МЕТОД ТА ЗАСІБ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ ОТВОРІВ В ЗАГОТОВКАХ ІЗ ТЕПЛОПРОВІДНИХ МАТЕРІАЛАХ.....	5
5. Процак О.М., магістрант; Котляров В.П. д.т.н., проф. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСУ ЛАЗЕРНОЇ РОЗМІРНОЇ ОБРОБКИ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	7
6. Ткачук М., магістрант, Котляров В.П., д.т.н. проф. РЕЗУЛЬТАТИ АПРОБАЦІЇ МЕТОДИКИ НЕЗАЛЕЖНОГО КЕРУВАННЯ ПАРАМТРАМИ ПУЧКА ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	9
7. Романов Б.С. студ.; Лутай А.М. ст.вик.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доцент. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРНОГО ФОРМУВАННЯ В ПРОМИСЛОВОСТІ ТА ІДЕЇ МАЙБУТНЬОГО РОЗВИТКУ.....	15
8. Лесик Д.А., аспірант; Джемелінський В.В., к.т.н., професор. СТВОРЕННЯ РЕГУЛЯРНОГО МІКРОРЕЛЬЄФУ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛІ БАГАТОБІЙКОВИМИ УЛЬТРАЗВУКОВИМИ НАКОНЕЧНИКАМИ.....	17
9. Лягунцов С.С., студ.; Джемелінський В.В., к.т.н., професор. ОЧИСТКА ТА ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ МАТРИЦІ ТЕРМОПЛАСТАВТОМАТІВ.....	19
10. Салій С.С., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц. РУЙНУВАННЯ КОМПОЗИЦІЙНОГО МАТЕРІАЛУ ЗА КОНТАКТНОЇ ВЗАЄМОДІЇ.....	21
11. Зворикіна А.К., студ.; Колісник Р.В., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ І ВИДИ ЗНОШУВАННЯ.....	21
12. Гоменюк І.М., студ.; Фролов М.М., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц. МЕТОДИ НАРІЗАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС.....	23
13. Гайдук І.В., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц. АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ЧЕРВ'ЯЧНОЇ ПЕРЕДАЧІ.....	24
14. Гойса Я.В., студ.; Полешко О.П., к.т.н., доц. АВТОМАТИЗАЦІЯ РОЗРАХУНКУ ПАСОВОЇ ПЕРЕДАЧІ.....	26
15. Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.; Кагляк О.Д., ас. ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ШАРІВ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 1,06 МКМ.....	26
16. Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.; Кагляк О.Д., ас. ОПТИМАЛЬНІ УМОВИ ФОРМУВАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ШАРІВ З НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 10,6 МКМ.....	28
17. Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас.; Кагляк О.Д., ас.	

ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ З ДОВЖИНОЮ ХВИЛІ 1,06 МКМ НА ФАЗОВИЙ СКЛАД І МІЦНІСТЬ КУБІЧНОГО НІТРИДУ БОРУ	29
18. Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ НАНОДИСПЕРСНИХ ПЛАЗМОХІМІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ ПОРОШКІВ НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ.....	31
19. Гордієнко Б.Б., студ.; Гончарук О.О., ас. ОЦІНКА ВПЛИВУ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ДОБАВОК НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ КОМПОЗИТІВ.....	36
20. Редько А.С., студ.; Коваленко В.С., д.т.н., проф. ОЦІНКА СТРУКТУРИ ПОВЕРХНІ НА МІКРО-ТА НАНОРІВНІ ПІСЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ.....	38
21. Лашта А.В., магістр; Джемелінський В.В., к.т.н., проф. КОМБІНОВАНА ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ МАЛОРОЗМІРНИХ ДЕТАЛЕЙ МЕДИЧНОГО ПРИЗНАЧЕННЯ.....	42
22. Шинкаренко П.П., магістр.; Блощцин М.С., асис.; Джемелінський В.В., к.т.н., проф. ПРАКТИЧНЕ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ТА АЕРОЗОЛЬНОГО ПОТОКУ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОЇ ОЧИСТКИ ВИРОБІВ.....	44
23. Баліцкий Ю.М. маг.; Джемелінський В.В., к.т.н., проф. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСІВ ОЧИСТКИ ЦИЛІНДРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ З ВИКОРИСТАННЯМ ВІДЦЕНТРОВО-ВІБРАЦІЙНИХ ПРОЦЕСІВ.....	45
24. Кальченко В.В., студ.; Олещук Л.М., к.т.н., доц. ТЕНДЕНЦІЇ КОМПУНУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	47
25. Стасюк Л.В., студ.; Олещук Л.М., к.т.н., доц. ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ.....	48
26. Стасюк Л.В., студ.; Олещук Л.М., к.т.н., доц. КОМПУНУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ З МЕХАНІЗМАМИ ПАРАЛЕЛЬНОЇ СТРУКТУРИ.....	49
27. Рибкін О.І., бак., Онуфрієнко В.В., бак. Керівник: Головка Л.Ф., проф. УПРАВЛІННЯ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВВИРОБІВ ЗАСТОСУВАННЯМ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ З ПРИНЦИПОВО НОВИМ СПОСОБОМ ВВЕДЕННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ІЗ РІДИННО-В'ЯЗКОГО СТАНУ.....	50
28. Запорожець Т.В., магістрант, Сороченко В.Г., к.т.н., ст. н.с., Головка Л.Ф. д.т.н., проф. ЛАЗЕРНА СЕЛЕКТИВНА ОБРОБКА ПОВЕРХОНЬ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ЖОРСТКОСТІ.....	51
29. Вишнеvsька І.Л., магістрант, Головка Л. Ф., д.т.н., проф. РОЗРОБКА ПРОЦЕСУ ДИСТАНЦІЙНОГО, ЛОКАЛЬНОГО, РЕГУЛЮЄМОГО ЗА ВЕЛИЧИНОЮ І ГЛИБИНОЮ ПОЛОЖЕННЯ МАКСИМУМА ТЕМПЕРАТУРИ ЛАЗЕРНОГО НАГРІВУ СЕРЕДОВИЩ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ І ВІДПОВІДНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	53
30. Дурніцький Д. студ.; Ключников Ю.В. к.ф.-м.н., доц.; Лутай А.М. ст. викл. ІОННО-ДИФУЗІЙНЕ НАСИЧЕННЯ СТАЛЕЙ.....	55
31. Котляров А.А., студ.; Лутай А.М., ст. викл. ІОННО-ПЛАЗМОВІ ТЕХНОЛОГІЇ МОДИФІКАЦІЇ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛЕЙ МАШИН.....	57
32. Качуровська Н. О., інж., Ткаченко Н.В. студ., Анякін М.І. д.т.н., доц.. ПІДВИЩЕННЯ ЗНОСОСТІЙКОСТІ ПОВЕРХОНЬ ЗА ДОПОМОГОЮ ОБРОБКИ СФОКУСОВАНИМ ЛАЗЕРНИМ ВИПРОМІНЮВАННЯМ КОРОТКОЇ ТРИВАЛОСТІ У ЧАСІ.....	58

33. Качуровська Н.О., інж., Фархунд Хамеді, асп., Ткаченко Н.В. студ., Кондрашев П.В., к.т.н., ст.викл.; Анякін М.І. д.т.н., доц. ВПЛИВ УМОВ ОБРОБКИ НА РЕЗУЛЬТАТ ДІЇ СФОКУСОВАНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ.....	59
34. Клименко К.В. студ.; Жук Р.О.ас.; Анякін М.І., д.т.н., доц. ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ДЛЯ ГІДРО-ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ.....	60
35. Клименко К.В.; Мехді Наєбі. асп.; Степура О.М., мол.н.с.; Анякін М.І., д.т.н., доц. ЛАЗЕРНЕ ФРЕЗЕРУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ.....	61
36. Бик П.Л., ас.; Голінко В.М., студ.; Моторний В.М., студ.; Мішалов В.Г., д.мед.н., проф. Національний медичний університет імені О.О. Богомольця ІМПЛАНТАЦІЯ СТЕНТА В ЧЕРЕВНУ АОРТУ ЩУРА В ЕКСПЕРИМЕНТІ.....	62
37. Черевань М.В., студ., Красавін О.П., асистент ЛАЗЕРНЕ ЛЕГУВАННЯ З ТВЕРДОЇ ФАЗИ.....	63
38. Четверікова О.П., студ., Красавін О.П., асистент ТЕПЛОВІ ПРОЦЕСИ ПРИ ЛАЗЕРНОМУ ОПРОМІНЕННІ ТОНКИХ ТІЛ.....	64
39. Романюк К.О., студ.; Березіна Н.О., доц.; Сердітов О.Т., к.т.н., доц. ХІТИН ТА ЙОГО ПОХІДНІ. ОТРИМАННЯ ТА ЗАСТОСУВАННЯ.....	65
40. Перехейда А.В., студ., Головка Л.Ф., проф., Красавін О.П., асистент ВИМІРЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЕННЯ.....	66
41. Аль Хавальди Али, студ., Сердитов А.Т., к.т.н., доц., Желдубовский А.В., к.т.н., ст.н.с., Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доц. ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ ОЦЕНКИ ОСТАТОЧНОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ МАТЕРИАЛА В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО СТАТИЧЕСКОГО НАГРУЖЕНИЯ.....	66
42. Баліцький Ю.М., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.-м.н., доц. НАНЕСЕННЯ НА ПОВЕРХНЮ СТАЛЕЙ ПОКРИТТІВ НА ОСНОВІ КАРБІДІВ ТИТАНУ ТА ВАНАДІЮ.....	67
43. Галицький Т.О., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Желдубовський О.В., к.т.н., ст.н.с., Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доц. ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ, ЯК НАСЛІДОК ЗАПРОВАДЖЕНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБКИ ЇХ ПОВЕРХНІ.....	68
44. Дурницький Д.А., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф. - м.н., доц. ПІДВИЩЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ СТАЛЕЙ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКОЮ.....	68
45. Максимов Г.Д., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ МАТЕРІАЛІВ ПРИ РІЗНИХ ВИДАХ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНОЇ ДІЇ.....	69
46. Милош Митич., студ., Сердитов А.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц., Желдубовский А.В., к.т.н., ст.н.с. ВЛИЯНИЕ ВИДА ОБРАБОТКИ НА ТОЛЩИНУ УПРОЧНЕННОГО ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ И СОПРОТИВЛЕНИЕ УСТАЛОСТИ МАТЕРИАЛА.....	70
47. Моисеенко Г.С., студ., Сердітов О.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц. ЗНОСОТІЙКІСТЬ СТАЛЕЙ З КАРБІДНИМ ПОКРИТТЯМ.....	71
48. Мухамед Али, студ., Сердитов А.Т., к.т.н., доц., Ключников Ю.В, к.ф.- м.н., доц., О НЕКОТОРЫХ СВОЙСТВАХ СТАЛИ С ЗАЩИТНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ.....	72
49. Везденецький П. Ю., студент гр. МЛ-91; Дубнюк В.Л., ст. викл.	

ОЦІНКА І ОПТИМІЗАЦІЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДИК ЛАЗЕРНОГО ПРОТОТИПУВАННЯ.....	72
50. Скулевич В.В. студ.; Козирев О.С. ст. вик.; Романенко В.В. доц. ВИМІРЮВАННЯ СПЕКТРІВ ДИФFUЗНОГО ВІДОБРАЖЕННЯ ВІД РІЗНИХ ПОВЕРХОНЬ.....	74
51. Спаська О.О. студ., Козирев О.С. ст. викл., Романенко В.В. доц. ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДБИТТЯ РОЗСІЯНОГО ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ВІД МЕТАЛЕВИХ ПОВЕРХОНЬ.....	75
52. Рашківський О.Ю., студент; Кучинський С.О., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент ВІДЦЕНТРОВА МУФТА З КОЛОДКОВИМИ РОБОЧИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ ПІДВИЩЕНОЇ НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДА.....	76
53. Гасленко В.І., студент; Бабак А.С., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УДОСКОНАЛЕНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ЗМІННИХ РЕЖИМІВ ЗМАЩУВАННЯ РОЛИКОВИХ ЗРАЗКІВ.....	79
54. Туровський В.І., студент; Перелай С.Ю., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТОВЩИНИ ЗМАЩУВАЛЬНИХ ПЛІВОК ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ.....	80
55. Магеровський І.Т., студент; Розумний Д.Ю., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент МОДЕРНІЗАЦІЯ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2 ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ ПЛАВНОЗМІННОМУ ВІДНОСНОМУ ПРОКОВЗУВАННІ РОЛИКОВИХ ЗРАЗКІВ.....	81
56. Ковальов І.С., студент; Насухо І.Д., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УДОСКОНАЛЕНА ПРУЖНА ЗУБЧАСТА МУФТА З ПАКЕТАМИ ПЛАСТИН ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ І НАВАНТАЖУВАЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ.....	82
57. Павленко Р.І., студент; Богдан А.В., студент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УДОСКОНАЛЕНА ВІДЦЕНТРОВА МУФТА З ФРИКЦІЙНИМИ СТРИЧКАМИ ПІДВИЩЕНОЇ НАДІЙНОСТІ РОБОТИ.....	83
58. Недавня Н.М., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ ТЕРТЯ СМЦ-2 ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ ПРИ ТЕРТІ КОЧЕННЯ.....	85
59. Четверікова О.П., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УТОЧНЕНИЙ МЕТОД ВИЗНАЧЕННЯ СЛУЖБОВИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗМАЗУЮЧИХ МАСЕЛ ПРИ ТРИБОТЕХНІЧНИХ ВИПРОБУВАННЯХ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ.....	86
60. Сердюков Д.В., студент; Філончук В.В., студент; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент; Ключников Ю.В., к.ф.-м.н., доцент УДОСКОНАЛЕНА ОБТИСКНА ШАЙБА ДЛЯ ОСЬОВОЇ ФІКСАЦІЇ ДЕТАЛЕЙ НА ПУСТОТІЛИХ ВАЛАХ.....	87
61. Перехейда А.В., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УДОСКОНАЛЕННЯ РОЛИКОВОГО ВУЗЛА ТЕРТЯ ДЛЯ ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ЗУБЧАСТИХ ПЕРЕДАЧ НА ЗНОС.....	88
62. Суценко О.М., бакалаврант; Красавін О.П., асистент; Гузенко Ю.М., к.т.н., доцент УДОСКОНАЛЕННЯ ЗРАЗКА ДЛЯ ТРИБОТЕХНІЧНОГО ВИПРОБУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ЙОГО ЛІНІЙНОГО ЗНОСУ.....	89
63. Байбакова О.В. студ.; Блощицин М.С. ОСОБЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПЛАЗМОТРОНІВ ДЛЯ НАПЛАВЛЕННЯ.....	90
64. Гладченко О.В. студ.; Блощицин М.С., ас.	

ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ У ПЛАЗМОВОМУ СТРУМЕНІ.....	91
65. Горбач А.И., студ.; Козырев А.С., ст. преп.; Романенко В.В., к.т.н., доц. ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНО-ФАЗОВЫХ ПРЕВРАЩЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ЛАЗЕРНОМ НАГРЕВЕ.....	92
66. Магльований Є.М.,студ.; Блощицин М.С., ас. ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО СКЛАДУ ПОРОШКІВ ДЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ ВАЛІВ ПРОКАТНИХ СТАНІВ.....	93
67. Магльований Є.М.,студ.; Блощицин М.С., асист. ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ ШТАМПІВ.....	94
68. Недавня Н.М., студ.; Блощицин М.С., асист. ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОГО НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ПОВЕРХОНЬ.....	95
69. Недавня Н.М., студ.; Блощицин М.С., асист. ОСНОВНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ПРОЦЕСУ НАГРІВАННЯ ПОРОШКОВОГО МАТЕРІАЛУ У ПЛАЗМОВОМУ СТРУМЕНІ.....	96
70. Кравчук В.М.,студ; Головка Л.Ф., проф.; Блощицин М.С., ас. ОСОБЛИВОСТІ ЛАЗЕРНОЇ ОБРОБКИ АДГЕЗІЙНИХ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОКРИТТІВ.....	99
71. Перехейда А.В., студ., Блощицин М.С., ас. ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ ШНЕКІВ.....	101
72. Перехейда А.В., студ., Блощицин М.С., ас. ОСОБЛИВОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ КОНТАКТНИХ ПОВЕРХОНЬ ШТАМПІВ.....	102
73. Пищик К.В., студ., Блощицин М.С., ас. ЛАЗЕРНЕ ЗМІЦНЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ РІЖУЧИХ ПОВЕРХОНЬ.....	102
74. Пищик К.В., студ., Блощицин М.С., ас. ВІДНОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ЕКСТРУДЕРІВ.....	103
75. Данилейко О.О., студ., Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощицин М.С., ас. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ ДЛЯ ЗБУДЖЕННЯ ДУГОВОГО РОЗРЯДУ.....	104
76. Свіржевська М.В., студ.; Головка Л.Ф., проф.; Блощицин М.С., асист. ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ПОВЕРХНЕВОЇ ОБРОБКИ МЕТАЛЕВИХ ВИРОБІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ДВОХ ЛАЗЕРНИХ ПУЧКІВ В ОДНОМУ ПРОЦЕСІ.....	105
77. Шепелев О.О.,студ.; Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощицин М.С. ас. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ВИПРОМІНЮВАННЯ ПОТУЖНИХ ВОЛОКОННИХ ЛАЗЕРІВ ДЛЯ ТЕРМОДЕФОРМАЦІЙНОГО СПІКАННЯ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ КОМПОЗИТІВ З НТМ.....	106
78. Кутасевич С.О.,студ.; Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощицин М.С. ас. МОЖЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ІНДУКЦІЙНОГО НАГРІВАННЯ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ЛАЗЕРНО-ІНДУКЦІЙНОМУ НАПЛАВЛЕННІ.....	108
79. Салій С.С., студ.; Кутасевич С.О., студ.; Головка Л.Ф. проф. д.т.н.; Блощицин М.С. ас. ВИКОРИСТАННЯ НВЧ-ПЛАЗМОТРОНІВ ДЛЯ НАГРІВАННЯ ТЕПЛОНОСІЇВ СТАНЦІЙ ОПАЛЕННЯ.....	109