

ВИКОРИСТАННЯ ЛАЗЕРІВ МАЛОЇ ПОТУЖНОСТІ В ПРОМИСЛОВИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

USE OF LOW-POWER LASERS IN INDUSTRIAL TECHNOLOGIES

*к.т.н., доц. Н.О. Лалазарова¹, студент І.С. Мачан¹,
к.т.н., доц. О.В. Афанасьєва²*

¹*Харківський національний автомобільно-дорожній університет (м. Харків)*

²*Харківський національний університет радіоелектроніки (м. Харків)*

*PhD(Tech.) N. Lalazarova¹, student I. Machan¹,
PhD(Tech.) O. Afanasieva²*

¹*Kharkiv National Automobile and Highway University (Kharkiv)*

²*Kharkiv National University of Radio Electronics (Kharkiv)*

Технологічні процеси, засновані на впливі лазерного випромінювання на матеріали, знайшли широке застосування у виробництві залізничної техніки. Лазерна обробка матеріалів заснована на можливості лазерного променя забезпечувати на малій ділянці поверхні високі щільності потужності (до $10^8 \dots 10^9$ Вт/см² в безперервному режимі і до $10^{16} \dots 10^{17}$ Вт/см² в імпульсному режимі), необхідні для інтенсивного нагріву або розплавлення практично будь-якого матеріалу.

Висока концентрація енергії, що підводиться, і її локальність дозволяють виконувати обробку тільки локальної ділянки матеріалу без нагріву решти об'єму і порушення його структури і властивостей, що призводить до мінімального короблення деталей [1]. Висока концентрація енергії, що підводиться, дозволяє провести нагрівання і охолодження оброблюваного об'єму матеріалу з великими швидкостями при дуже малому часі впливу.

Метою цієї роботи є дослідження можливості використання YAG-лазерів малої потужності (до 10 Вт) для таких технологічних режимів, як різання, зварювання, термообробка. Традиційно лазери потужністю менше 0,5 кВт для цього не використовуються [2]. Незважаючи на переважну думку [2] про те, що безперервний режим більш підходить для проведення термічної обробки, можна припустити, що використання імпульсного випромінювання дозволить знизити потужність лазерних пристроїв.

Результат дії імпульсного лазерного випромінювання залежить від інтенсивності та часу впливу (тривалості імпульсу). Тому ефективна реалізація кожного технологічного процесу можлива лише для обмежених інтервалах щільності потужності q та тривалості імпульсу τ .

При $q \leq 10^4 \dots 10^5$ Вт/см² відбувається нагрівання матеріалу без зміни агрегатного стану речовини. Це - область термообробки.

Підвищення q до $10^5 \dots 10^6$ Вт/см² призводить до плавлення без викиду матеріалу. Це область точкового та шовного зварювання, лазерного легування.

Величина $q \sim 10^6 \dots 10^7$ Вт/см² дозволяє виконувати нагрівання з видаленням речовини із зони теплового впливу. Завдяки цьому можна пробивати отвори, свердлити, фрезерувати, різати практично всі матеріали, скрайбрувати крихкі матеріали, випаровувати.

При $q > 10^7 \dots 10^8$ Вт / см² виникає лазерна плазма, що поглинає випромінювання і тим самим ускладнює проведення технологічних операцій.

Для оцінки можливості застосування лазерів малої потужності для різних видів обробки було проведено калориметричне вимірювання енергії в імпульсі. Розрахунок густини потужності випромінювання твердотільного Nd³⁺:YAG-лазера середньою потужністю 5 Вт при діаметрі плями фокусування 0,8 мм наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри обробки лазерами малої потужності

Режими		Щільність потужності q , Вт/см ²
Тривалість імпульсу τ , мс	Енергія в імпульсі E , Дж	
2,0	0,70	$1,40 \cdot 10^5$
2,0	1,45	$2,90 \cdot 10^5$
2,0	2,38	$4,70 \cdot 10^5$
2,0	3,55	$7,10 \cdot 10^5$
0,4	0,10	$0,56 \cdot 10^7$
0,4	0,14	$0,79 \cdot 10^7$
0,4	0,21	$1,18 \cdot 10^7$
0,4	0,25	$1,40 \cdot 10^7$

Аналіз результатів досліджень показав, що за допомогою імпульсного лазера малої потужності можна проводити гартування з оплавленням і без нього, різання та зварювання металів малих товщин, а при зменшенні тривалості імпульсу - і гравіювання.

[1] Афанасьєва О. В., Дошечкіна І. В., Лалазарова Н. О. Лазерне поверхнєве зміцнення прецизійних деталей. "Emerging Trends in Academic Research" Conference Proceedings of the 1st International Conference February 10-12, 2021, Dublin, Ireland. С. 20-25.

[2] Ковальчук Ю.О., Пушка О.С., Войтік А.В. Аналіз залишкових напружень у результаті лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки. Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Серія: технічні науки. 2019. Том 30 (69). Ч. 1. № 1. С. 1-5.