



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 55060

(13) A

(51) 7 B23K26/00

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС

ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВІНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ ЛАЗЕРНОГО РІЗАННЯ З ДОПОМІЖНИМ ВОДЯНИМ СТРУМЕНЕМ

1

2

(21) 2002065087

(22) 19 06 2002

(24) 17 03 2003

(46) 17 03 2003, Бюл. № 3, 2003 р.

(72) Кадан Віктор Миколайович, Блонський Іван Васильович

(73) Кадан Віктор Миколайович, Блонський Іван Васильович

(57) Спосіб лазерного різання з допоміжним водяним струменем, згідно з яким лазерний промінь

направляють на матеріал, що оброблюється, у тому ж напрямку подають струмінь захисного газу, в ту ж саму точку направляють струмінь води під тиском, який відрізняється тим, що обробка здійснюється циклічно, спочатку на визначений час включають лазерний промінь, а після його включення на ту ж саму точку матеріалу під тиском подають струмінь води, потім зміщують точку обробки відносно матеріалу і повторюють вказаний цикл

Винахід має відношення до техніки лазерної обробки матеріалів, зокрема до лазерного різання і може бути використаний для розкрою крихких неметалічних матеріалів, таких як природний та штучний камінь, скло, кераміки, пластики тощо

Існує "Спосіб лазерного різання матеріалу та пристрій для його виконання", запатентований у Росії (20 02 95г., Пат. №2028898). Згідно з цим способом виконують сканування лазерного променя в площині різання. На відміну від газолазерного різання продукти дії лазерного променя на матеріал, які знаходяться в рідкому чи дисперсному стані, видаляють не струменем стиснутого газу, а механічним інструментом, який слідує в площині різання безпосередньо за лазерним променем. Автори винаходу вважають, що таким чином вони досягають підвищення ефективності використання потужності лазерного випромінювання. Проте цей спосіб та пристрій мають суттєві недоліки. По-перше, за цієї технології неможливе різання по кривій лінії, оскільки рух механічного інструменту виконується в площині різання. По-друге, видалення матеріалу, розігрітого лазерним випромінюванням викликає підвищене зношування механічного інструменту.

Вказані недоліки певною мірою долає спосіб лазерного різання, викладений в патенті США 5902499 "Спосіб і пристрій для обробки матеріалу за допомогою лазерного променя, який розповсюджується в струмені рідини". В цьому способі струмінь використовується в якості хвильоводу, тобто безпосередньо в цей струмінь направляють лазерний промінь (Дивіться фіг. 1). Таким чином в

згаданому приладі поєднуються переваги водоструменевого та лазерного різання. Лазерне випромінювання діє на матеріал, що розрізується, а струмінь рідини видаляє продукти лазерної дії. До переваг цієї технології належать майже повна відсутність теплових пошкоджень матеріалу, можливість прецизійного різання дуже тонких, пористих та шаруватих матеріалів. Однак, цей спосіб має декілька недоліків. По-перше, використання струменю рідини в якості хвильоводу накладає жорсткі обмеження на довжину хвилі лазерного випромінювання, пов'язані зі спектром поглинання води та інших рідин. Найбільш придатним в даному випадку з точки зору довжини хвилі, потужності та ціни з'являється твердотільний неодимовий лазер з довжиною хвилі 1,06мкм. Проте за своєю надійністю, ціною, потужністю та ефективністю саме для розрізання неметалічних матеріалів найбільш привабливими є CO₂ лазери, використання яких в даному пристрої неможливе внаслідок високого поглинання водою і всіма іншими рідинами випромінювання з довжиною хвилі 10,6мкм.

В основу цього винаходу поставлено задачу

В способі лазерного різання шляхом періодичного подання в точку обробки матеріалу на визначений час лазерного променя спільно з захисним газовим струменем, після закінчення дії лазерного променя подання в ту ж саму точку обробки на визначений час струменю рідини, зокрема води, зміщення точки обробки на визначену відстань від попередньої та повторення вказаного циклу, забезпечити можливість використання CO₂-лазера в якості променевого джерела, а також зменшити

(13) A

(11) 55060

(19) UA

потужність лазерного джерела, необхідну для різання матеріалу

Вказана задача вирішується таким шляхом

Здійснюється циклічний режим різання, згідно з яким в точку різання спочатку подають імпульс випромінювання CO_2 лазера в атмосфері супутнього газу, зокрема стиснутого повітря, після чого в ту ж саму точку в тому ж або протилежному напрямку подають струмінь води високого тиску. При цьому матеріал локально розігрівається лазерним променем до критичної температури, нижчої за температуру плавлення. Зауважимо, що оскільки спосіб реалізується без плавлення та випаровування матеріалу, то таким шляхом досягається значне зменшення необхідної потужності лазера. Струмінь води подається одразу ж після закінчення лазерної дії. Таким чином, зникають обмеження на довжину хвилі лазерного випромінювання та на ефективність використання енергії випромінювання. Водяний струмінь забезпечує ефективне охолодження зони розігріву. Внаслідок виникаючих при цьому механічних напружень розтягування матеріал локально розтріскується та видаляється водяним струменем із зони різання. Після відповідного зміщення точки обробки описаний цикл повторюється.

Спосіб реалізується таким шляхом

Промінь CO_2 лазера ИЛГН-709 з довжиною хвилі 10,6 мкм і потужністю випромінювання 150 Вт фокусують за допомогою лінзи з селеніду цинку і подають в атмосфері супутнього повітря під тиском 10 атмосфер в точку різання матеріалу, зокрема граніту, на проміжок часу тривалістю 10 мс. Після закінчення лазерної дії в точку обробки в тому ж самому або в протилежному напрямку подають струмінь води діаметром 1 мм під тиском 100 атмосфер тривалістю 10 мс. Після виключення струменю точку обробки зміщують в необхідному напрямку на 0,2 мм і вказаний цикл обробки повторюють.

Наведемо деякі розрахунки, які підтверджують можливість реалізації запропонованого способу, спираючись на рішення одновимірного лінійного рівняння теплопровідності, яке описує нагрівання напівбескінченного середовища необмеженим поверхневим джерелом [1]. За цим наближенням густина потужності, поглиненої на поверхні та необхідної для досягнення на поверхні за час τ температури T , оцінюється як $I = (\pi^{1/2} \lambda T) / (2(\alpha \tau)^{1/2})$, де температуропровідність $\alpha = \lambda / \rho c$, λ - теплопровідність, ρ - "густина". Знаючи критичну температуру T_c , яка відповідає межі термостійкості, та густину потужності лазерного випромінювання, звідси можна знайти необхідну тривалість лазерної дії τ . Глибина проникнення тепла за цей час $2(\alpha \tau)^{1/2}$. Припускаючи, що розтріскування та видалення матеріалу матиме місце саме на цю глибину, а також, що тривалість лазерної дії τ дорівнює половині періоду, одержуємо, що швидкість різання залежить тільки від частоти повторення циклів та температуропровідності як $v = 2(\alpha \tau)^{1/2} f = (2\alpha f)^{1/2}$. Швидкість різання пропорційна кореню квадратному з частоти за умовою, що густина потужності забезпечує досягнення критичної температури T_c ,

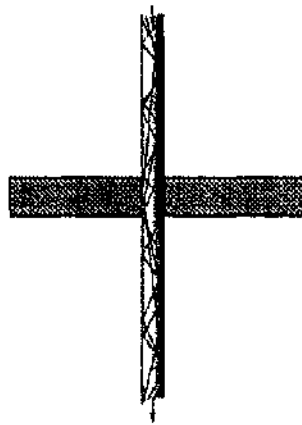
яка перевищує межу термостійкості. Звідси одержуємо, що найбільша швидкість різання прямо пропорційна густині потужності $V_{\max} = 2\lambda / (\pi^{1/2} T_c \alpha)$. Необхідна частота повторення циклів обробки, при якій можна досягнути максимальної швидкості, буде таким чином визначатися густиною потужності та складатиме $f_{\text{opt}} = V_{\max}^2 / 2\alpha = 2\lambda^2 \alpha / (T_c^2 \pi)$. Приймаючи для граніту теплопровідність $\lambda = 1 \text{ Вт/(м·К)}$, критичну температуру T_c , близькою до температури плавлення $T = 1000 \text{ К}$, але не більше за неї, густину $\rho = 3 \text{ г/см}^3$, теплоємність $c = 0,8 \text{ Дж/г·К}$, одержуємо, що при густині потужності лазерного випромінювання $4,5 \text{ Вт/мм}^2$ максимальна швидкість різання дорівнюватиме 2 мм/с . При цьому необхідна частота циклів обробки складатиме 5 с^{-1} . Якщо збільшити густину потужності в 10 разів, то швидкість різання також зросте в 10 разів, а необхідна частота циклів зросте в 100 разів та складатиме 500 с^{-1} . Досить цікавим висновком з наведеного розгляду є те, що з ростом потужності та частоти зростатиме також якість розрізу, оскільки порція матеріалу, що видаляється за один цикл, зменшуватиметься з частотою як $(2\alpha f)^{1/2}$ та з густиною потужності як $\pi^{1/2} T_c \lambda / I$. Реальні значення густини потужності та частоти циклів будуть визначатися такими чинниками, як швидкодія системи комутації водяного струменю, гранична величина внеску енергії в матеріал без крихкого руйнування зразка в цілому, розумний компроміс між ціною та потужністю лазера. Слід відмітити, що при частоті 500 с^{-1} передбачаються значні складнощі з комутацією водяного струменя. Тому реалістичною слід вважати частоту 50 с^{-1} , якій відповідає густина потужності 14 Вт/мм^2 та швидкість різання $6,5 \text{ мм/с}$. Вважаючи, що діаметр лазерного променя дорівнює $0,5 \text{ мм}$, а товщина пластини каменя, що розрізується - 2 см , та зневажаючи відбиванням лазерного випромінювання від поверхні матеріалу, одержуємо, що густині потужності лазерного випромінювання 14 Вт/мм^2 відповідає потужність 220 Вт , а середня за час різання - 110 Вт . Приймаючи до уваги те, що за звичайною газолазерною технологією ми змогли розрізати граніт "габро" 2 см завдовжки зі швидкістю 1 мм/с тільки при потужності неперервного випромінювання CO_2 лазера 2 кВт , та після цього він розтріскався на глибину до 2 см від лінії різання, можна зробити висновок, що запропонована технологія обіцяє значні переваги як за точністю різання, так і за ціною обладнання.

На фіг 1 зображено схему, яка ілюструє принцип різання з використанням водяного струменю в якості хвильоводу.

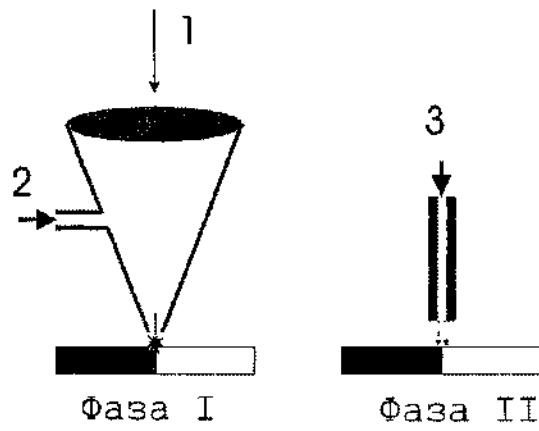
На фіг 2 наведено ілюстрацію принципу дії способу та пристрою для лазерного різання матеріалу. Цикл обробки складається з фази I, під час якої в точку обробки подають лазерний промінь 1 з супутнім газом 2, та фази II, під час якої в ту ж саму точку подають струмінь рідини 3 в тому ж самому або в протилежному напрямку.

Література

1 Технологические лазеры. Справочник в 2-х томах под ред. Г. А. Абильтитова, т. 1, М., Машиностроение, с. 431.



Фиг.1



Фиг.2