مجلة القادسيه للعلوم الهندسيه، المجلد الخامس، العدد الرابع، 106-114 لسنة 2012

دراسة تأثير التآكل على مقاومة التعب للفولاذ ألسبائكي (CK45) المستخدم في صناعة المحور القلاب بعد قذفه بالكرات المعدنية

د. عبد الحسين حريجة رفيش (مدرس)
هيئة التعليم التقني/معهد التكنولوجيا / بغداد

الموجز

تم في هذه الدراسة ، تخمين مقاومة التعب للفولاذ السبائكي (CK45) ولعدة حالات وهي :
العينات كما مستلمه بعد قذفها بالكرات المعدنية وهي بعد غمرها بمحلول (36%Mgcl 2) لمدة 30 يوم وقذفها بالكرات المعدنية بعد عملية الغمر. إن جميع الإختبارات أجريت بواسطة فحوصات الإنحناء الدوراني تحت إجهاد ثابت السعة ونسبة إجهاد (R=−1) ، وفي درجة حرارة الغرفة , وبعد اجراء التجارب تم الحصول على الاستنتاجات التالية:
ان مقاومة التعب ازدادت بنسبة(11%) مع عملية القذف بالكرات المعدنية ومقاومة التعب انخفضت بنسبة(18%) بعد غمره بالمحلول الملحي و مقاومة التعب ازدادت بنسبة(14%) مع القذف بالكرات المعدنية للعينات بعد غمرها بالمحلول الملحي.

Study the effect of corrosion on fatigue strength of alloy steel (CK45) using in crank shaft under shot peening processes

Dr.Abdulhussain H.rafesh
Lecturer
Institute of technology –Baghdad

ABSTRACT

In this study fulfilled, prediction of fatigue life for alloy steel (CK45) at the several cases:
As received after shot peening after immersed in 36% $Mgcl_2$, 30 day shot peening for specimens after corrosion.
All tests carried out under constant amplitude load, rotating bending at stress ratio (R = -1) and room temperature.
The following conclusions are obtained:
The fatigue strength increased 11% with shot penning process The fatigue strength decreased 18% after corrosion in corrosive medium The fatigue strength increased 14% with shot penning process after immersed in corrosive medium.

المقدمه

توجد العديد من الطرق لتصليد الأسطح أهمها الكربنة carburizing والنتردة Nitriding والقذف بالكرات المعدنية والتي تعتمد على العديد من المتغيرات كسرعة القذف والزمن المستغرق لعملية التصليد وأبعاد الكرات المستخدمة في عملية التصليد وشكلها. إن جميع الطرق أعلاه تؤدي الى زيادة صلادة السطح من خلال توليد إجهادات ضغطية متبقية (compressive residual stresses) ويلعب السطح دوراً مهماً في عمر الأجزاء المعدنية وخاصة عمر التعب، والذي يتعلق بتولد الشقوق على السطح ونموها ، لذلك تلعب عملية تصليد السطح دوراً فعالاً في إعاقة تولد الشقوق ونموها مما يؤدي إلى زيادة عمرها. وهذا ما تتطلبه العديد من السبائك التي تتعرض إلى عمليات اهتزاز وقوى أيروديناميكية بشكل مستمر وخصوصا في المركبات وتعتبر الاجزاء المهتزة في المركبات ومنها المحور القلاب وكراسي التحميل عرضة لمثل هذة الشقوق ، وان اختيار الفولاذ السبائكي (CK45) وفي هذا البحث الذي يدخل في صناعة هذة الاجزاء تم لغرض الحصول على تركيبة مثالية للتقليل من اثر تعرض هذة الاجزاء للتشققات . إن وجود وسط مساعد على التآكل يؤدي إلى التعجيل في عملية نشوء الشق وتقدمه ، ويلاحظ أن مقاومة المعدن للتعب في الوسط المساعد على التآكل هي أقل مما عليه في الوسط الغير مساعد على التآكل وذلك من حيث أن عدد الدورات اللازمة لحصول الكسر في الوسط المساعد على التآكل يكون أقل من عدد الدورات اللازمة لحصول الكسر في الوسط الأخر وذلك عند تسليط نفس قيمة الجهد على المعدن في كلا الوسطين.[1]،[2] يهدف البحث ورفع كفاءة المعدن الذي اختير للدراسة باعتباره من المعادن الشائعة الاستخدام في الأجزاء الهندسية وتحسين خواصه من خلال زيادة الصلادة السطحية والاحتفاظ بقلبٍ متين لتحمل الصدمات ، وتم اختيار طريقة القذف بالكرات المعدنية كإحدى طرق التصليد السطحي للحصول على خواص أفضل للمعدن وتعد هذه الطريقة من الطرق الشائعة وذلك لتوفر متطلباتها وكفاءتها.[3] إن طريقة القذف بالكرات استخدمت لمعالجة الضرر الذي يسببه التآكل عند تعرض المعدن إلى أوساط أكالة قاسية ، حيث يؤدي القذف بالكرات إلى غلق النقر وبعض الشقوق القصيرة [4] ويعيق تقدمها مما يؤدي إلى تحسين الخواص السطحية للمعدن وخاصة مقاومة التعب.

1 . الجانب العملي

1 –1 : المعدن المستخدم

إن السبيكة المستخدمة في هذه الدراسة هي فولاذ سبائكي (CK45) وكانت السبيكة على شكل قضبان بأطوال وأقطار مختلفة ، تم تشغيلها على مخرطة مبرمجة (CNC) بهدف الحصول على دقة

عالية، وبعد ذلك تم تنعيم سطوح العينات للتخلص من مناطق تركيز الاجهادات ويبين **الشكل– 1** الأبعاد القياسية للعينة المستخدمة في فحوصات الانحناء الدوراني. ويبين الجدول 1 التركيب الكيمياوي للعينات المستخدمه. أما الخواص الميكانيكية للسبيكة موضحة في **الجدول 2**

1 – 2 الاجهزة المستخدمة

1 – 2 –1 جهاز اختبار التعب

تم استخدام جهاز اختبار التعب من نوع (Avery 7305) والذي يسلط إجهادات من نوع الانحناء الدوراني (Rotary bending) وهي عبارة عن إجهادات شد وضغط وغالباً ما تكون قريبة من الواقع العملي. جميع الاختبارات أجريت عند نسبة إجهاد (R=–1).

1 – 2 – 2 جهاز القذف بالكرات

تم استخدام جهاز القذف نوع:.

(Shot Tumblast control panel model STB-OB),

وفق المواصفات التالية :

1 – نوع معدن الكرات cast steel

2 – قطر الكرات mm(6)

3 – صلادة الكرات HRC50

4 – الضغط المستخدم 12bar

5 – سرعة قذف الكرات 40 m/s

6 – المسافة بين خروج الكرات من الجهاز الى العينة 10mm.

القذف تم إنجازه بعد ربط العينة على مخرطة وهي تدور بسرعة (20 r.p.m) وتم ضرب العينات بالكرات لضمان تصليد كامل السطح. إن زمن التصليد لجميع العينات كان مقداره (6 min) لان أي زيادة للوقت أكثر من ذلك وكما أشارت إليه العديد من البحوث (7,6,5) يعطي نتائج عكسية حيث تبدأ الشقوق بالظهور مما يؤدي إلى نقصان عمر العينات

1 – 2 – 3 المجهر الالكتروني الماسح (Scanning electron microscope) من نوع (50A–JEOL type JXA) لغرض تصوير العينات.

1 – 3 أوساط الاختبار

تم اختيار وسط تاكل قياسي متعارف عليه لاختبار مقاومة التعب وهو كلوريد المغنيسيوم بتركيز (Mgcl2 36%) ، والمشار إليه في المواصفات القياسية الامريكية (ASTM) . وقد تم تحضير محلول الاختبار هذا بإذابة (360) غم من كلوريد المغنيسيوم عالي النقاوة لكل لتر ماء مقطر.

1 – 4 ميزان الكتروني ذو دقة عالية

1 – 5 مجاميع الاختبار

تم تصنيف مجاميع الاختبار إلى أربعة مجموعات حسب نوع الاختبار المستخدم وحسب الجدول 3.

2 : النتائج والمناقشة

2–1 . منحني الاجهاد – عدد الدورات.

لغرض رسم منحني الاجهاد – عدد الدورات(S–N curve) لسبيكة الفولاذ (CK45) وكما موضح في الشكل–2، أجري اختبار التعب على ثمانية مجاميع من العينات تتكون كل مجموعة من ثلاثة عينات وذلك بتسليط قيمة ثابتة للإجهاد للمجموعة الواحدة وحسبت قيمة عدد دورات الفشل لكل عينة ، وذلك لإعطاء دقة أكبر للنتائج المستحصلة وللتخلص من التصرف العشوائي لعينات التعب. تم إعادة نفس الاختبارات أعلاه ولنفس عدد العينات مع قذفها بالكرات المعدنية. ثم أجريت نفس الاختبارات بعد غمر العينات بالمحلول الملحي. بعد ذلك تم قذف العينات المتآكلة بالكرات المعدنية وأجريت عليها الاختبارات ، وكانت النتائج كما يلي :.

وقد تم التوصل لمعادلات منحني العمر للنتائج في شكل–2 باستخدام طريقة أفضل منحني يمر بمعظم النقاط (Best curve fitting) وكانت كما في **جدول 4.**

يلاحظ من خلال الشكل 2 والجدول 4 أعلاه ازدياد حد التعب ومقاومة التعب للسبيكة مع عملية القذف بالكرات المعدنية مقارنة بالاختبار الذي أجري بدون عملية القذف ، قيمة الزيادة هذه جاءت بسبب تعرض العينة إلى عملية تصليد سطحي ، إن التصليد الذي يحدث للسطح يؤدي إلى إعاقة نشوء الشقوق وحتى في حالة نشوء مثل تلك الشقوق فأنه يعيق تقدمها. إن الزيادة في حد التعب مع عملية القذف كانت بحدود (11%).

يلاحظ من الاختبار في المحلول الملحي (36%Mgcl2) بأنه يؤدي إلى انخفاض حد التعب للسبيكة مقارنة بالاختبار الذي أجري تحت ظروف جافة ، قيمة الانخفاض هذا سببها غمر هذه العينات في المحلول الملحي والذي سبب تأثيرا أكالا على العينات ، إن هذا التأثير ساعد على حدوث التنقير على السطح وبالتالي نشوء الشقوق بشكل أسرع بسبب التأثير المركب للإجهاد والتآكل. إن التأثير المستمر

لهذا الوسط يحدث المزيد من النقر (pits) وبالتالي نشوء العديد من الشقوق ومن ثم يزداد تقدم هذه الشقوق بشكل أسرع . إن الانخفاض بقيمة حد التعب بلغت حوالي (18%) .

إن القذف بالكرات المعدنية للعينات المتآكلة أدى إلى إنهاء وغلق النقر التي سببها المحلول الملحي وخلق إجهادات ضغطية على السطح تعيق تقدم الشقوق ،

إن الزيادة بالخواص لم تعيد العينات الى حالتها الأصلية بسبب التأثير الأكال للمحلول الملحي والذي ينفذ إلى مسافات داخل السطح لا يستطيع عمق القذف من الوصول إليها. وكانت قيمة الزيادة بحد التعب (14%) .

2-2 . معدل التآكل Corrosion rate.

كانت معدلات التآكل للعينات المختبرة كما في **جدول 5:**

ويلاحظ انخفاض معدل التآكل مع القذف بالكرات المعدنية ، بينما أزداد هذا المعدل عند الغمر بالمحلول الملحي ، وأنخفض مرة أخرى عند قذف العينات المتآكلة بالكرات المعدنية. وهذا ما جاء متوافقا مع نتائج اختبارات الكلل والموضحة سابقاً.

2-3 . مقطع الكسر Fracture surfaces.

مقاطع الكسر الموضحة في **شكل 3** تبين فرق واضح في طبيعة نمو الشقوق للحالات الاربعة المختبرة ، وهي تعتمد على حالة السطح فيما اذا كان تحت اي تاثيرات خارجية كالقذف والتاكل.

الاستنتاجات

1- زيادة نسبة مقاومة التعب بعد عمليه القذف بالكرات المعدنيه للصلب CK45 بنسبة11%.

2- تنخفض نسبة مقاومة التعب بعد الغمر بالمحلول الملحي بمقدار18%.

3- زيادة نسبة مقاومة التعب للصلب CK45 بعد غمرها بالمحلول الملحي وقذفها بالكرات المعدنيه بنسبة 14%.

المصادر

1- Jaske .C ,Broek "Corrosion fatigue of cathodically protected welded carbon steel in cold sea water" , Final report to American petroleum institute , Committee on off shore safety and antipollution research , Dallas , Feb. 11 , 1977.

2- Dugdale , D. S ,Corrosion fatigue of sharply notched steel specimens" , Metallurgica ,pp, 27-28 , Jan , 1972.

3- F .Abadie , L .Barrlier "Ceramic shot enhancement of high strength steel endurance application to springs and gears", Icspa shot peening , 2005.

4- Ahmed ali hussain "Corrosion – fatigue under combined loading and different conditions" , p.H.D thesis , , university of technology , Baghdad 1997.

5- "Optimization of the shot peening process in terms of fatigue resistance" S .Romero, E .Rios, presented at seventh international conference on shot peening , ICSP-7 warsaw, Poland, 1999.

6- "Effect of shot peening on the fatigue strength of spring steel after exposure to corrosion" Aleksander, Grzegorz, waraw, Poland, 2005.

7- "Shot peening as an alternative to fatigue life improvement of ck45 steel coated with an electro less Ni-Cu-P" T .Saeid , S .yazdani , International journal of ISSI, vol2 , 2005.

جدول 1 التركيب الكيميائي للسبيكة المستخدمة %

العنصر	C	Si	Mn	P	S	Fe
القياسي	0.42– 0.5	≤ 0.35	≤ 0.8	0.035	0.02– 0.035	Rem
المختبري	0.43	0.33	0.81	0.036	0.029	Rem

جدول 2 الخواص الميكانيكية للسبيكة المستخدمة

σ_{yield} (Mpa)	$\sigma_{ultimate}$ (Mpa)	□	Hardness (HB)
421	765	15	210

جدول 3 تصنيف عينات الاختبار

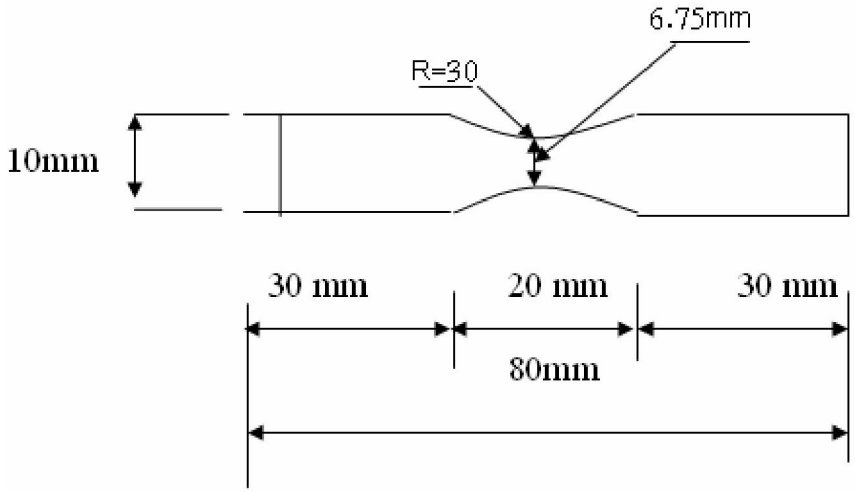
المجموعة	العدد	نوع الاختبار
A	8	جاف + دون قذف
B	8	جاف + مع القذف
C	8	تاكل + دون قذف
D	8	تاكل + مع القذف

جدول 4 يبين معادلات وحد التعب لكافة الاختبارات

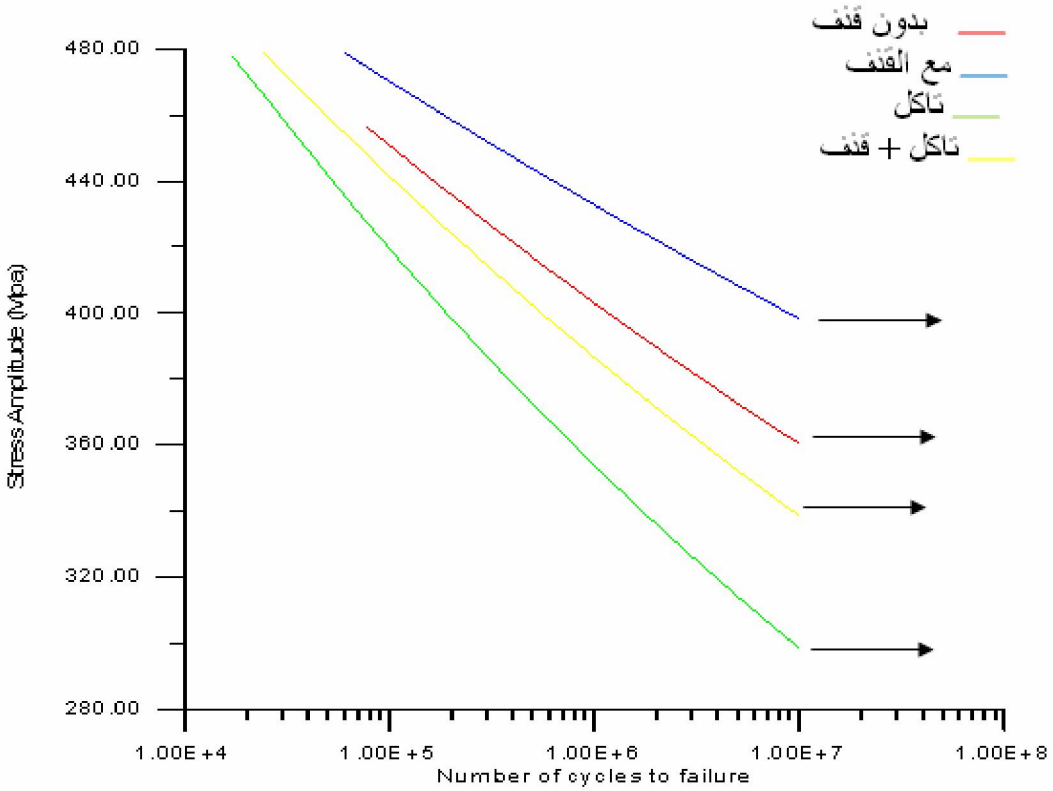
نوع الاختبار	حد التعب (Mpa)	معادلة التعب
بدون قذف	360	$\sigma_f = 788N_f^{-0.0487}$
مع القذف	397	$\sigma_f = 720N_f^{-0.0037}$
تأكل	295	$\sigma_f = 1009N_f^{-0.0763}$
تأكل + قذف	337	$\sigma_f = 867N_f^{-0.0586}$

جدول 5 معدلات التاكل للعينات

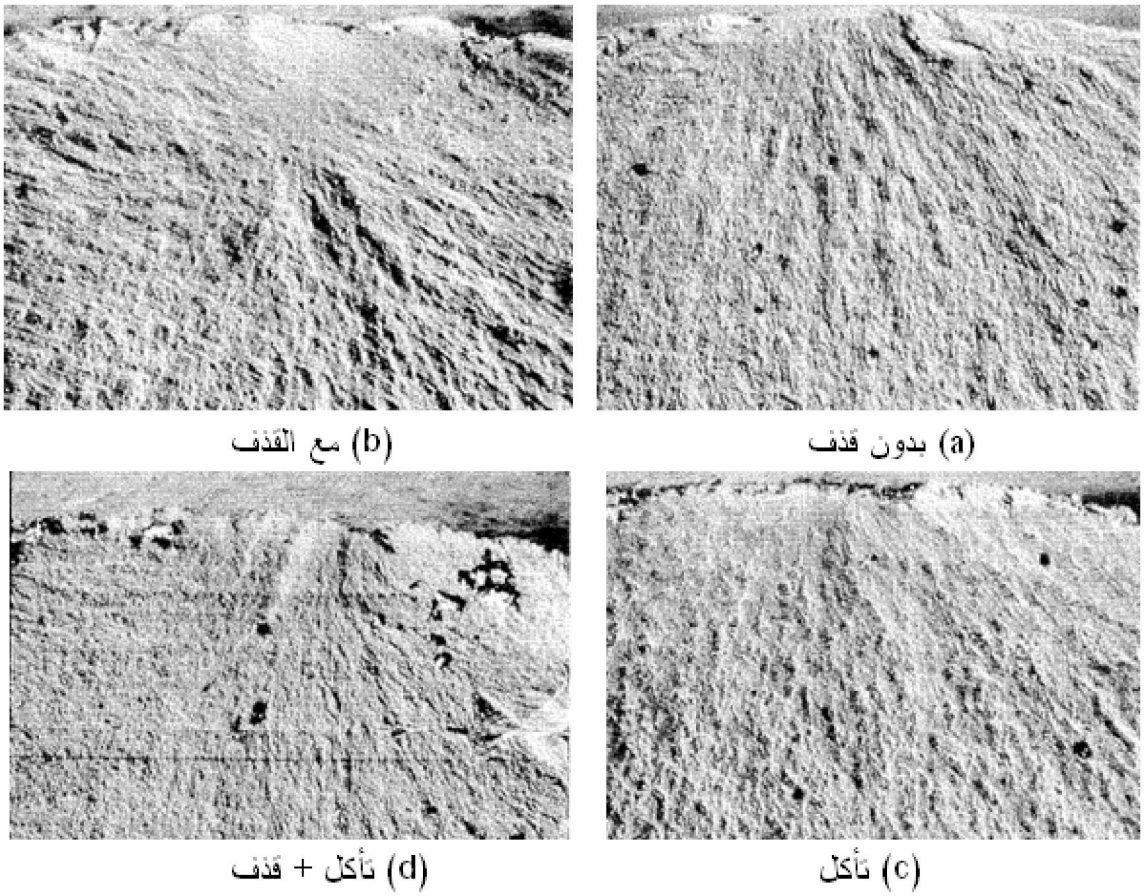
نوع الاختبار	بدون قذف	مع القذف	تأكل	تاكل + قذف
معدل التاكل $mg/cm^2\ h$	0.0549	0.0375	0.0823	0.0658



الشكل 1 ابعاد العينة المستخدمة



شكل 2 منحني الإجهاد – عدد الدورات للعينات المختبرة



شكل 3 شقوق التعب لجميع الحالات (500X)