



УДК 621.23.000:241

Холодний В.Ю., Коваль Є.С., Саленко О.Ф., д.т.н., проф.,

Кременчуцький національний університет ім. М. Остроградського, м.

Кременчук, Україна

ВПЛИВ УМОВ ВИТІКАННЯ СТРУМЕНЯ НА РОЗСІЮВАННЯ ПОТУЖНОСТІ ВИПРОМІНЮВАННЯ У ПЛЯМІ НА ПОВЕРХНІ ОБРОБКИ

Технології обробки матеріалів струминно-лазерним потоком, що забезпечує пульсуючий термічно-гідродинамічний вплив на оброблювану поверхню і спроможний достатньо ефективно виконувати обробку металів, кераміки, металевих і неметалевих композитів, нині активно розвиваються. Промислово дані технології використовуються для розкроювання силіконових чипів [1], однак існують певні напрацювання стосовно використання даного процесу і для виконання обробки надміцних матеріалів [2].

Існуючі струминно-лазерні системи, представлені в [3], побудовані за принципом струминної камери з прозорим вікном, крізь яке, власне, і просвічує лазерний промінь. Однак такі камери є досить нетехнологічними у виготовленні, потребують частої заміни оптичних елементів; наявність самого вікна обмежує рівень тиску, який може бути створений гідравлічною системою.

З метою подолання зазначених недоліків і розширення технологічних можливостей, а також реалізації гібридних технологій обробки, запропоновано використовувати струминні камери із кільцевими соплами, в яких оптичні елементи відсутні, а сполучення променя лазера зі струменем рідини відбувається в самому кільцевому просторі. Однак невирішеним залишається питання прогнозування температурних полів, які створюються на поверхні при тому чи іншому натіканні струменя на перепону. Більш чітке визначення зон максимальної локалізації тепла та можливих термічних напружень в



оброблюваному тілі дозволило б уточнити механізм пошкодження і розміщення, на основі якого можливе прогнозування формоутворення при струминно-лазерній обробці.

Моделювання виконували в середовищі FlowVision. Вважали, що струминний потік формується соплом зі змінною геометрією проточної частини. Залежно від умов можливі такі форми вихідного отвору: круглий, прямокутний з заокругленими кутами, овальний. При цьому діаметр отвору сопла насадка становив 2 мм; швидкість потоку рідини на вході до насадки – 14...50 м/с. Ставилася задача оцінити перепад швидкостей у вільному потоці (за межею сопла) та виявити зони максимальної несталості, в яких, відповідно до отриманих раніше результатів, можливе максимальне втрачання прозорості та, відповідно, максимальне розсіювання випромінювання лазера.

При виконанні розрахунків отримано масив масив даних, що складався з 5594 рядків координат по осях x і y , та значень швидкості по вісі x (рис. 1).

Точкова візуалізація масиву даних отриманих в результаті розрахунку дозволила встановити не тільки розподіл швидкостей в потоці, а і визначити зміну інтенсивності лазерного випромінювання за умови, що розподіл інтенсивності на перетязці каустики у площині змикання струменя відповідає закону Гауса (рис. 2).

Так, стає очевидним, що існує чітка відстань від зрізу сопла до поверхні обробки, на якій витрати потужності випромінювання та, відповідно, можлива продуктивність обробки є найвищою; за цим перетином можливе різке зниження як точності відтворення контуру, так і продуктивності процесу (рис. 3).

На основі даних моделювання проведено експериментальні дослідження, які підтвердили зазначені міркування та дозволили вивчити особливості процесу лазерно-струминного різання матеріалів, у яких $h/D_c > 1,0$ (відношення

товщини матеріалу до перетину струменя і перетяжці каустики сфокусованого променя).

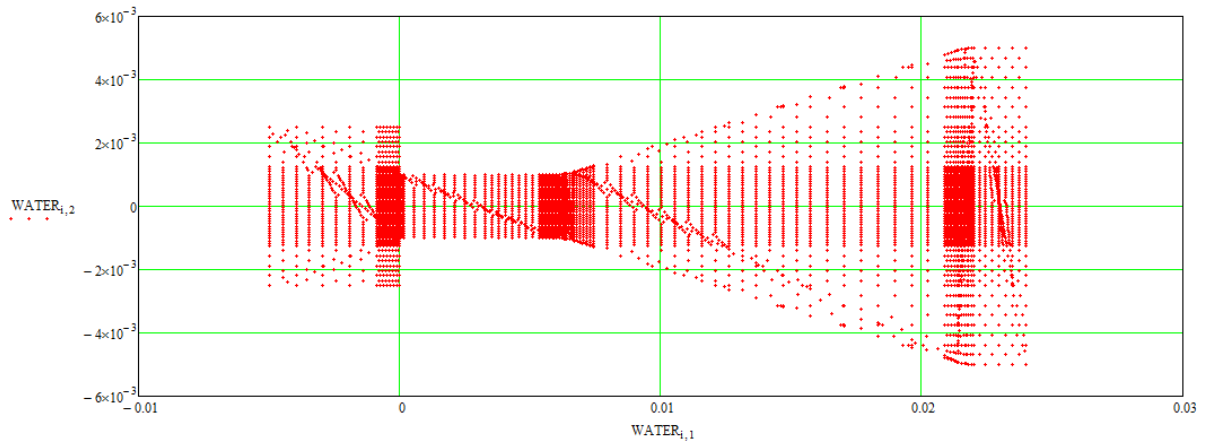


Рис. 1 – Результати розрахунку зон зміни швидкостей потоку в каналі сопла (справа) та за його зрізом перед оброблюваною поверхнею (зліва)

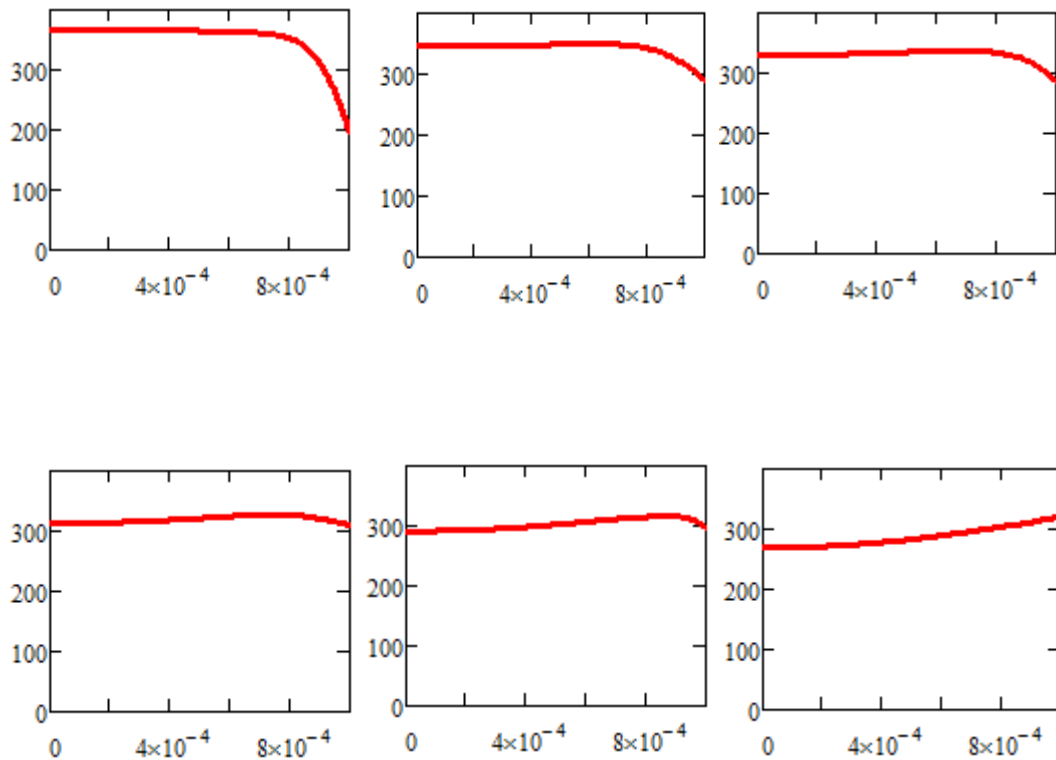


Рис. 2 – Зменшення швидкості потоку на торці насадку та на кожному наступному міліметрі вільного витікання рідини за насадком, яке



веде до відповідного зниження інтенсивності лазерного випромінювання: а – торець сопла; б – е – відстані з кроком 1,0 мм. Остання діаграма – поверхня обробки

Нами також встановлено етапність процесу та його квазіциклічний характер. Циклічність проявляється на кількох основних гармоніках і визначається як умовами течії рідини, так і частотою слідування імпульсів лазеру; практично не залежить від структури оброблюваного матеріалу та фізико-механічних властивостей його компонентів. Експериментально підтверджено існування пікових амплітуд на частотах $(0,2-0,25)n_1$ та $(2,4-3,5)n_1$. Досліди виконували із твердотільним лазером з довжиною хвилі $\lambda=1062$ нм, і сопловим пристроєм із $D_c=0,25$ мм. Розв'язання теплової задачі для гази матеріалів від дії зосередженого джерела тепла та теплозйомника з інтенсивним масопереносом показало, що у самому поверхневому шарі відбуваються перетворення, пов'язані зі зміною структури шару та його та хімічного складу. Показано, що на поверхні контакту «струмінь-оброблюване тіло» під час дії лазерного випромінювання за певних умов виникає плазма, яка веде до утворення граничного шару з пересиченої пари, товщина якого циклічно змінюється і залежить від режимів впливу. Наявність парового шару разом із залишками рідини у порожнинах мікродефектів створює умови для передування розвитку магістральних тріщин та активного злиття дефектів, отже, створюються умови для високоінтенсивного масопереносу надмалими частинками.



а конференція "Гідроаеромеханіка в інженерній практиці"
Секція I
"Технічна гідромеханіка"

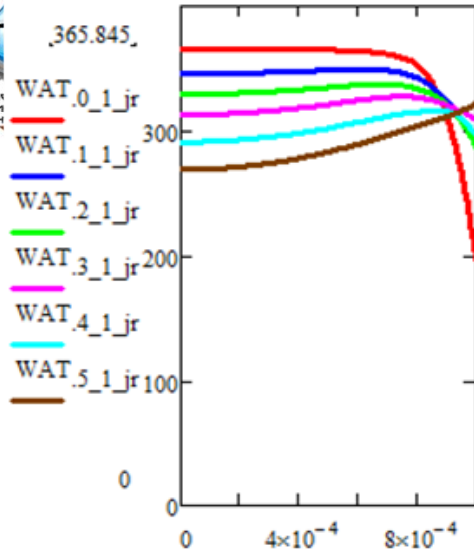
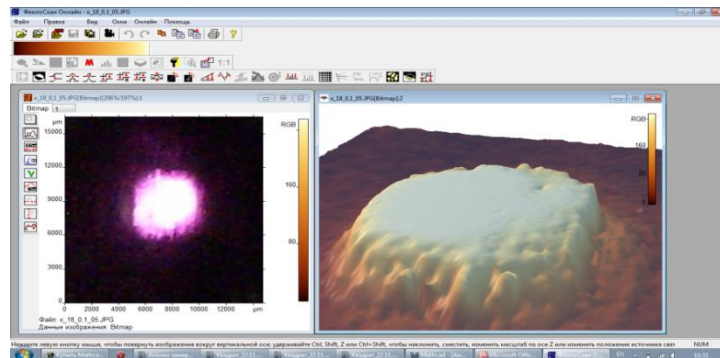
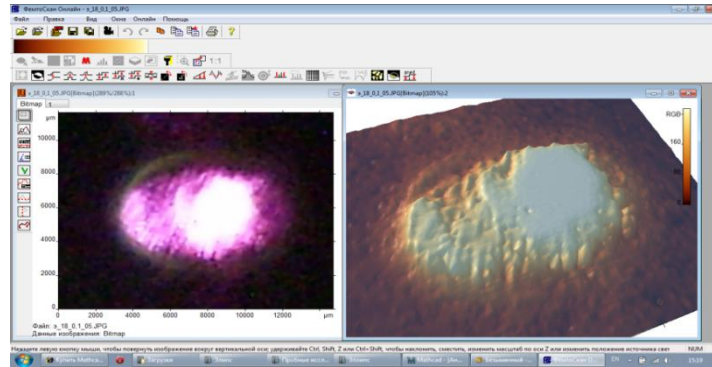


Рис. 3 – Зменшення інтенсивності випромінювання та його поширення поза очікуваний контур: відповідними кривими позначена зона поширення випромінювання підвищення точності відтворення форми.

Отримані теоретичні посилки дозволили запропонувати дієві засоби для зміни форми проявлю струминно-лазерного потоку, при цьому ефективність такої зміни є достатньо високою. Установлено, що найбільш точно відтворюється круглий перетин, однак і інші форми (зокрема, квадрат та еліпс) є достатньо точними (рис. 4,а,б). Таким чином, подальші дослідження мають бути направлені на



а)



б)

Рис. 4 – Форми променя, отримані відповідним профілюванням зрізу сопла:

а) квадрат з округлими кутами; б) еліпс

Список літератури

1. Salenko A., Dudyuk V., Mana O. About effects of stream-beam influence on a surface of firm bodies // Unitex-09: International scientific conference. – vol.3. – p.462-468. – Gabrovo, 2009. – Laser workshop: Mittweida – Germany.
2. Jets methods of cutting carbide and super hard material//Salenko, O., Schetinin, V., Fomovska, L. – Lambert Academic Publisher. – Germani. – 2013.
3. Synova (2002): The water jet guided laser. - Synova S.A., Switzerland. - Cied 28 March 2006. Imp//vww.synova.ch.microjet.pdf.