

## تأثير الليزر في مقاومة الكلال للفولاذ الكربوني

سمير خضر ياسين\*

استلام البحث 10، ايلول، 2009

قبول النشر 20، شباط، 2010

## الخلاصة:

لقد شاع استخدام أشعة الليزر في تحسين الخواص الميكانيكية للمعادن اذ يستخدم في القطع والتنقيب والتصليد واللحام وغيرها، إن استخدام أشعة الليزر له مزايا كثيرة من ناحية الدقة والسرعة في العمل ومعالجة المعادن موضعياً وفي الاماكن التي يصعب الوصول اليها بالطرائق التقليدية . في هذا البحث أجريت معاملة سطحية للفولاذ الكربوني المتوسط (C 0.4%) وهو من أنواع الفولاذ الشائع الاستخدام في الصناعة . استخدم ليزر النيديوم – ياك ( Neodymium – YAG Laser ) النبضي وبطول موجة مقداره 1.06 مايكرومتر و زمن نبضة مقداره 5 ملي ثانية ولمسافة 30 سنتيمتر مابين منطقة خروج أشعة الليزر من المنظومة والقطعة المراد معاملتها .

أجري فحص مقاومة الكلال للعينات التي تمت معالجتها بأشعة الليزر وفحص الصلادة المايكروية وكذلك أجري فحص البنية المجهرية باستخدام المجهر الضوئي و المجهر الإلكتروني الماسح للعينات المكسورة . بينت نتائج الفحوصات أن هنالك تحسناً في مقاومة الكلال بعد المعاملة بأشعة الليزر فضلاً عن تحسن الصلادة السطحية والتي تعاني انخفاضاً كلما اتجهنا نحو العمق و بينت نتائج الفحص المجهرية أن بداية الفشل هو من منطقة السطح للمعدن وأن هنالك أكثر من مستوي للكسر .

الكلمات المفتاحية: ليزر، كلال، فولاذ، النيديوم – ياك، صلادة مايكروية، بنية مجهرية، تحولات طورية.

## المقدمة :

هنالك عوامل ومتغيرات عديدة تؤثر في معاملة المعدن بأشعة الليزر مثال ذلك إنعكاسية المعدن (Reflectivity R) التي تأخذ قيمة من صفر الى واحد أي أن مقدار ما يمتص من طاقة الأشعة في المعدن تساوي (1-R) . و تعتمد الإنعكاسية على عوامل عدة منها الطول الموجي للشعاع المستخدم، درجة الصقل للمعدن ومقدار الأكاسيد على السطح .

ان مقدار الشعاع الممتص لأشعة الليزر يتبع قانون الإمتصاص الأسّي والذي يعطى بالصيغة الاتية [2]:

$$A=A_0 e^{-\mu d} \dots\dots\dots(2)$$

اذ  $A_0$  هي شدة الشعاع الساقط  
 $A$  شدة الشعاع النافذ الى عمق  $d$   
 $\mu$  معامل الإمتصاص

ان معالجة المعادن بأشعة الليزر يؤدي الى تغيير خواصها السطحية من خلال التحولات الطورية لها (Phase transformation) والمصحوبة بتغيرات في التراكيب المايكروية لها

أن معاملة المعادن بأشعة الليزر تعتمد على توليد الإنصهار السريع للمعدن في زمن قصير يقترب من زمن النبضة للأشعة المستخدمة . إن توليد الإنصهار السريع والتبريد السريع أيضاً يؤثر بصورة مباشرة في الصلادة السطحية للمعدن اذ يؤدي الى زيادة صلادة المعدن السطحية ومن ثم يؤثر في الخواص الميكانيكية له .

إن الإنتشار الحراري في السبائك غالباً هو اقل من الإنتشار الحراري في المعادن اذ ان قيمة معامل الإنتشار الحراري تحدد عمق المنطقة المتأثرة بالحرارة مما يكون له أهمية كبيرة في التطبيقات العلمية مثل التصليد والتنقيب واللحام وغيرها .

ان عمق الإنتشار الحراري في مدة زمنية قدرها  $t$  يعطى بالعلاقة الاتية [1]:

$$d=(4 kt)^{1/2} \dots\dots\dots(1)$$

اذ  $d$  هو عمق الإنتشار الحراري (Depth of penetration of the heat) و  $k$  هو معامل الإنتشار الحراري للمعدن (Thermal diffusivity)

المجهري بسبب تشوه المنطقة السطحية نتيجة معاملتها بأشعة الليزر وإنصهار السطح .

الشكل (2) يمثل منحنى الإجهاد - عدد الدورات للمعدن الأساس وللمعدن المعامل بأشعة الليزر اذ نلاحظ تحسناً واضحاً في مقاومة الكلال بعد المعاملة بالليزر وقد يكون السبب في ذلك ارتفاع متانة السطح بسبب زيادة الصلادة السطحية نتيجة المعاملة بالليزر التي تكون مهيمنة على تحسين خواص الكلال على الرغم من زيادة خشونة السطحية نتيجة معاملة السطح التي تؤثر سلبياً في مقاومة الكلال .

الشكل(3) يبين العلاقة ما بين الصلادة المايكروية والعمق اذ نلاحظ إنخفاض الصلادة كلما إتجهنا نحو العمق الى أن نصل الى الصلادة الحقيقية للمعدن غير المعامل والتي هي في المنطقة غير المتأثرة بالحرارة الناتجة عن أشعة الليزر كذلك نلاحظ انخفاضاً في قيم الصلادة في نهاية المنطقة المتأثرة بالحرارة باتجاه العمق وقد يفسر ذلك بان التأثير الحراري يكون قليلاً في هذه المنطقة مما يؤدي الى حدوث عملية تليدين للمعدن (Annealing) [7].

الشكل(4) يمثل صورة منطقة التصليد باتجاه العمق ويبدو واضحاً كبر حجم مؤشر جهاز فحص الصلادة المايكروية كلما إتجهنا نحو العمق دالاً على إنخفاض قيمة الصلادة للمعدن .

الشكل(5) يمثل طوبوغرافية كسر الكلال اذ نلاحظ بصورة واضحة بداية الفشل من السطح و الشكل(6) يبين صورة المقطع العرضي للعينة المكسورة المعاملة بالليزر اذ نلاحظ وجود أكثر من مستوي للكسر مما يدل على وجود أكثر من بداية لفشل الكلال (Fatigue crack Initiation) وقد يعزى ذلك الى زيادة الخشونة السطحية .

جدول (1). التركيب الكيميائي للمعدن المستخدم.

C	Si	Mn	Ph	S	Cr	Ni
0.34	0.1	0.8	0.02	0.35	0.08	0.1
	8					1
Mo	Cu	Al	V	Ti	Su	
0.02	0.1	0.3	0.00	0.00	0.00	
4	6	1	1	1	1	

(Micro structure) ومن ثم يغير خواصها الميكانيكية [3] [4] .

ان جميع المعادن التي تخضع للتحويلات الطورية من الممكن أن تتم معالجتها بأشعة الليزر ومن هذه المعادن الفولاذ الكاربوني الشائع الاستخدام الذي أختير العمل عليه في هذا البحث .

### المواد وطرائق العمل :

تمت تهيئة نماذج عديدة لعينات الكلال للفولاذ الكاربوني وبحسب الأبعاد القياسية لعينات ماكينة فحص الكلال التي تعمل على أساس الدوران وتسايط حمل إنحناء (Rotating bending Machine )

أجري أولاً الفحص الحاصل لإيجاد التركيب الكيميائي للمعدن الأساس وكذلك تم تصوير المعدن الأساس لإيجاد البنية المجهرية له . تم إجراء فحص العينات لإيجاد منحنى الأجهاد - عدد الدورات (S-N Curve) للعينات غير المعاملة بأشعة الليزر .

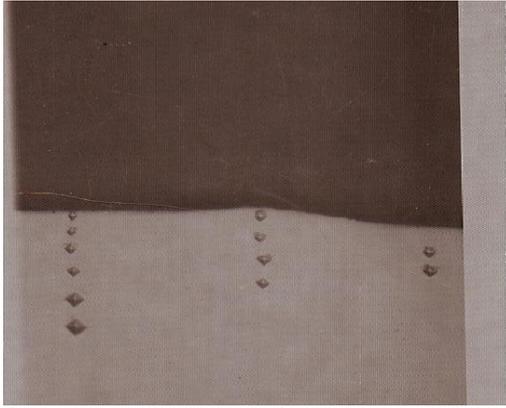
ثم بعد ذلك تمت معاملة العينات بأشعة الليزر بأختيار ظروف تشيع مناسبة من طاقة ومسافة قياسية عن عدسة المنظومة و بالأعتماد على عمل سابق للباحث [5] مما يعطي تصليداً قياسياً وبأقل قيمة للخشونة السطحية اذ أن من المعروف أن فشل الكلال هي ظاهرة سطحية وأن للخشونة السطحية تأثيراً سلبياً في مقاومة الكلال .

أجريت الإختبارات اللازمة لإيجاد منحنى الأجهاد - عدد الدورات للعينات المعاملة بأشعة الليزر وتمت مقارنته بالمنحنى الخاص بالعينات غير المعاملة ولمعرفة عمق تأثير الليزر في الفولاذ الكاربوني فقد أجري فحص الصلادة المايكروية للسطح وكذلك تم إجراء العمل السابق للعينات المكسورة ابتداء من السطح وباتجاه العمق لملاحظة عمق التصليد وذلك لإيجاد العلاقة ما بين العمق والصلادة تم تصوير العينات المكسورة باستخدام المجهر الإلكتروني الماسح

(Scanning Electron Microscope) وذلك لدراسة طوبوغرافية سطح الكسر ولمشاهدة المناطق المتأثرة بالليزر .

### النتائج والمناقشة:

الجدول (1) يبين التركيب الكيميائي للفولاذ الكاربوني المستخدم في البحث والشكل (1) يمثل التركيب المجهرى له والذي يبين إحتواءه على نسب فيرايت وبيرايت مقارب لما يحتويه الفولاذ القياسي [6] . بعد المعاملة بأشعة الليزر لم يتم التمكن من الحصول على صورة واضحة للتركيب



شكل (4): صورة تبين قياس عمق الصلادة



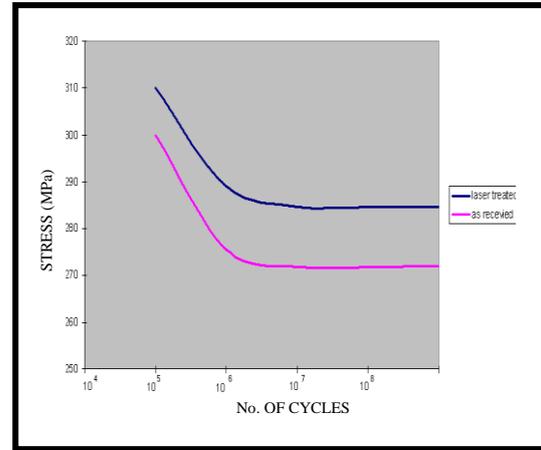
شكل (1): التركيب المجهرى للمعدن الأساس



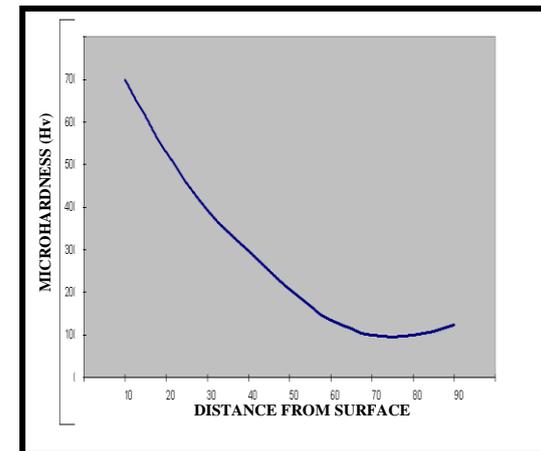
شكل (5): طوبوغرافية كسر الكلال



شكل (6): المقطع العرضي لكسر عينة الكلال المعاملة بأشعة الليزر



شكل (2): منحنى الإجهاد - عدد الدورات للعينات المعاملة وغير المعاملة بأشعة الليزر



شكل (3): العلاقة ما بين الصلادة المايكروية والعمق

## المصادر:

1. Ready F. J., 1982, "Material Proceeding -an over view". Proceeding of IEEE, 70(6):58.
2. Ashby M. F. and Easterling K. E., 1988, "The transformation hardening of steel surface by laser beams of Hypo-eutectoid steel", Acta metall. , 32 (2 ):102-106.

6. Tsay L. W., Lee W.C., Luu W. C. and Wu J. K., 2002, "Effect of hydrogen environment on the notched tensile properties of T-250 maraging steel annealed by laser treatment", *Corrosion Science*, 44(6):1311-1327.
7. Yue T. M., Yu J. K. and Man H. C., 2001, "The effect of excimer laser surface treatment on pitting corrosion resistance of 316LS stainless steel", *Surface and Coatings Technology*, 137(1): 65-71.
3. Hick A. J., 1987, "Rapid surface heat treatment A review of laser and electron beam hardening ". *Heat treatment of metals*, Vol.1, no.1, pp:123-129.
4. Kusinski J., 1988, "Laser melting of high speed tool steel ". *Metallurgical transactions*, 10A( 2):171.
5. Al-ani S. K. , 2000, "Effect of laser beam energy on the hardness of carbon steel", *AL-nahrain university magazine, Iraq*, 4(1):60-64.

## **Laser Effect on Fatigue Resistance of Carbon Steel**

*Samir Khudhir Al-ani\**

\*Science Department – College of Education for Women-Baghdad University

### **Abstract:**

Laser beam has been widely used to improve the mechanical properties of the metals. It used for cutting, drilling, hardening, welding.....etc. The use of Laser beam has many features in accuracy and speeding in work, also in the treatment of metals locally, and in the places that is hard to reach by traditional ways.

In this research a surface treatment was done to medium carbon steel (0.4%C) which is common kind of steel that is used in industry. Pulsing Neodymium -YAG Laser has been used and 1.06 micrometer wave length and 5 msec and the distance is about 30 centimeter between the exit area of the Laser beam from the system and the piece that treated .

We are going to check the fatigue resistance for samples that is treated by Laser beam and Scanning Electron Microscope (SEM) and also we made check for the microstructure by using the light microscope and the SEM for the breaking samples.

The results of checking showed that there is an improvement in the fatigue resistance after the treatment by the Laser beam. The results of microscope checking showed that the beginning of the failure is from the surface area and there is more than one level of the break.