

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИЩЕННЯ ПОВЕРХОНЬ В СУЧАСНОМУ МАШИНО- ТА ПРИЛАДОБУДУВАННІ

Проведено аналіз існуючих технологій очищення дефектів поверхні та поверхневого шару металу, органічних і неорганічних забруднень механічною, ультразвуковою, хімічною та електрохімічною обробкою та іншими методами, до яких відносяться шліфування, полірування, кварцювання, струменево-абразивна обробка, знежирення, травлення, активування. Також розглянуто питання застосування лазерного технологічного обладнання, як перспективний вид висококонцентрованого джерела енергії, в якості доповнення до «класичних» технологій очищення поверхні.

Ключові слова: лазер, обробка, очищення поверхні, якість поверхні, технологія, енергія, випромінювання, інструмент.

Проведен анализ существующих технологий очистки дефектов поверхности и поверхностного слоя металла, органических и неорганических загрязнений механической, ультразвуковой, химической и электрохимической обработкой и другими методами, к которым относятся шлифовка, полировка, кварцевание, струйно-абразивная обработка, обезжиривание, травление, активирование. Также рассмотрены вопросы применения лазерного технологического оборудования, как перспективный вид высококонцентрированного источника энергии, в качестве дополнения к «классическим» технологиям очистки поверхности.

Ключевые слова: лазер, обработка, очистка поверхности, качество поверхности, технология, энергия, излучение, инструмент.

An analysis of existing technologies cleaning surface defects and surface metal layer, organic and non-organic contaminants mechanical, ultrasonic, chemical and electrochemical processing and other methods, which include grinding, polishing, peeling, jet-abrasive treatment, degreasing, etching, activation. Also consider the use of laser technology equipment as a promising type of highly concentrated source of energy, as a supplement to the "classical" surface treatment technologies.

Keywords: laser treatment, surface cleaning, surface quality, technology, energy, radiation instrument.

Одним з основних показників якості машин та приладів є їх надійність, яка значною мірою визначається експлуатаційними властивостями деталей і з'єднань: зносостійкістю, втомної міцністю, корозійною стійкістю, герметичністю з'єднань, міцністю посадок тощо. Всі ці експлуатаційні властивості залежать від матеріалу деталей, точності розмірів і якості їх робочих поверхонь. Як правило, всі руйнування деталей починаються з поверхні. Таким чином, технічне рішення проблеми підвищення якості машин і приладів в значній мірі обумовлено можливістю технологічного забезпечення якості поверхневого шару деталей, яке включає в себе як геометричні характеристики, так і фізико-хімічні властивості [2].

Зовнішній шар деталі, що має макро- і мікровідхилення від ідеальної геометричної форми і змінені фізико-хімічні властивості порівняно з властивостями основного матеріалу, називають поверхневим шаром. Він формується при виготовленні та експлуатації деталі і по глибині може становити від десятих часток мікрометра до декількох міліметрів [2].

Очищення поверхні є однією з базових технологій в багатьох галузях промисловості. Для деяких видів виробництв – зварювального, лакофарбового, гальванічного – очищення поверхні є найактуальнішим питанням, так як висока якість очищення поверхні гарантує високий ресурс і надійність роботи різних виробів.

Очищення в загальному вигляді являє собою операцію видалення поверхневих шарів, утворених якими-небудь забрудненнями або покриттями, іноді навіть включаючи основний шар матеріалу.

Необхідно відзначити, що очищення поверхні полягає не тільки у видаленні органічних і неорганічних забруднень з поверхні і нанесених раніше покриттів, які втратили свої службові властивості в процесі експлуатації, але і, в більш широкому сенсі, у вирішенні питань технологічної та експлуатаційної спадковості поверхневого шару, яка може супроводжуватися супутніми ефектами, а саме:

- поліпшенням трибологічних властивостей поверхні (*R*-профіль, *W*-Profil, *P*-профіль поверхні, стабілізації коефіцієнта тертя тощо);

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

- активацією поверхні;
- перерозподілом залишкових поверхневих напружень;
- і в результаті всього вище перерахованого, зміною механічних, корозійних, фізико-хімічних та інших властивостей поверхні.

В даний час є досить багато традиційних методів очищення поверхні: механічних, ультразвукових, хімічних, електрохімічних та інших, які успішно використовуються в промисловості.

В процесі виробництва та експлуатації деталі машин і механізмів піддаються металургійним, механічним, хімічним, термічним і радіаційним впливам, які призводять до значних змін в поверхневому шарі. В результаті технологічних процесів зварювання, прокатки, волочіння, ковальсько-пресової обробки, точіння, фрезерування, шліфування та інших видів механічної обробки, а також в процесі експлуатації на поверхні утворюються різного роду органічні і неорганічні забруднення – окисні плівки, іржа, окалина, залишки мастильно-охолоджувальної рідини (МОР), масляні плями тощо. Все це здійснює негативний вплив на механічні, трибологічні та інші експлуатаційні характеристики поверхні та поверхневого шару, погіршуючи механічні характеристики, зменшуючи стійкість проти корозії, знижуючи мало- і багатоциклову втому та інші характеристики деталей машин і механізмів, а також змінюючи широке коло їх фізико-хімічних властивостей – оптичних, теплофізичних, гідромеханічних тощо [3].

У випадках якщо на поверхню деталі повинні наноситися покриття: гальванічні, лакофарбові, захисно-декоративні, газотермічні, незадовільний стан поверхні призводить до різкого зменшення адгезійної взаємодії нанесеного покриття з поверхнею (підкладкою) і його відшарування в процесі експлуатації [4].

Традиційно дефекти поверхні та поверхневого шару металу, органічні і неорганічні забруднення видаляються механічною, ультразвуковою, хімічною та електрохімічною обробкою і іншими методами. До них відносяться шліфування, полірування, кварцювання, струменево-абразивна обробка, знежирення, травлення, активування.

Хімічне знежирення. Органічні забруднення, що знаходяться на поверхні, можуть не тільки зменшувати адгезійну взаємодію нанесеного покриття з поверхнею, але і зменшувати змочування поверхні при нанесенні лакофарбового покриття, сприяти підплівковій корозії, приводити до виникнення дефектів в нанесеному покритті.

Для очищення поверхні від забруднюючих органічних речовин (хлоровані і сульфовані олії, жирні кислоти та їх солі, вуглецева сажа, токсичні, гідравлічні тощо) використовують метод знежирення. Під знежиренням розуміють процес видалення з поверхні органічних забруднень.

Видалення ґрунтується на різних фізико-хімічних процесах, що відбуваються в зоні обробки: розчинення, витіснення, травлення тощо.

Хімічні методи очищення поверхні від забруднень органічного характеру мають такі недоліки:

1. Низька продуктивність.
2. Процес є екологічно несприятливим.
3. Потрібні витратні матеріали.
4. Процес не дозволяє видаляти забруднення неорганічного характеру.
5. Процес не дозволяє видаляти дефекти поверхневого шару.

Електрохімічне знежирення. Електрохімічне знежирення доцільно застосовувати для зняття з поверхні металу невеликого шару жиру. Зазвичай цьому процесу передують хімічне знежирення, яке видаляє основну масу забруднень. Порівняно з хімічним, електрохімічне знежирення дає більш якісне очищення поверхні металу.

Механічна обробка поверхні. Механічна обробка поверхні деталей призначена для очищення поверхні від окисних плівок, окалини, іржі, поверхневих дефектів, неорганічних забруднень (аерозолі, металевого пилу тощо).

Основними способами механічної обробки поверхні є шліфування, полірування, кварцювання, віброобробка, струменево абразивна і гідроабразивна обробка.

Шліфування. Недоліком даної технологічної операції є те, що вона сама може вносити в поверхневий шар дефекти і мікрodefekти – припали, риски, мікротріщини, в яких можуть накопичуватися залишки МОР.

Якщо поверхня має складну 3D геометрію поверхні, то шліфування практично важко реалізувати. Шліфувати м'які метали, сталі та сплави складно. Наприклад, видалення поверхневих дефектів з нержавіючої сталі є дуже проблематичним.

Полірування. Полірування поверхні, що має складну геометричну форму практично виконують в ручну. Після полірування в мікропорах, мікротріщинах, мікрорисках поверхні можуть залишатися залишки полірувальної пасти, які знижують експлуатаційні характеристики деталі.

Крацювання. Для матування поверхонь деталей, очищення їх від невеликого шару окалини, забруднень, грату, травильного шламу використовують кварцювання, яке проводять за допомогою дротяних або волосяних щіток. Крацювання поверхні, у якої Ra лежить в діапазоні 3,2 ... 8,0, призводить до зменшення шорсткості поверхні. Якщо Ra нижче зазначених значень, то кварцювання може привести до погіршення якості поверхні.

Крацювання не гарантує високоякісного очищення поверхні від забруднень і не усуває дефекти поверхневого шару. Операцію кварцювання важко механізувати, і вона виконується на верстатах вручну.

Струменева абразивна і гідроабразивна обробка. Струменеву абразивну і гідроабразивну обробку застосовують зазвичай для видалення з поверхні деталей товстого шару термічної окалини, іржі, грату. Абразивним матеріалом служить кварцовий або металевий пісок, сталевий дріб, корунд. Вдаряючись об поверхню металу, частинки абразиву збивають міцно пристале забруднення, надаючи їй матовість і своєрідно розвинений мікрорельєф.

Підбираючи абразив визначеної твердості і зернистості, склад робочої рідини і режим обробки, можна не тільки очистити поверхню металу від механічних і хімічних забруднень, але і досягти ефективного згладжування поверхні.

Основними недоліками струменевої абразивної та гідроабразивної обробки є:

1. Виділення абразивного пилу при абразивній обробці, що потребує виготовлення або придбання відповідного обладнання.

2. Попадання абразивного пилу або гідроабразивної рідини в мікропори, мікротріщини поверхні погіршує її експлуатаційні властивості поверхні.

3. Утилізація гідроабразивної рідини.

Додатково можна виділити наступні недоліки струменевої абразивної обробки:

1. Необхідність демонтажу частини обладнання, яке піддається очищенню, наприклад лопаток турбін.

2. Не на всі поверхні, які очищаються абразив діє сприятливо.

3. При піскоструменевому очищенні частини обладнання може відбуватися розгерметизація виробу, що є неприпустимим.

4. Поверхня металу після піскоструменевого очищення має властивість швидко окислюватися і насичуватися вологою, так що наступна операція фарбування повинна виконуватися через короткий час (не більше 4 годин).

5. Значні витрати на утилізацію і очищення робочого матеріалу, витрата якого дуже значна.

6. Високі енергетичні витрати абразивного очищення, що доходять до 100 кВт і вище.

Ультразвукове очищення – спосіб очищення поверхні твердих тіл, при якому в мийочній розчин вводяться ультразвукові коливання. Введення ультразвуку дозволяє не тільки прискорити процес очищення, а й отримати високий ступінь чистоти поверхні, а також замінити ручну працю, виключити пожежонебезпечні та токсичні розчинники [5]. Ультразвукове очищення застосовується в машинобудівній, металургійній, електронній промисловості, в напівпровідниковій техніці і в приладобудуванні для очищення прецизійних деталей точних приладів, годинників і ювелірних виробів, інтегральних схем, хірургічних інструментів, металокерамічних фільтрів, металургійного прокату тощо.

В процесі свого еволюційного розвитку і вдосконалення, традиційні технології очищення поверхні підійшли до потенційної технологічної межі і не в повній мірі задовольняють все більш зростаючим вимогам промисловості за технологічними, техніко-економічними, екологічними показниками, а також можливості ефективного вирішення знову виникаючих в промисловості задач.

В умовах сучасного виробництва дуже важливим чинником є можливість швидкого переходу з обробки одного виду деталей на інший або переходу з одного робочого місця на інше. Лазерний пучок в поєднанні з сучасними засобами комп'ютерного управління дозволяє реалізувати ці можливості. Переведення лазерної обробки матеріалів з одного робочого місця на інше, або з одного технологічного процесу на інший може становити кілька секунд, в цьому проявляється гнучкість лазерного променя, як технологічного інструменту. Особливо яскраво ця властивість лазерного променя проявляється при використанні його зі світловолоконними системами.

Локальність обробки в просторі і в часі полягає в можливості зосередити енергію лазерного випромінювання потужністю в мегавати в обсязі від декількох десятків до декількох сотень мікрон і в часі кілька десятків пікосекунд. Настільки висока локальність дозволяє обробляти строго визначені ділянки деталі з мінімальними зонами термічного впливу.

Прецизійність переміщення пучка лазера в просторі забезпечується комп'ютерними системами управління і механізмами переміщення, наприклад, роботами, координатними столами, які забезпечують точність позиціонування від мікрона до сотень мікрон. Настільки високі точності

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

переміщення дозволяють виготовляти за допомогою лазера прецизійні деталі машин і механізмів і забезпечувати високу технологічну відтворюваність технологічних процесів.

Продуктивність лазерної обробки забезпечується її високою швидкістю – швидкість різання до 100 м/хв, швидкість зварювання до 300 мм/сек, швидкості термообробки до 200 см²/хв дозволяють судити про лазерний промінь, як про високопродуктивний оброблювальний інструмент.

Як відомо, пучок лазера є універсальним технологічним інструментом, що володіє унікально високими питомими енергетичними характеристиками для обробки матеріалів. Забезпечуючи щільності потужності в зоні впливу на поверхню металу більш ніж 10⁸ Вт/см² випромінювання лазера відкриває можливість випаровування будь-яких металів при тривалості впливу наносекунди і менше [1]. При настільки малій тривалості енергетичного впливу зона термічного впливу дуже мала і вигорання хімічних елементів на новоствореній поверхні практично не відбувається.

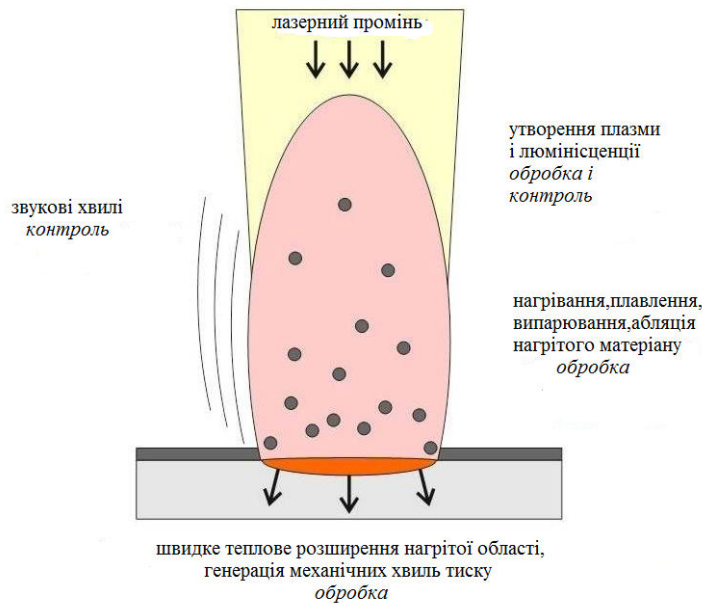


Рис. 1. Загальна схема процесів впливу потужного лазерного випромінювання на матеріали стосовно до лазерного очищення поверхні

Фізичні процеси, що відбуваються при лазерному очищенні поверхні, відрізняються великою різноманітністю і залежать від щільності потужності лазерного випромінювання на поверхні. Загальна схема процесів впливу лазерного випромінювання на матеріали стосовно до очищення поверхні приведена на схемі рис. 1.

Процеси лазерного нагрівання, випаровування і абляції матеріалу з утворенням плазми, а також швидке теплове розширення і виникнення ударних хвиль лежать в основі механізмів лазерного очищення, в той час як світіння плазми і акустичний сигнал в повітрі можуть бути використані для контролю режимів і ступеня очищення. Таким чином, для очищення цікавим є весь спектр процесів взаємодії лазерного випромінювання з речовиною, причому не тільки на повітрі, але і в рідкому середовищі, де найчастіше процеси видалення забруднень йдуть набагато більш ефективно і при менших потужностях випромінювання.

Висока продуктивність лазерного очищення поверхні, що досягає декількох квадратних метрів за годину, більш висока екологічна безпека, відсутність витратних матеріалів, висока технологічна відтворюваність процесу, а також можливість комплексно вирішувати проблему очищення поверхні, видаляючи одночасно як органічні, так і неорганічні забруднення, і вирішуючи питання технологічної спадковості поверхневого шару, відкриває широкі потенційні можливості впровадження даної технології в різних галузях промисловості.

Таким чином, основними технологічними перевагами лазерного очищення поверхні порівняно з традиційними методами є:

1. Безконтактний вплив на поверхню, що очищається.
2. Відсутність абразивного зносу поверхні, що очищається.
3. Можливість дистанційного очищення поверхні (на відстані до 1,5 м і більше від джерела випромінювання).
4. Можливість 100% локалізації продуктів очищення.
5. Можливість очищення поверхні деталей складної геометричної форми у важкодоступних місцях.

6. Висока продуктивність процесу, до декількох квадратних метрів за годину.
7. Практично виключення нагрівання матеріалу в процесі очищення поверхні.
8. Низька енергоємність процесу очищення поверхні – кілька кВт.
9. Висока екологічність технологічного процесу.
10. Мобільність обладнання.

Необхідно відзначити ще одну істотну перевагу лазерного очищення поверхні. Лазерний пучок не затуплюється, не зношується, не забруднюється (засмічується, засалюється тощо), що дозволяє забезпечити високу технологічну відтворюваність процесу лазерного очищення поверхні. Тому, розвиток промислових лазерних випромінювачів дозволяє на сучасному етапі розглядати процеси лазерного очищення як реальну, економічно доцільну альтернативу класичним методам очищення.

Таким чином, виникає концепція комбінованої лазерної обробки поверхні, коли можна говорити не просто про її лазерне очищення, а й про підготовку до подальших видів обробки (фарбування, зварювання) або до експлуатації з підвищеним ресурсом в результаті одночасної з очищенням лазерним поліруванням, зміцненням, підвищенням корозійної стійкості тощо.

Інформаційні джерела

1. Вейко В.П., Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом, силовая оптика. М., Физматлит, 2008. – 312 с.
2. Гаркунов Д.Н. Триботехника. – М.: Машиностроение, 1985. – 424 с.
3. Шнейдер Ю.Г. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом. Л., Машиностроение, 1982. – 248 с.
4. Грилихес С.Я., Обезжиривание, травление и полирование металлов. – Л.: Машиностроение, Ленинград. Отд., 1983. – 101 с.
5. Голямина И.П., Ультразвук. – М.: Изд-во «Советская энциклопедия», 1979. – 400с.
6. Крылов К.И., Прокопенко В.Т., Митрофанов А.С. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. Л., Машиностроение, 1978. – 335 с.
7. Денисюк В.Ю., Харчик М.М., Буць Б.П. Лазерні технології в сучасному машино- та приладобудуванні “Перспективні технології та прилади”. Збірник наукових праць. Випуск №5(2). м. Луцьк, листопад 2014 р. – Луцьк: Луцький НТУ, 2014. – С. 33–36.

УДК 621.822:681.2:369.64

¹Заблюцький В.Ю., к.т.н., ²Дахнюк О.П.

¹Луцький національний технічний університет

²ДП Луцький ремонтний завод «Мотор»

ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ВИМІРЮВАННЯ ДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МІКРОГЕОМЕТРІЇ РОБОЧИХ ПОВЕРХОНЬ КІЛЕЦЬ ПІДШИПНИКІВ

У статті подано методику вимірювання параметрів мікрогеометрії робочих поверхонь кілець підшипників у поєднанні з динамічними характеристиками. Особливістю даної методики є опис мікрогеометричних параметрів шорсткості та хвилястості через гармонічні ряди Фур'є у вигляді складної періодичної функції, що містить високочастотні складові.

В статье приведена методика измерения параметров микрогеометрии рабочих поверхностей колец подшипников на базе динамических характеристик. Особенностью данной методики является представление микрогеометрических параметров шероховатости и волнистости посредством гармонических рядов Фурье как сложной периодической функции с высокочастотными составляющими.

The article describes a method of measuring the parameters of micro-geometry of working surfaces bearing rings on the basis of dynamic characteristics. A special feature of this technique is to present micro-geometrical parameters of roughness and waviness by harmonic Fourier series as a complex periodic function with high-frequency components.

Відомо [1], що на зносостійкість робочих поверхонь спряжених деталей типу «тіло обертання» спричиняють значний вплив параметри мікро- та мікрогеометрії серед яких ватро виділити шорсткість та хвилястість. Під час експлуатації згадані вище характеристики являються