

УДК 621.9.048.6

В.Ю. Денисюк, к.т.н., Б.П. Буць, М.М. Харчик

Луцький національний технічний університет

ЛАЗЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ В СУЧASNOMU MAШINO- TA PРИЛАДОБУДUVANNI

Розглянуто питання застосування лазерного технологічного обладнання, як перспективний вид висококонцентрованого джерела енергії, який знайшов широке застосування в різних галузях науки і техніки, промисловості і, зокрема, в машино- та приладобудуванні, а також в якості доповнення до «класичних» технологій очищення поверхні.

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

Рассмотрены вопросы применения лазерного технологического оборудования, как перспективный вид высококонцентрированного источника энергии, который нашел широкое применение в различных областях науки и техники, промышленности и, частности, в машино- и приборостроении, а также в качестве дополнения к «классическим» технологиям очистки поверхности.

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

The question of the application of laser processing equipment, as a perspective view of a highly concentrated source of energy, which is widely used in various fields of science and technology, industry, and particularly in engineering and instrumentation, as well as a supplement to the "classical" surface treatment technologies.

Keywords: laser treatment, clean the surface, technology, energy, radiation, instrument.

Унікальні фізичні властивості лазерного випромінювання – висока монохромність і когерентність, низьке розходження випромінювання та його високі питомі енергетичні характеристики дозволили створити перспективний вид висококонцентрованого джерела енергії, який знайшов широке застосування в різних галузях науки і техніки, промисловості і, зокрема, в машинобудуванні [1, 2] та приладобудуванні [3].

Використання хвильових властивостей і енергії електромагнітних хвиль у формі лазерних пучків революційним чином збагатило можливості людства. Оптичний зв'язок і променева обробка матеріалів, безконтактна діагностика і лікування захворювань, облік продукції та екологічний моніторинг, контроль дорожнього руху і кольоворовий друк, звукозапис, навігація, світлові шоу, стимуляція росту рослин – це далеко не повний перелік показує, що діапазон ефективного застосування лазерів надзвичайно широкий [4, 5].

Лазерна техніка та лазерні технології успішно використовуються в мікроелектроніці, автомобільній, аерокосмічній, електротехнічній, атомній, суднобудівній, верстатоінструментальній, сільськогосподарській, медичній та багатьох інших галузях промисловості.

Висока концентрація енергії лазерного пучка в локальному обсязі простору, високошвидкісне управління зміною енергії в часі і її швидке переміщення в просторі відкрили принципово нові можливості в сфері обробки матеріалів.

Сутність обробки матеріалів концентрованими і висококонцентрованими потоками енергії полягає в перетворенні, з визначенням коефіцієнтом корисної дії, енергії джерела в теплову енергію, яка виробляє зміни структурно-фазового стану поверхневого шару або агрегатного стану речовини. На відміну від концентрованих джерел енергії (електрична дуга, плазмова обробка, світлопроменева обробка тощо), висококонцентровані джерела енергії (лазерні, електронно-променеві) володіють значно більшими потенціальними технологічними можливостями і більш високими техніко-економічними показниками ведення технологічних процесів.

Сучасні технології «гарячої» обробки матеріалів все більше доповнюють, а іноді і витісняють класичні методи «холодної» обробки в машинобудуванні – лазерне різання і фрезерування, лазерне полірування, лазерне очищення поверхні, лазерне токарне оброблення, лазерне різання замість вирубки, висікання тощо. Технології лазерної термообробки, зварювання, різання, паяння, наплавлення, модифікації, легування, маркування, гравіювання, прошивки отворів, лазерно-плазмової, хіміко-термічної обробки, гібридні лазерні технології знаходять все більше застосування в різних видах виробництв машинобудівних підприємств – заготівельному, інструментальному, зварювальному, термічному, гальванічному, металургійному, механооброному, ремонтному тощо.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Висока техніко-економічна ефективність застосування лазерів при обробці різних матеріалів обумовлена не тільки їх перевагами як висококонцентрованих джерел енергії, а й їх гнучкістю і універсальністю як технологічних інструментів. Великою перевагою лазерів є можливість одним джерелом обслуговувати кілька робочих місць і протягом декількох секунд переходити з обробки одного виду продукції на інший, що різко скорочує міжопераційний час, підвищує коефіцієнт завантаження обладнання і є важливим чинником економічності роботи промислового устаткування. При цьому один і той же лазер, в принципі, може виконувати різні технологічні операції – зварювання, різання, термообробку, наплавлення, легування тощо.

Виробництво лазерної техніки, синтезувавши досягнення електроніки, оптики, точної механіки, комп'ютерної техніки та робототехніки стало однією з провідних галузей промисловості, яка визначає технологічний прогрес розвитку цивілізації. Ступінь насичення лазерним обладнанням в наш час є одним з найважливіших критеріїв наукового та технічного розвитку для всіх індустріально розвинених країн світу [5].

Необхідно відзначити, що в технічно розвинених країнах світу лазерні технології вже увійшли в багато галузевих стандартів, що робить принципово неможливим участь у міжнародних коопераціях промислових підприємств, які не оснащені лазерним устаткуванням.

В даний час в промисловості і, зокрема, в машинно- та приладобудуванні на зміну використовуваним газовим CO₂-лазерам з довжиною хвилі випромінювання $\lambda = 10,6$ мкм і твердотільним лазерам на алюмо-ітрієвому гранаті YAG: Nd з довжиною хвилі випромінювання $\lambda = 1,06$ мкм приходять волоконні і дискові лазери, що мають більш високу техніко-економічну ефективність. Лазерні технологічні установки з довжиною хвилі $\lambda = 1,06$ мкм мають ряд певних переваг перед CO₂-лазерами. Менша довжина хвилі лазерного випромінювання визначає більш високе значення коефіцієнта поглинання оброблюваної поверхнею матеріалу. Використання оптоволоконної оптики відкриває широкі технологічні можливості, особливо при використанні роботів. Менша довжина хвилі лазерного випромінювання твердотільних лазерів дозволяє виконувати більш локальну і прецизійну обробку матеріалів.

Властивості лазерного випромінювання, як універсального інструменту, проявляються в самих різних технологічних можливостях обробки матеріалів – універсальності, гнучкості, локальності обробки в просторі і в часі, продуктивності, прецизійності, селективності, корпоративності, «безшовуваносності».

Універсальність лазерного випромінювання, як технологічного інструменту, проявляється в тому, що його можна застосовувати для ведення різних технологічних процесів – різання, зварювання, термообробки, легування, прошивки отворів, токарної, фрезерної обробки тощо.

В умовах 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 пікселів. 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 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.

Одним з унікальних властивостей лазерного випромінювання є його селективний вплив на речовини. Саме на селективності впливу лазерного випромінювання на атоми і молекули побудована наука – лазерна фотохімія, яка в даний час дуже швидко розвивається. Селективна властивість лазерного випромінювання знайшла застосування в лазерній стереолітографії, тобто отриманні об'ємних зображень. Лазерна стереолітографія побудована на властивостях певних рідин практично миттєво полімеризуватися під дією лазерного випромінювання з певною довжиною хвилі.

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Корпоративні властивості лазерного випромінювання проявляються в можливості ефективної інтеграції лазерного випромінювання з різними технологічно енергетичними джерелами енергії – дуговими, плазмовими, індукційними, світловими, ультразвуковими. Таке об'єднання дозволяє отримати нову якість, яка проявляється у вигляді розширення технологічних можливостей процесів обробки матеріалів та появи нових якостей. Наприклад, збільшення швидкості зварювання одержують не просто складанням швидкостей зварювання кожного виду технологічного процесу, а полягає в великому збільшенні величини швидкості зварювання за рахунок збільшення ефективності технологічного процесу.

Лазерний пучок, як технологічний інструмент, не схильний до зношуваності, на відміну, наприклад, від різця або фрези, що застосовуються при механічній обробці. Ефект «безношуваності» дає пучку лазера велике економічні переваги, і забезпечує високу відтворюваність технологічних процесів.

Необхідно відзначити ще одну з переваг лазерної обробки – це **висока просторова роздільність здатність впливу** на матеріал, що забезпечує формування структур або вивчення функціональних елементів з геометричними розмірами стосовно до рішення задач мікротехнології (розміри елементів $10^{-4} \dots 10^{-6}$ м) і нанотехнології (розміри елементів $10^{-7} \dots 10^{-9}$ м).

Дуже цікавою властивістю лазерного пучка, як технологічного інструменту, є також те, що на нього не діють високі і низькі температури, електричні і магнітні поля, тобто пучок лазера стійкий до багатьох зовнішніх фізичних впливів.

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 покріттями, іноді навіть включаючи основний шар матеріалу. Також необхідно відзначити, що очищення поверхні полягає не тільки у видаленні органічних і неорганічних забруднень з поверхні і нанесених раніше покріттів, 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);
- активацією поверхні;
- перерозподілом залишкових поверхневих напружень;
- 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 свого еволюційного розвитку і вдосконалення, традиційні технології очищення поверхні підійшли до потенційного технологічної межі і не в повній мірі задовольняють все більш зростаючим вимогам промисловості за технологічними, техніко-економічним, екологічним показниками, а також можливості ефективного вирішення знову виникаючих в промисловості задач.

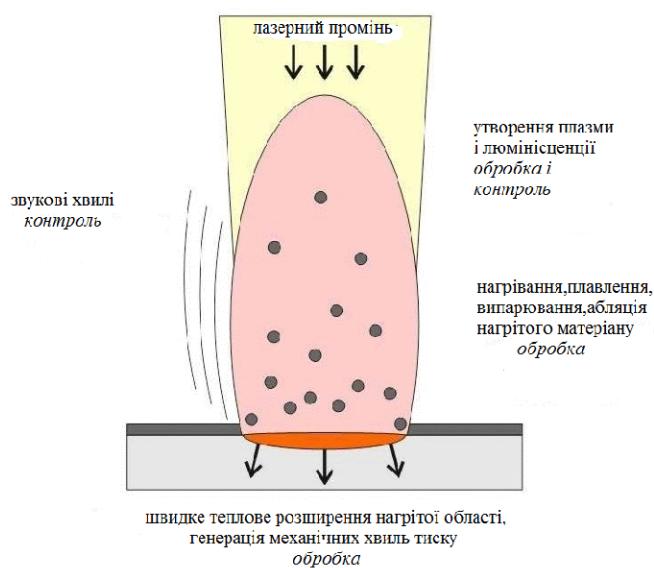


Рис. 1. Загальна схема процесів впливу потужного лазерного випромінювання на матеріали стосовно до лазерного очищення поверхні

ПЕРСПЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ПРИЛАДИ

Як відомо, пучок лазера є універсальним технологічним інструментом, що володіє унікально високими питомими енергетичними характеристиками для обробки матеріалів. Забезпечуючи щільноту потужності в зоні впливу на поверхню металу більш ніж $10^8 \text{ Вт}/\text{см}^2$ випромінювання лазера відкриває можливість випаровування будь-яких металів при тривалості впливу наносекунди і менше [6]. При настільки малій тривалості енергетичного впливу зона термічного впливу дуже мала і вигоряння хімічних елементів на новоствореній поверхні практично не відбувається.

Фізичні процеси, що відбуваються при лазерному очищенні поверхні, відрізняються великою різноманітністю і залежать від щільноти 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 аблляції 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 речовою, 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 на 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.

Інформаційні джерела

1. Мейман Т. Лазерная Одиссея. – Изд. Печатные Традиции, 2010. – 232 с.
2. Реди Дж. Промышленные применения лазеров. – М.: Мир, 1981. – 638 с.
3. Крылов К.И., Прокопенко В.Т., Митрофанов А.С. Применение лазеров в машиностроении и приборостроении. Л., Машиностроение, 1978. – 335 с.
4. Григорьянц А.Г., Шиганов И.Н., Мисюров А.И. Технологические процессы лазерной обработки. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. – 664 с.
5. Вейко В.П., Либенсон М.Н. Лазерная обработка. – Л., Машиностроение, 1973. – 191 с.
6. Вейко В.П. Либенсон М.Н., Червяков Г.Г., Яковлев Е.Б. Взаимодействие лазерного излучения с веществом, силовая оптика. М., Физматлит, 2008. – 312 с.

УДК 621.822

В.Ю. Денисюк, к.т.н., Ю.С. Лапченко, к.т.н.
Луцький національний технічний університет

ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ БАГАТОІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ НАЛАГОДЖЕНЬ В АВТОМАТИЗОВАНІЙ СИСТЕМІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ БАГАТОШПИНДЕЛЬНИХ ТОКАРНИХ АВТОМАТІВ

Розглянуто методику пришвидшеного налагодження багатошпиндельних токарних автоматів в умовах багатономенклатурного підшипникового виробництва, яка дала можливість провести оптимізацію продуктивності верстату за рахунок зміни технологічного процесу виготовлення колець роликових підшипників, запропонувати оптимальні режими різання для різних інструментів з різною межею стійкості. Розроблено алгоритм автоматизованого проектування структур та параметрів багатоінструментальних налагоджень токарних автоматів, що дозволило на стадії технологічного проектування прогнозувати оптимальні параметри хвильості.

Ключові слова: токарний автомат, підшипник, багатоінструментальна операція, багатономенклатурне виробництво, оптимізація.

Рассмотрена методика ускоренного наладживания многошпиндельных токарных автоматов в условиях многономенклатурного подшипникового производства, которая позволила провести оптимизацию производительности станка за счет изменения технологического процесса изготовления колец роликоподшипников, предложить оптимальные режимы резания для различных