

*Горячева Т. В., Вірич С.О., Сабегатулін Р.Р.*

## **ПІДВИЩЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ОБРОБКИ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ШЛЯХОМ ВПРОВАДЖЕННЯ ПРОГРЕСИВНИХ МЕТОДІВ**

Однією з головних складових ефективного виробництва в наші дні є вибір раціональної технології.

Вибір оптимального виду механічної обробки так само непростий, як і правильний вибір матеріалу.

В результаті стрімкого вдосконалення технологій, широкого поширення всюди набувають високотехнологічні композитні матеріали і сплави, що використалися раніше украй обмежено. Істотно виріс відсоток застосування подібних матеріалів для підвищення експлуатаційних якостей у звичних конструкційних матеріалів: надання додаткової твердості, термальної стабільності, зносостійкості. Технічно, більшість цих виробів мають бути виготовлені з прецизійною точністю і мати найвищу чистоту поверхонь, що має на увазі комплексну механічну обробку, зв'язану зі значним підвищенням собівартості і технологічного часу.

Усі ці чинники послужили рушійним механізмом досліджень, націлених на розробку рішень, що підвищують економічну і технологічну ефективність процесів механічної обробки.

Фінішну обробку з високою точністю і якістю оброблюваної поверхні нині здійснюють за допомогою фрезерування, точіння і поліровки. Проте більшість композитних матеріалів і сплавів є важкооброблюваними, а в деяких випадках їх обробка за допомогою традиційних технологій практично неможлива.

Однією з найбільш ефективних технологій, що дозволяє здійснювати ефективну обробку композитних матеріалів і сплавів, і має при цьому невисоку вартість, являється механічна обробка з використанням лазера (МОИЛ).

На сьогодні можливості МОИЛ застосовуються для обробки різних матеріалів, наприклад, таких як металокераміка, високотемпературні сплави, композити. Під час обробки лазер проводить інтенсивний локальний нагрів ділянки перед різальним інструментом, при цьому розмір зони нагріву і температура в ній регулюються площею плями контакту лазерного променя і його потужністю (рис.1). Високі температури, що створюються лазером в зоні різання, ведуть до зниження опірності матеріалу механічній обробці, що призводить до збільшення швидкості обробки, поліпшення якості оброблюваної поверхні, практично не впливаючи на структуру оброблюваного матеріалу (зона термічного впливу незначна). Ключем до успіху МОИЛ є можливість точного контролю температурного поля заготівлі під час операції. Це може бути досягнуто двома методами:

- використанням точних термальних моделей при комп'ютерній симуляції процесу, з підбором необхідних параметрів роботи лазера;
- використання інструменту для виміру температури заготівлі в реальному часі.

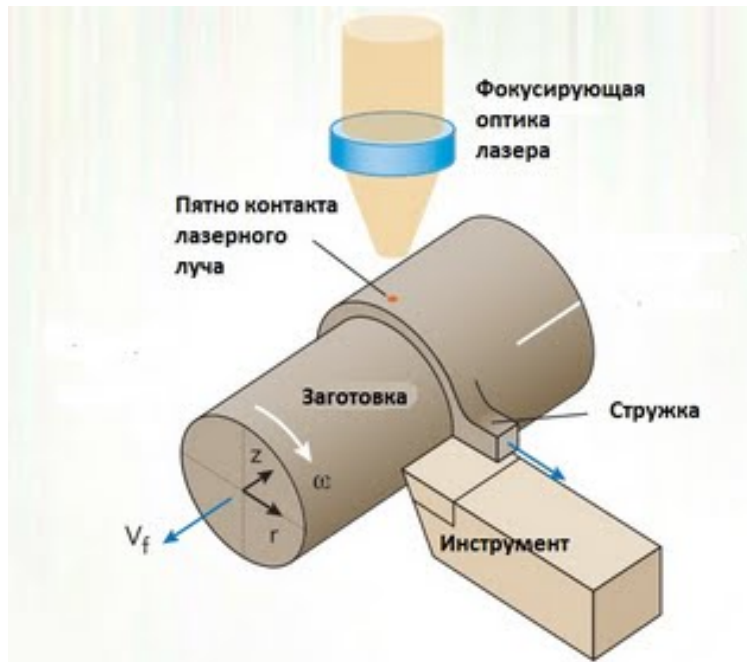


Рисунок 1 – Схема механічної обробки з лазерним нагрівом.

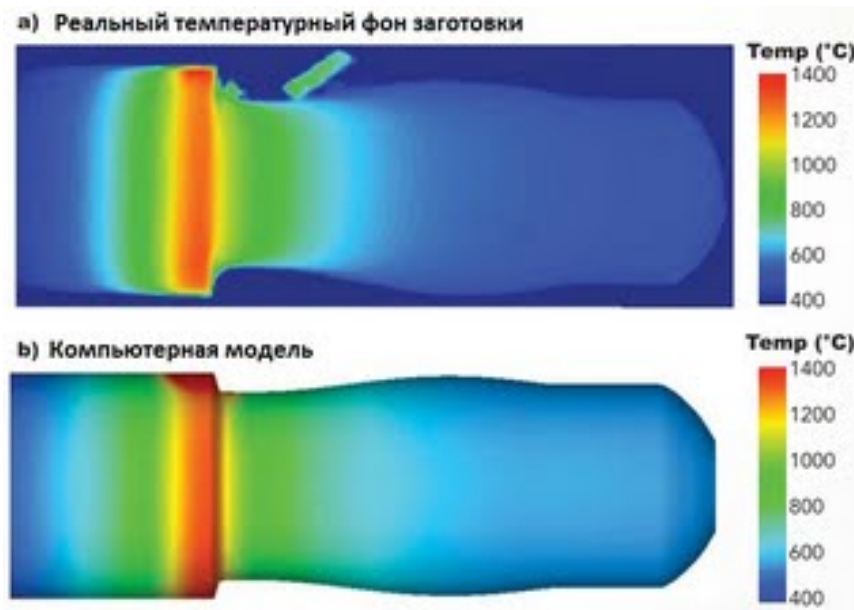


Рисунок 2 – Комп'ютерна модель температурного фону в зоні лазерного нагріву

Проте застосування цього методу на вітчизняних підприємствах скрутне через відсутність на них технологів і програмістів, здатних вирішувати данні задачі. Другий метод заснований на постійному вимірі температурного фону заготовки за допомогою високоточних пірометрів. Дані, отримані в процесі, аналізуються пристроєм, зв'язаним з системою ЧПУ верстата (мал. 3). Таким чином, робочі параметри лазерного генератора коригуються безпосередньо в процесі обробки на підставі технологічного алгоритму.

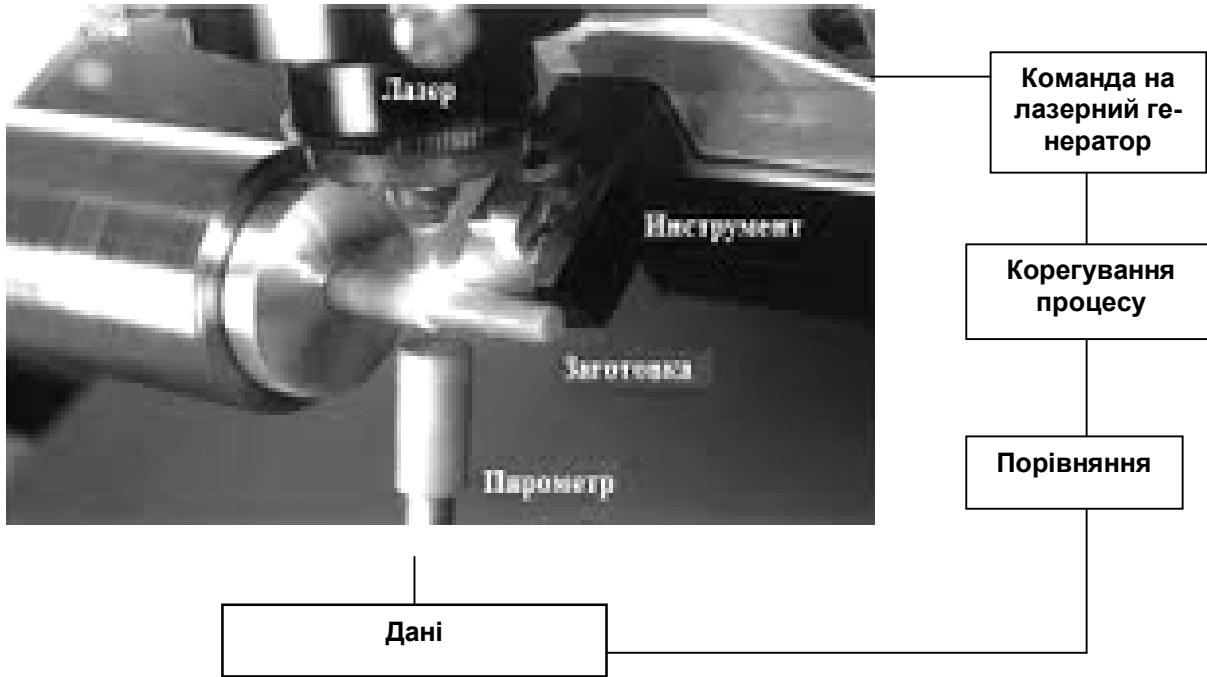


Рисунок 3 – Схема методу виміру і контролю температури заготовки.

Цей метод цілком застосовний для українських підприємств завдяки відсутності необхідності в складному комп'ютерному моделюванні - процес контролю нагріву заготовки повністю автоматизований.

Токарна обробка деталей з кераміки.

На сьогодні технологія МОИЛ відпрацьована для трьох типів конструкційної кераміки : нітриду кремнію ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ), двоокису цирконію ( $\text{ZrO}_2$ ) і муллита (65% оксиду алюмінію і 35%  $\text{SiO}_2$ ). Для їх механічної обробки використовуються наступні параметри:

- подовжнє подання: 0,1-0,2 мм/о.;
- заглиблення: 0,5-1 мм;
- швидкість різання 1-2 м/с;

Для нагріву заготовки використовуються оптоволоконні лазери потужністю 300-600 Вт.

Завдяки нагріву енергія, що витрачається на 1 мм<sup>2</sup> різку знизилася до 3– 6 Дж (при класичних методах обробки витрати енергії складають 40– 100 Дж/мм<sup>2</sup>). Менші витрати механічної енергії також обумовлюють зменшення структурних ушкоджень поверхневого шару після обробки.

В результаті проведених після МОИЛ досліджень встановлено:

- В результаті обробки із застосуванням лазера у досліджуваних зразків було відмічено меншу кількість мікротріщин на обробленій поверхні;
- В результаті рентгеноструктурного аналізу встановлено, що залишкова напруга у досліджуваних зразків співвимірні з результатами зразків, оброблених алмазним інструментом;
- Також рентгеноструктурний аналіз підтвердив відсутність структурних

або фазових змін обробленого матеріалу.

Дані досліджень чітко показують, що термічний вплив на заготівлю не тягне небажаних наслідків.

Окремо слід розглянути вплив нагріву заготівлі на знос різального інструменту. При обробці нітриду кремнію методом МОИЛ використовувалися ельборові різці. Стійкість цих різців склала 40 хвилин безперервної роботи, що може вважатися нормою навіть для обробки нелегованих сталей, і є відмінним результатом при обробці кераміки. Знос інструменту локалізований по задній поверхні, без слідів виразкового зносу.

Розрахунок економічної ефективності показав, що завдяки збільшенню продуктивності, зниженню витрати інструменту і відсутності необхідності в додаткових операціях (шліфовка) МОИЛ дозволяє понизити виробничі витрати на обробку металокераміки на 60-70%.

Токарна обробка деталей з металів і композитів.

На відміну від кераміки, обробка таких сплавів як загартована сталь, ущільнений сірий чавун і композити з металевою матрицею (КММ), Інконель 718, Ti6Al4V, Waspaloy (Ni - 58%, Cr - 19%, Co - 13%, Mo - 4%, Ti - 3%, Al - 1,4%) успішно проводиться металорізальним інструментом без застосування лазера, проте процес обробки цих матеріалів досить дорогий.

Розглянемо економічну ефективність МОИЛ при обробці сплаву Ti6Al4V. При класичних методах обробки основними проблемами являються низька швидкість обробки (<60 м/мін), і низький ресурс інструменту. Для досягнення максимального ефекту при обробці цього сплаву з використанням лазерного нагріву також використовують постійне криоохолодження інструменту.

Спільне використання МОИЛ і криоохолодження дозволило збільшити швидкість обробки до 150-200 м/мін і добитися збільшення ресурсу інструменту в 2-3 рази. Мікроструктурний аналіз показує відсутність ушкоджень і змін в обробленій поверхні. Отриманий економічний ефект - зниження вартості обробки на 30-40%. Дані для інших матеріалів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 –

Техніко-економічні показники використання МОИЛ

Матеріал	Зміна різального зусилля	Якість обробленої поверхні	Ресурс інструм.	Вартість обробки	Мікроструктура
Інконель 718	-25%	+ 200%	+200%	-50-66%	Незначне осьове остаточне напруження (стиск)
Титан	-20%	+30%	+170-200%	-40-42%	Без змін
Waspaloy	-20%	+600%	+40-60%	-	Без змін
Гартована сталь	-20%	+5-60%	+30-40%	-30%	Без змін
Високохромиста сталь	-30-36%	+240-300%	+30-100%	-30-90%	Без змін
P550	-25%	+30-40%	+200%	-20-50%	Без змін
CGI	-15%	+5%	+160%	-20%	Без змін

МОИЛ дозволяє істотно понизити вартість обробки за рахунок зниження необхідного для різання механічного зусилля, збільшення терміну служби різального інструменту і поліпшення якості оброблюваної поверхні.

Таким чином, технологія механічної обробки деталі за допомогою лазерного нагріву зони обробки дозволить підприємствам, активно працюючим з керамікою, високолегованими і зміцненими сталями, композитними матеріалами, титаном і ін. помітно понизити собівартість продукції, при цьому поліпшивши її якість.

*Горячева Т.В. Бабенко М.О.*

## **ЕФЕКТИВНІСТЬ ОБРОБКИ ІНСТРУМЕНТУ НАДТВЕРДИМИ МАТЕРІАЛАМИ**

Проблема інструменту останніми роками стала особливо актуальною із-за дефіцитності вольфраму, кобальту і танталу. У зв'язку з цим важливо збільшити випуск синтетичних алмазів, впровадити в машинобудування і інструментальне виробництво нові передові технологічні процеси виготовлення інструменту, що забезпечують ріст продуктивності праці, поліпшення якості і підвищення терміну служби інструменту, збільшення коефіцієнта використання інструментальних матеріалів і скорочення їх витрати. Особливо важливе впровадження сучасних технологій в інструментальне виробництво, де використовуються дорогі і дефіцитні матеріали.

Велика роль в прискоренні науково-технічного прогресу, збільшення темпів росту продуктивності праці, підвищення ефективності і якості продукції, що випускається, належить синтетичним алмазам і кубічному нітриду бору (КНБ). Саме завдяки прогресивності надтвердих матеріалів виробництво і застосування їх в нашій країні активно розвивається.

Спочатку синтетичні алмази і КНБ застосовували для чистового шліфування і чистового заточування (доведення) інструменту після попередньої обробки кругами із звичайних абразивних матеріалів - карбіду кремнію зеленого (КЗ) і електрокорунду білого (ЭБ). Подальші роботи багатьох наукових інститутів і заводів країни показали, що надтверді матеріали (СТМ), що мають великі потенційні можливості, доцільно застосовувати при зніманні значних припусків, тобто при заточуванні і шліфуванні інструменту без попередньої обробки його кругами з КЗ.

Це стало можливим завдяки вдосконаленню синтезу, поліпшенню якості і організації промислового виробництва надтвердих матеріалів з широким діапазоном фізико-механічних і експлуатаційних властивостей, створення високопродуктивних кругів на нових зв'язках, освоєнню нових методів шліфування, заточування і устаткування для їх здійснення. Надтверді матеріали стали важливим чинником підйому технічного рівня і прогресу інструментального виробництва, вдосконалення існуючих і створення нових знарядь праці і технологіч-