

Модифікування технології лазерної обробки деталей сільськогосподарської техніки

В статті описано особливості технології обробки спряжених пар деталей сільськогосподарської техніки методом лазерного зміцнення

поверхня, фокусатор, лазер, обробка, зміцнення, техніка, деталь

Вступ. Лазерний промінь (як концентроване джерело енергії) має значні технологічні можливості для виконання розкрою матеріалів, термічних, наплавлювальних робіт у сільськогосподарському машинобудуванні [1]. У промисловості найбільше поширення отримали CO₂-лазери потужністю 1-10 кВт, причому розмір лазерного пучка, сфокусованого на поверхні оброблюваної деталі, зазвичай не перевищує 8...10 мм. Тому обробку деталей великої площі доводиться проводити з послідовним накладенням «доріжок зміцнення» (треків), що із-за появи зон відпалу на стиках доріжок завжди приводить до неоднорідності обробки.

Теоретичні передумови. Швидке сканування гостросфокусованого лазерного пучка по поверхні оброблюваної деталі дозволяє отримати однорідніший зміцнений шар, але вимагає застосування складних оптико-механічних пристроїв (сканаторів), які забезпечують переміщення лазерного променя по оброблюваній поверхні за певним законом з високою швидкістю (частота сканування - сотні герц). Але такі системи складні і недостатньо надійні для промислового застосування [1].

У декілька разів збільшити ширину доріжки зміцнення за один прохід при незмінній потужності лазера можна, якщо відмовитися від традиційної круглої форми фокальної плями і перейти до плями у формі вузької смужки, переміщуваної перпендикулярно своїй довгій стороні. Зміна форми фокальної плями і, отже, форми поверхневого джерела тепла приводить до зміни термічного циклу нагрівання і охолодження оброблюваного матеріалу. При рівності інтенсивностей і швидкостей переміщення джерел нагрівання по поверхні оброблюваної деталі час нагрівання і теплонасичення для джерела смужкової форми менші, а градієнт температури і швидкість охолодження вищі, ніж для джерела круглої форми і такої ж площі. Це означає, що умови нагрівання і тепловідведення при обробці круглим і смужковим пучками істотно розрізняються, що може приводити до відмінностей в характеристиках зміцнених поверхневих шарів. В даній роботі пропонується формування лазерних пучків здійснювати відображаючими оптичними елементами (фокусаторами випромінювання). На відміну від лінзових і металевих об'єктивів фокусатори випромінювання мають менші розміри і дозволяють в заданий момент часу отримати необхідну форму світлової плями і розподілу щільності випромінювання.

Мета досліджень. Для з'ясування технологічних можливостей термообробки металу лазерним пучком смужкової форми в роботі було проведено експериментальне дослідження такої обробки з обробкою пучком традиційного круглого перерізу.

Методика досліджень. Об'єктами досліджень служили зразки у вигляді циліндрів або плоских брусків з конструкційної сталі 45, широко вживаною в машинобудуванні. Зразки, на поверхню яких заздалегідь наносилося поглинаюче покриття (типу КПФ), оброблялися безперервними CO₂-лазерами. Доза опромінювання

регулювалася зміною потужності лазерів в межах 1-8 кВт і швидкості переміщення зразка під лазерним променем в межах 5-25 мм/с. Діапазон доз опромінювання, в якому проводилися дослідження, як для круглого, так і для смужкового пучка складав 0,8-9 кДж/см², що відповідає діапазону щільності потужності у фокальній плямі 2,7-17 кВт/см² [1].

Для формування смужкового пучка використовувалися дифракційні відбивні фокусатори лазерного випромінювання. Такі фокусатори перевершують циліндрові лінзи і дзеркала, як за якістю фокусування, так і за експлуатаційними параметрами. Всі ці фокусатори працювали при куті падіння променя 45°, (вони були одночасно фокусуючими і поворотними елементами), фокусна відстань складала 30 мм. Набір з чотирьох фокусаторів забезпечував формування фокальних плям у вигляді майже прямокутних смужок завдовжки 15, 20 і 25 мм при ширині від 1 до 2,5 мм. Ширина смужки залежала від режиму роботи лазера і була мінімальною при одномодовому режимі. Розподіл інтенсивності по довжині смужки у трьох фокусаторів був близьким до рівномірного, а четвертий формував смужку розміром 15х1 мм із збільшеною на кінцях інтенсивністю випромінювання відповідно до рекомендацій, сформульованих в [2]. Загальний вид оптичного пристрою представлено на рисунку 1.

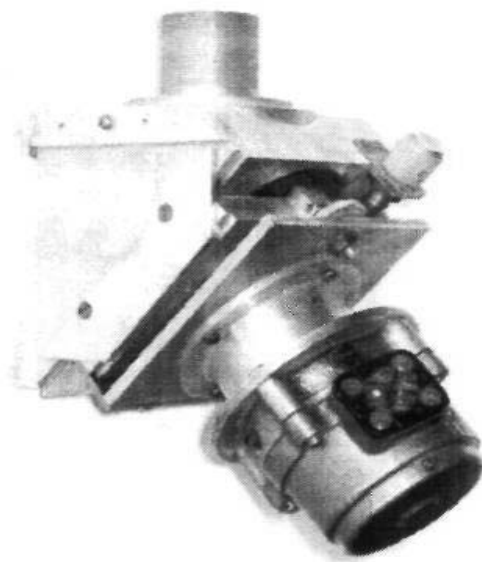


Рисунок 1- Загальний вид динамічного фокусатора

Формування круглого пучка здійснювалося лінзою з КС1 з $f=200$ мм . Зразок розташовувався за фокусом лінзи в пучку, що розходить. Для отримання одноріднішого розподілу інтенсивності випромінювання на поверхні зразка обробка круглим пучком проводилася при роботі лазерів в багатомодовому режимі. Дослідження структур та мікротвердості виконували на металографічному мікроскопі Neofot – 21 і приставці ПМТ – 3 за відомими методиками.

Результати досліджень. МікродюрOMETричні дослідження зразків, підданих лазерній обробці, показали, що залежності мікротвердості зміцненого шару від дози опромінювання E і швидкості переміщення зразка v при обробці смужковим пучком близькі до відповідних залежностей, отриманих при обробці круглим пучком, але при обробці смужковим пучком на 10 — 30% вище, ніж при обробці круглим пучком (за інших рівних умов). Графіки залежностей (E) і (v) представлені на рисунках 2 і 3.

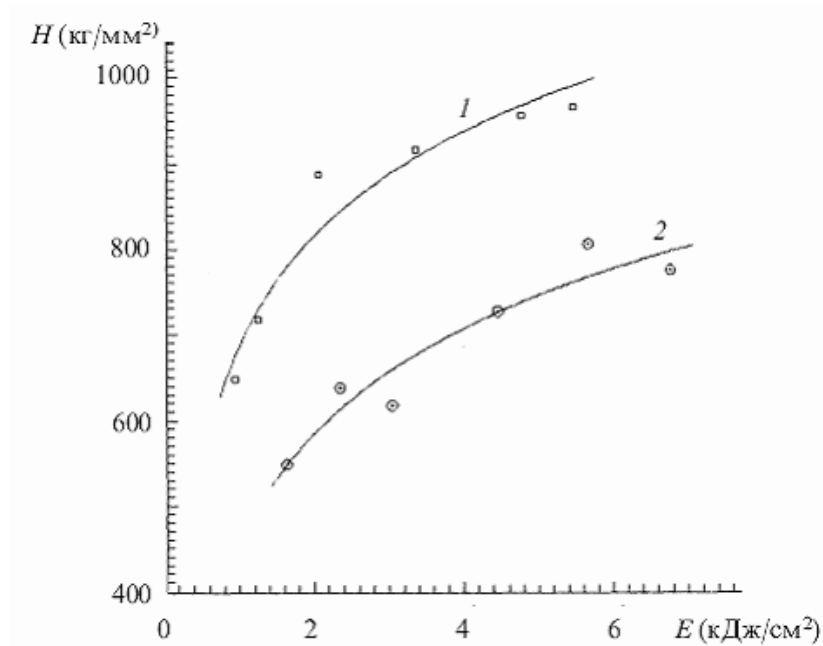


Рисунок 2 – Залежності мікротвердості на поверхні зміцненого шару від дози опромінювання при $v = \text{const}$ і використанні смужкового (1) і круглого (2) пучків

Залежність глибини зміцненого шару h від дози опромінювання при обробці смужковим пучком практично ідентична аналогічній залежності для обробки пучком круглої форми при $E = 2 \text{ кДж/см}^2$. При великих дозах опромінювання ($E > 2 \text{ кДж/см}^2$) глибина зміцненого шару у разі обробки смужковим пучком зростає повільніше, ніж при обробці круглим (рисунок 3). Сильніше виражена і залежність $h(v)$ при обробці круглим пучком, ніж при обробці смужковим пучком.

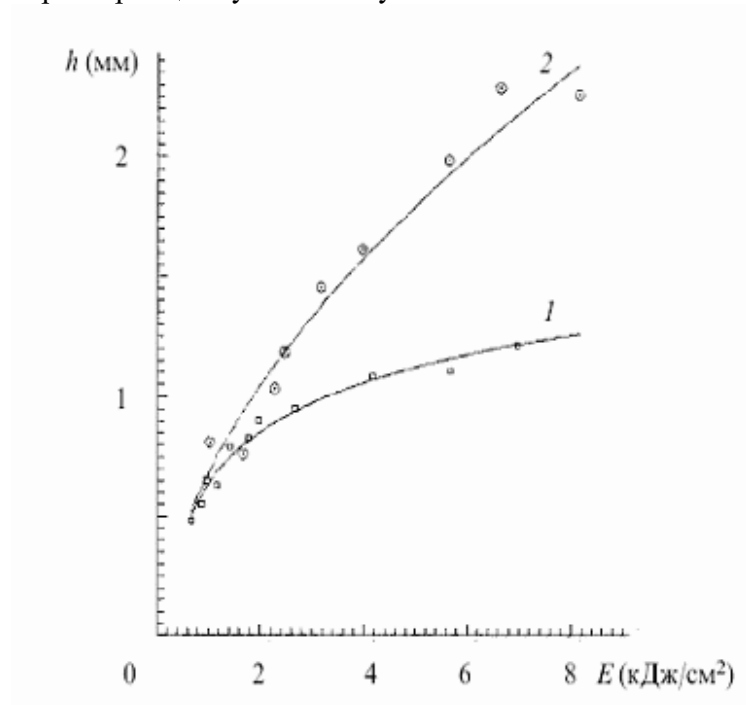


Рисунок 3 – Глибина зони лазерного гартування залежно від дози опромінювання при $v = \text{const}$ для смужкового (1) і круглого (2) пучків на відстані 1,5 мм від її краю (2, 4)

Таким чином, результати обробки смужковим пучком при $E > 2$ кДж/см і $v < 15$ мм/с менш чутливі до варіацій E і v , що виникає в процесі обробки, ніж результати обробки пучком круглої форми.

Для обробки деталей, розміри яких більше довжини лазерної смужки, застосовувався фокусатор, що формує смужковий пучок із спеціальним неоднорідним розподілом інтенсивності по довжині смужки, - інтенсивність до кінців смужки збільшувалася по певному закону. Обробка поверхні зразка проводилася смугами «встик», без накладання. Відносне зменшення H на стиках смуг було в 1,5-2 рази менше, ніж при аналогічній обробці пучком круглого перерізу з однорідним розподілом інтенсивності.

Висновки. Застосування динамічних фокусаторів випромінювання в технологічних процесах лазерної обробки розширяє можливості лазерної технології, підвищуючи її конкурентноздатність.

Використання лазерного пучка великої протяжності забезпечує (в порівнянні з обробкою пучком круглої форми) і вищу при тій же потужності продуктивність термообробки. Площа поверхні, що обробляється за одиницю часу смужковим пучком при цілком достатній для практики глибині зміцненого шару (0,5 – 0,7 мм), виявляється в 2 - 4 рази більше (залежно від режиму обробки), ніж при обробці круглим пучком тієї ж потужності.

Список літератури

1. Handbook of laser processing / ed. J.F. Ready. – Orlando: Laser Institute of America; Magnolia publ. Inc., 2001. – 715 p.
2. Golub M.A. Infra-red radiation focusators/ M.A.Golub, I.N.Sisakian, V.A.Soifer / / Optics and lasers engineering. – 1991. – V.15. – No. 5. – P. 297-309

В статье описано особенности технологии обработки сопряженных пар сельскохозяйственных машин методом лазерного упрочнения.

In article it is described features of manufacturing techniques of the connected pairs agricultural mashins by a method of lasers hardening.