استخدام شعاع ليزر نيوديوم ياك لتشغيل سطح سبائك الصلب

زينب سعد مهدي
ماجستير / مدرس مساعد /كلية علوم ـجامعة ديالى- العراق

الخلاصة:

إن الدقة العالية في الإنتاج والتقليل من نسبة الخطأ ، إضافة إلى تفادي التلف ، جعل من استخدام طرق القطع اللاتقليدية في مجال الصناعة ذات جدوى اقتصادية، حيث أصبح بالإمكان الحصول على نوعية وإنهاء سطحي جديد للمنتج المشغل بهذه التقنية. من هنا جاءت فكرة البحث من خلال دراسة طبيعة الأسطح ودقة الأبعاد المنتجة بعملية التثقيب باستخدام شعاع الليزر. حيث أصبح بالإمكان الحصول على نوعية وإنهاء سطحي جديد للمنتج المشغل بهذه التقنية. من هنا جاءت فكرة البحث من خلال دراسة طبيعة الأسطح ودقة الأبعاد المنتجة بعملية التثقيب باستخدام شعاع الليزر. تحدث عملية التشغيل بالليزر نتيجة إمتصاص المادة لجزء من أشعة الليزر الساقطة عليها وهي محصلة تداخل خواص الليزر والمادة وشروط تبؤر الأشعة. كما تتأثر دقة الابعاد بطاقة الليزر, أوضحت نتائج البحث زيادة في معدل الخشونة مع زيادة طاقة شعاع الليزر.

المقدمــة

القطع بالليزر (Laser cutting) هي تكنولوجيا تستخدم الليزر لقطع المواد، وعادة ما تستخدم في التطبيقات الصناعية، ولكنه بدأ استخدامها أيضا من قبل المدارس، والشركات الصغيرة والهواة. القطع بالليزر باستخدام الكمبيوتر لتوجيه أشعة الليزر عالية الطاقة إلى المادة التي يراد قطعها. المواد إما أن تذوب، أو تحرق، أو تتبخر على شكل غاز، تاركة الحواف المقطوعة على درجة عالية من الدقة. تستخدم قواطع الليزر الصناعية لقطع مواد مستوية أو اسطوانية, يستخدم الليزر أشعة ضوئية احادية الطول الموجي أي لها نفس طول الموجة وهي تتولد في أنواع معينة من البلورات النقية. ويعمل جهاز الليزر على تسوية طور الموجات الضوئية بحيث تكون جميعها في نفس الطور، فتشتد طاقتها. يبين الشكل المجاور الموجات الضوئية التي هي في نفس الطور، فيحدث ما يسمى في الفيزياء تداخل بناء للموجات الضوئية. ويمكن تشبيه نبضة شعاع الليزر بالكتيبة العسكرية حيث يتقدم جميع العسكر بخطوات متوافقة منتظمة[1]. وبينما يشع المصباح عادي الضوء في موجات ضوئية مبعثرة غير منتظمة فلا يكون لها طاقة الليزر، فتكون كالناس في الشارع كل منهم له اتجاه غير الآخر. ولكن باستخدام لبلورات من مواد مناسبة (مثل الياقوت الأحمر) عالية النقاوة يمكن تحفيز إنتاجها لأشعة ضوئية من لون واحد (أي ذو طول موجة واحدة) وكذلك تكون في طور موجي واحد. عندئذ تتطابق الموجات على بعضها البعض ـ عن طريق انعكاسها عدة مرات بين مرآتين داخل بلورة الليزر فتصبح كالعسكر في الكتيبة ـ فتنتظم الموجات وتتداخل تداخلا بناء وتخرج من الجهاز بالطاقة الكبيرة المرغوب فيها. تميزت عمليات التثقيب باستخدام شعاع الليزر بعدة مميزات منها: عدم الحاجة الى حصول أي تلامس مباشر مع المشغولة، إمكانية التثقيب الدقيق وبزوايا مائلة وبدقة عالية نتيجة تركيز الأشعة بشكل مسيطر عليه ، إمكانية تثقيب المواد الصلدة والهشة والقابلة للكسر بدون نحاتة (Chip) لان المواد المزالة تكون على هيئة بخار ومواد منصهرة [2] . الا ان من سلبيات هذه التقنية هي: الكلفة العالية، محدودية أعماق التثقيب التي لا تتجاوز (13) ملم, خشونة السطح المنتج وعدم انتظام الشكل الهندسي له عند الإخفاق في استخدام الظروف المثلى للتثقيب ، مخروطية الثقب المنتج عند الإخفاق باختيار نمط وشكل النبضة [3] . عمليات القطع اللاتقليدية Unconventional Machining Processes وهي عمليات القطع التي لا يعتمد التشغيل على صلادة أداة القطع كما هو معروف بالطرق التقليدية بل يعتمد على متغيرات أخرى يمكن السيطرة عليها مثل التيار، الفولتية،

الذبذبات، سرعة الأجزاء الحاكة (Abrasives)،الضغط الهيدروليكي (Hydraulic Pressure) العوامل التاكلية (Corrosive Agent) والمواد المتأينة (Materials Ionized) وغيرها وتمتاز هذه الطرق بإمكانية الحصول على دقة عالية ونعومة سطحية جيدة تصل إلى (0.5 – 0.25) مايكروميتر وتتضمن هذه الطرق أنواع متعددة بالاعتماد على نوع الطاقة المستخدمة وكما مبين أدناه [4,2] . وعليه تناولت بعض الدراسات[6.5] طرق تحسين شكل الثقب المثقب بشعاع الليزر. لقد كان الاعتقاد السائد في البداية بأن المادة المزالة عند التثقيب بالليزر هي بحالة بخار ينتج من التسخين السريع للمادة الى حرارة أكبر من درجة تبخرها عند تسليط كثافة قدرة ليزرية عالية. وتشير بعض الدراسات [8,7],الى ان قدرة الليزر تتحول الى طاقة حرارية ترفع من حرارة البقعة التي تتركز فيها الاشعة الى درجة التبخر وفي نفس الوقت فأن الانتشار الحراري يبدأ في تلك المنطقة, وقبل بدأ عملية الغليان يبدأ السطح بالانصهار لكن النمو السريع في درجة الحرارة سوف لن يسمح بوقت كافي لحدوث زيادة في الذوبان ونتيجة لامتصاص طاقة إضافية تحدث عملية الغليان ثم التبخر. وتعتمد نسبة المادة المنصهرة المتطايرة على كثافة قدرة الليزر حيث تقل عند زيادة كثافة القدرة, ويتسم شعاع الليزر بخصائص مهمة نتيجة تأثيره في المادة الممتصة له ، حيث تسبب تلك التأثيرات تحولات طورية في المادة ، وفي أحيان أخرى يحدث تسخين للمادة دون أي تحول طوري لها [10,9] . كما أوضحت البحوث والدراسات [7] ان عملية التفاعل التي تحصل ما بين شعاع الليزر والمادة المراد تشغيلها تعتمد على: زمن نبضة الليزر، كثافة القدرة، قطر شعاع الليزر، امتصاصية المادة لأشعة الليزر، الانتشارية الحرارية، بالإضافة الى طبيعة سطح المادة, بالإضافة إلى البعد البؤري للعدسة. بعد ذلك فقد أوضحت البحوث والدراسات[6], بأن طاقة الليزر غير كافية لتبخير كمية المادة المزالة, وبينت بأن ما أزيل من المادة كان بهيئة بخار ومادة منصهرة متطايرة لا يشكل البخار فيها الا نسبة (10%) .

الفرق بين التثقيب الليزري و التثقيب العادي.

الإجراء العملي Experimental Procedure

أجريت عملية التثقيب بواحدة من طرق من طرائق القطع اللاتقليدية وهي التثقيب بشعاع ليزر نيوديوم ياك على عينات من الصلب المنغنيزي الصلد (Manganese hard steel) ، والموضح تركيبه الكيمياوي بالجدول(1).

جدول (1) التركيب الكيمياوي للصلب المستخدم في البحث

العنصر	C	Si	Mn	P	S	Mo	Cr	Fe
النسبة%	0.44	0.01	12	0.03	0.03	0.4	1.1	Rem

منظومة الليزر
المستخدمة في البحث.

وقد تم تناول الطريقة من حيث دقة الأبعاد للعينات ، وطبيعة الأسطح المنتجة. في البداية تم تحضير العينات النهائية، والتي كانت بقياس (30*20*20) ملم، حيث استخدمت العينات لدراسة تأثير عمق, وقطر, ومخروطية الثقب. أما منظومة الليزر المستخدمة فهي عبارة عن ليزر النيوديوم- ياك، زمن النبضة لها (300) مايكرو ثانية ، والطاقة المستخدمة (8) جول . تتضمن المنظومة : قضيب ليزر بطول (541.) سم، وقطر (0.8) سم، و مصباح ومضي خطي (Linear Flash Lamp) عدد اثنان ، إضافة الى مرآة خلفية مقعرة، انعكاساتها (100)%، ومرآة أمامية ، انعكاسيتها (30)%. [3]
وقد أجريت عدة محاولات لمعرفة كثافة قدرة الليزر عند قيم مختلفة للبعد البؤري للعدسة كما موضحة بالجدول (2).

جدول (2) كثافة القدرة عند قيم مختلفة للبعد البؤري للعدسة

البعد البؤري للعدسة (سم)	5	10	15	20
كثافة قدرة الليزر (واط/سم^2)	$8*10^{-8}$*	$4*10^{-3}$*	$2*10^{-3}$*	$5*10^{-6}$*

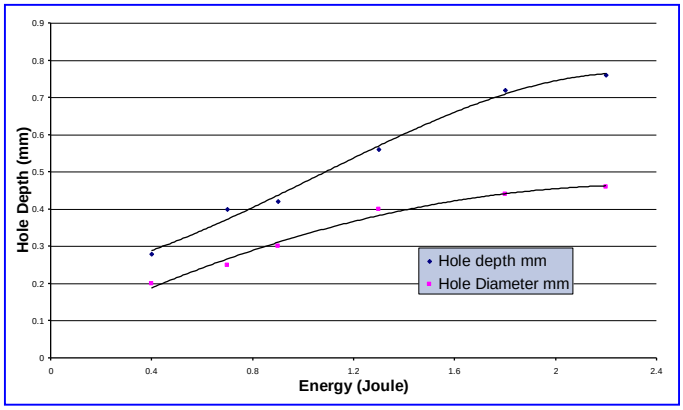
حيث وجد ان انفراجية الأشعة للجهاز ($2*10^{-3}$ rad.) ، وزمن نبضة الليزر ($1.02*10^{-3}$) مايكرو ثانية ، وقد تم قياس قطر الثقب باستخدام مجهر ضوئي (Optical Microscope) بحيث توضع العينة على قاعدة المجهر ويتغير ارتفاعها حتى يتم الحصول على أوضح صورة للسطح ثم يوضع مؤشر العدسة العينية على حافة الثقب، ثم يحرك الى الحافة المقابلة ويحسب الفرق بين القراءتين وتعاد العملية ثلاث مرات ، ويؤخذ معدلها . اما عمق الثقب فقد تم قياسه بنفس الجهاز وبنفس الطريقة حيث يؤخذ الفرق بين قراءتين ، الأولى لأوضح صورة للسطح ، والثانية لأوضح صورة لقعر الثقب . بينما تقاس مخروطية الثقب (Hole Taper) عن طريق قياس قطري الثقب عند السطح والقعر والعمق داخل المادة. أثناء تسليط شعاع الليزر على السطح المراد تثقيبه، فأن المنطقة المتأثرة بشعاع الليزر هي عبارة عن قطر الثقب مضافا" إليه منطقة التأثير الحراري حول الثقب.

النتائج والمناقشة Results and Discussions

1- تأثير طاقة الليزر :

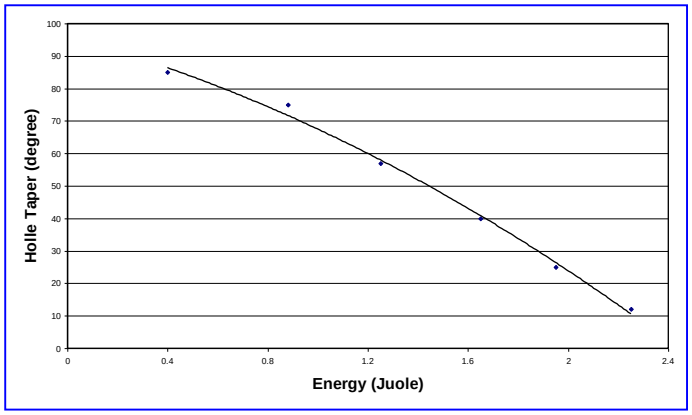
تؤثر طاقة أشعة الليزر على كل من عمق الثقب,قطر الثقب,مخروطية الثقب , حيث يزداد عمق الثقب مع زيادة طاقة الليزر, لان زيادة الطاقة الممتصة من قبل المادة يعني زيادة درجة حرارتها وبالتالي زيادة كمية المواد المنصهرة والمزالة بفعل

ضغط البخار المتولد .لان تفاعل أشعة الليزر مع المادة يعني امتصاص المادة لتلك الأشعة, وان أعلى امتصاص للطاقة يحدث عند السطح ويتناقص مع زيادة البعد عنه (شكل 1). كما ويزداد قطر الثقب مع زيادة طاقة الليزر نتيجة زيادة قطر حزمة الأشعة مع زيادة الطاقة بسبب زيادة الطاقة الممتصة والتي تؤدي الى زيادة في الحرارة المتولدة وتوزيعها بالاتجاه العرضي.



شكل (1) تأثير طاقة الليزر على كل من عمق و قطر الثقب.

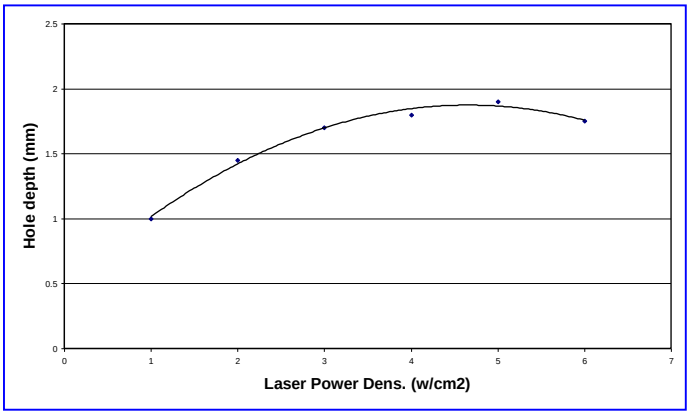
بينما تقل مخروطية الثقب مع زيادة طاقة الليزر بسبب الطاقة العالية التي يمكنها توليد ضغط عالي يمكن من خلاله إزالة المادة بشكل أكثر وفي الوقت نفسه تمنع من التصاق القطرات المنصهرة على جدران الثقب وبالتالي تدفعها الى الخارج (شكل 2).وهذا ما أكدته الدراسة السابقة [4].



شكل (2) تأثير الطاقة على سلبية الثقب.

2 - تأثير كثافة قدرة الليزر:

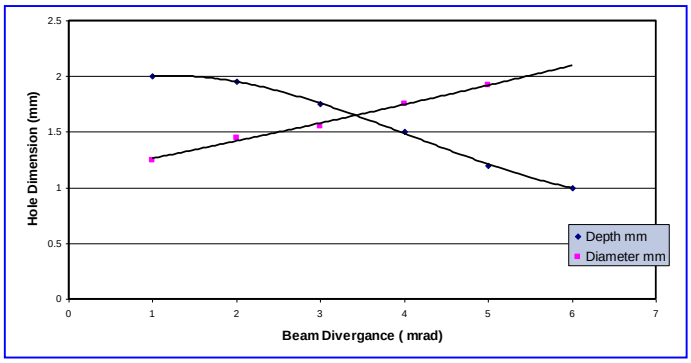
يزداد عمق الثقب مع زيادة كثافة قدرة الليزر بسبب زيادة ضغط الشعاع المتولد في الثقب , حيث ان ذلك يؤدي الى زيادة كمية المواد المزالة على هيئة قطرات سائلة, لكن عمق الثقب يبدأ بالنقصان عند زيادة كثافة القدرة عن مقدار معين , والسبب في ذلك هو ان كمية المواد المتبخرة سوف تكون كبيرة بحيث تعمل على حجب و امتصاص أشعة الليزر من الوصول الى المادة وبالتالي تقل الطاقة التي تصل الى المادة, ومن ثم النقصان في عمق الثقب (شكل 3).



شكل (3) تأثير كثافة القدرة على عمق الثقب.

3 - تأثير انفراجية أشعة الليزر على أبعاد الثقب:

يزداد عمق الثقب مع نقصان انفراجية أشعة الليزر(زيادة تركيز أشعة الليزر) ولكن على حساب نقصان قطر الثقب والسبب في ذلك يعود الى نقصان مساحة منطقة التبؤر مع نقصان انفراجية الأشعة[5] . وهذا ينتج عنه نقصان في قطر الثقب مع زيادة العمق لان كثافة قدرة الليزر تكون عالية في هذه الحالة (شكل 4).



شكل (4) تأثير انفراجية أشعة الليزر على أبعاد الثقب.

الاستنتاجات Conclusions

1- **في بعض الأحيان قد تعاق عملية التثقيب بالليزر عندما يحصل امتصاص لأشعة الليزر من قبل المادة المراد تثقيبها بسبب البلازما التي تحجب أشعة الليزر عن المعدن. بالإضافة الى نقصان مخروطية الثقب المشغل بأشعة الليزر مع زيادة طاقة الأشعة نتيجة الزيادة في معدل المواد المزالة من الجدران.**

2- **زيادة قطر الثقب المشغل بأشعة الليزر مع زيادة طاقة الأشعة نتيجة كبر قطر حزمة الليزر وبالتالي ارتفاع كمية الحرارة المتولدة وانتشارها بالاتجاه العرضي. كما و يزداد عمق الثقب المشغل بأشعة الليزر مع زيادة طاقة الأشعة بسبب الحرارة العالية نتيجة الطاقة الممتصة, مما يؤدي الى زيادة في كمية المواد المنصهرة و المزالة بفعل ضغط البخار المتولد.**

المصـادر:References

1- J. Fieret, “Aerodynamic interactions during laser cutting, Part II SPIE Conf. Vol. 3, P.34, 2010.
2- M.V. Allmen "Influence of (LSD) on Metal Drilling with pulsed Co_2 Laser”Part II, J.appl. Phys., Vol. 16, No. 4, 2009.
3- M. V. Allmen, “Absorption phenomena in Metal Drilling with Nd: Lasers” Part III, IEEE Journal Quant eect. Vol. 8, No.5 P.16, 2007.
4- E.G. Yosif, “Effects of Electrophonic Gases at Sub. Atmospiric pressure and Laser Induced plasma in Machining of Metals”, Ph. D. thesis Birmingham University P.15, 1980.
5- B.S.Yilbas, Part II, ”A study of Effecting parameters in the Drilling sheet Metals”, Journal Of Mechanical Working Technology, vol.2 , P.125, 2005.
6- J.Ready, “Material processing”, Proc. Of the IEEE, Vol.70 No.6, P.556, 1982.
7- C.M. Banes and Etal. “Macro processing”, proc. Of IEEE, Vol.5 No.3 p. 35, 2005.
8- SPIE Conf.,”Appl. Of High Power Laser”, Vol 527, P.18, (1985).
9-Mr. G. Herziger,” Fundamentals of laser processing of Materials”, SPIE, Vol. 28, P.46, , 1989.
10- Journal of soviet laser research (USA), Vol.6, No.5, P.87, October, 2003.