دراسة نظرية لنمو شقوق الكلل لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ باستخدام معادلة باريس المعمم

هبة نوري كاظم ، فاروق إبراهيم حسين ، محمد احمد صالح*
قسم الفيزياء ، كلية التربية – ابن الهيثم ، جامعة بغداد
***وزارة العلوم والتكنولوجيا**

استلم البحث 18 نيسان 2010
قبل البحث 30 حزيران 2010

الخلاصة

أجري في هذا البحث دراسة نظرية لنمو شقوق الكلل ومدى عامل شدة الإجهاد للمركب Ti_3SiC_2. تمت هذه الدراسة باستخدام قانون باريس المعمم. وتحقيق نظريته التي تربط بين بارامترات باريس C، وn التجريبية. اذا استعمل قانون باريس البسيط وبمساعدته استخرجنا قيم C، وn العملية ومقارنتها مع القيم النظرية التي تم التوصل إليها بقانون باريس المعمم. استخرجت قيم da/dN، وΔK وذلك باستخدام البرنامج (Get data) لكل مادة ولكل أنموذج ومقارنته بالبيانات التي تم التوصل اليها، تم بناء برنامج حاسوب مكتوب (بلغة الفورتران) الذي يحقق قانون باريس المعمم ، الذي تم العمل به طوال البحث. وحسبت قيم n، وC النظرية أيضا. ومن ثم رسم البيانات النظرية والعملية بوساطة برنامج (Graf). والوصول إلى الأشكال المذكورة في البحث .

الكـلل

هو حالة الفشل أو الانهيار الذي يحدث في تركيب المواد نتيجة لتعرضها إلى تحميل أي حمل متكرر (Cyclic load) (قوة خارجية دورية) فقد يحدث الانهيار التام على الرغم من عدم وجود ضرر واضح خلال الجزء الأعظم من دورات التحميل التي لو سلطت هذه الأحمال سكونيا (Statically) لما أدت إلى انهيار المعدن إي وجوب كون الإجهاد أو التحميل الذي ينهار عنده اقل من الإجهاد اللازم لكسر العينة تحت تأثير حمل ثابت .[1]

نمو شقوق الكلل

يوصف نمو شقوق الكلل (Fatigue) بالاختلاف في معامل شدة الإجهاد ($\Delta K= K_{max}- K_{min}$) ، وتمثل بيانيا برسم بياني لوغارتيمي –لوغارتيمي لمعدل نمو الشقوق (da/dN) إزاء (ΔK) وكما مبين في الشكل (1) شكل أنموذجي للمناطق الثلاث ،اذ تؤخذ هذه المناطق لمنحني FCG بنظر الاعتبار لتطوير أنماذج تحليلية لتمثيل بيانات تجريبية ، وبالأرقام الرومانية (Near– Threshod).[2]

• **المنطقة الأولى (Region I)**: تمثل منطقة (قرب العتبة) أو (قرب البداية) التي يحصل فيها نمو بطيء جداً للشقوق ولا يحصل فيها نمو تحت قيمة العتبة للقوة الدافعة (المسببة للشقوق) التي يرمز لها بالرمز (ΔK_{th}).

• **المنطقة الثانية (Region II)**: المنطقة الخطية ذو الحالة الثابتة لمنحني نمو الشقوق.

• **المنطقة الثالثة (Region III)**: في جزء معدل النمو الأعلى للمنحني يحصل نمو سريع وغير مستقر لكشف عندما يحصل الاقتراب من الكسر النهائي عندما K_{max} تساوي K_e ، مايمثل مساواة الكسر للمادة.

ومع مرور السنين طوّر عدد من المعادلات لتمثل جميع اوجزء من المدى الانموذجي لبيانات FCG ، وكان ابسطها معادلة باريس التي وردت عام 1963 لتعطي المنطقة الخطية من المنحني.

$$da/dN = C(\Delta K)^n \quad \ldots\ldots(1)$$

اذ ان :

n, C: ثوابت تجريبية constants .

ΔK : معامل شدة الإجهاد stress intensity factor .da/dN(Mpa*m ½): معدل نمو الشقوق Crack growth rate. (m/cycle)

الحسابات والنتائج

تم استعمال الحديد المزدوج المقاوم للصدأ المحتوي على 30% (ferrite) لتصنيع أنابيب في محطات للطاقة النووية . اذ لدّن الحديد Steel 1 (10) ساعات وبدرجة حرارة 1100c° ويبرّد بشكل مفاجئ (Quenched) بوساطة الماء ، وخمرّ (aged) أو ترك بدرجة حرارة 400c° مدة 2400 ساعة [منشأ اجنبي] . واستعملت عينات ضغط الشد (CT) أيضا" لاختبارات انتشار الشقوق . وان أكثر النماذج (Specimens.ER) قطعت حيث انتشار الشقوق في المنطقة متساوية المحور حسب الاتجاه القطري (R). والعينات الأخرى قطعت حيث انتشار الشقوق على طول اتجاهات موازية (عينات BR) وعمودية (عينات BT) ، وأنجزت جميع اختبارات انتشار الشقوق في درجة حرارة الغرفة وبنسبة حمل ثابتة [3] . حيث يتم أولا تقدير قيم كل من C, و n من معادلة باريس البسيطة ،ومن ثم حسابها من قانون باريس

المعمم ، اذا استعملت المعادلات الآتية لاستخراج قيم Cو n العملية والنظرية : -

$$Log\frac{da}{dN} = Log\left[C(\Delta K)^n\right]\cdots\cdots(2)$$

$$Log\frac{da}{dN} = LogC + nLog(\Delta K)\cdots\cdots(3)$$

$$n = \frac{dLog\, da/dN}{dLog(\Delta K)}\cdots\cdots(4)$$

كيفية الحصول على بيانات da/dN وΔK العملية كماياتي :-

1. المصادر التي استعملت في هذا البحث مستعملة قانون باريس البسيط المشار اليه بالمعادلة (1)، اذ بمساعدة البرنامج الحاسوبي (Get data) استخرجت بيانات da/dN وΔK من الأشكال البيانية في المصادر المذكورة .
2. المصادر المشار أليها لاتحتوي قيم n و C العملية إذ حسبت باستخدام المعادلات

(2) و(3) والتي تعد من وجهة نظر قانون باريس البسيط أنها مفصولة بعضها عن بعض وذلك للاستفادة منها عند حساب n و C النظرية من قانون باريس المعمم الذي يعتبرها مرتبطة مع بعضها البعض وهذا الذي يهدف أليه البحث لغرض المقارنة.

3. كتب البرنامج بلغة الفورترإن لحساب معادلة باريس المعممة واستخراج معاملات باريس الجديدة من البرنامج والمتمثلة C و n خلال الحصول على قيم جديدة لـda/dN و ΔK واثبات إن هذه المعاملات مرتبطة ببعضها وهذا ماتشير إليه معادلة باريس المعممة كما موضحة في المعادلة (5).

4. رسمت البيانات العملية المستخرجة من (Get data) والبيانات النظرية المحسوبة بوساطة برنامج الفورترإن بشكل بياني بمساعدة البرنامج (Graf) ومنه يمكن ملاحظة الفرق بين القانونين، وفيما يلي جدول يوضح قيم معاملات باريس النظرية والعملية .

$$\frac{da}{dN} = C\left[\Delta K\sqrt{\pi\left(a+\left\{\frac{\Delta K^{k-n}}{C\overline{C}\pi^{n/2}(n/2-1)}\right\}^{1/n/2-1}\right)}\right]^{n} \quad \cdots\cdots(5)$$

المناقشة

بصورة عامة من البيانات التي تم الحصول عليها من الأدبيات ومن الحسابات التي توصلنا إليها تم إنشيء منحنى (S–N) ، اذ يمثل محور (y–axis) معدل نمو الشقوق والمتمثل بـ da/dN ، ومحور (x–axis) فيمثل شدة الإجهاد المتمثل بـ ΔK وللمواد المختارة كافة . ومن خلال معرفتنا إلى صفات الفولاذ المقاوم للصدأ ، يحتوي في تركيبه على الكاربون والـ (Ferrite) ومن ملاحظة النتائج التي توصلنا إليها لوحظ أن نسبة نمو الشقوق تزداد مع إضافة المواد الأخرى التي تعد شوائبا" على المادة الأصلية ، ومع مقدار قيمة (Ferrite) اذ كلما زادت ازدادت نسبة نمو الشقوق .

الاستنتاجات

1- وجد أن الثوابت التجريبية لباريس C و n ترتبط بعضها مع بعض حيث كلما زادت C ازدادت n وبالعكس.

2- ان الزيادة في نسبة الإجهاد تؤدي إلى زيادة في معدلات نمو الشقوق وكذلك زيادة في عامل شدة الإجهاد .

3- يمكن أن يكون للتركيب تأثير قوي على نسبة نمو الشقوق بالكلل، اذ تزداد عند إضافة المواد الأخرى مثل الكاربون نفسها وتزداد نفسها كلما ازدادت نسبة المادة المضافة .

4- تنتشر الشقوق بالسرعة نفسها في أية وحدة من الحبيبات متساوية المحور أو في مستوى موازيا للحبيبات العمودية .

المصادر

1-ASTM , (1985), Annual Books of ASTM Standards Die-Cast Metals ; Aluminum and Magnesuim Alloys (nonferrous metal products) section 2, 0202,291.

2- Brown E.N. , White S.R. and Sottos N.R. (2006) Fatigue Crack Propagation in Microcapsule-Toughened Epoxy, J. Mater , Sc.,41:6266- 6273.

3- Calonne, V.;Gourgues, A.F.and Pineau, A.F.(2004),Fatigue Crack Propagation in Cast Microstructural Effects " Fatigue Fract Engng Duplex Stainless Steels: Thermal ageing and Mater Struct 27,31-43 © Black well pubtishing Ltd .
4- Camarilla, M . and Pugno, N. (2005), Generalized Paris law for fatigue crack growth " XXXIV Convegno Nazionale Alas-Milano , 14-17 Settembre.
5-Hellan Kare(1985) ,Introduction to Fracture Mechanics " Mc Graw-Hill Co., Singapora.

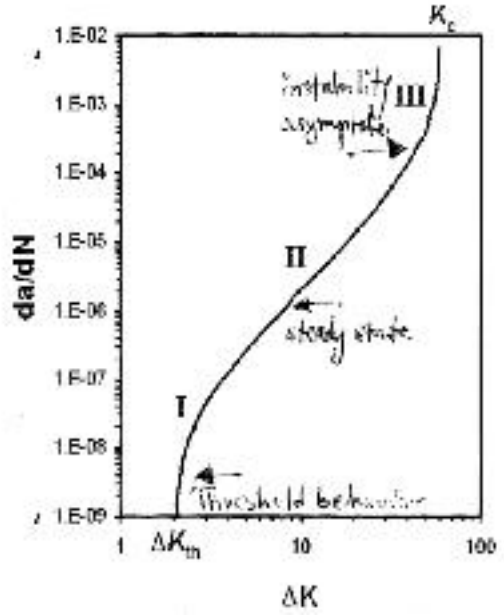
الجدول(1): يوضح قيم n و C للفولاذ المقاوم للصدأ

Experimental			Theoretical	
n	C	Specimens	n	C
2.489	5.101E-011	ER	3.190579	5.10138E-011
2.985	5.701E-012	BT	3.15627	5.28358E-012
3.011	5.012E-012	BR	2.71277	4.88064E-012

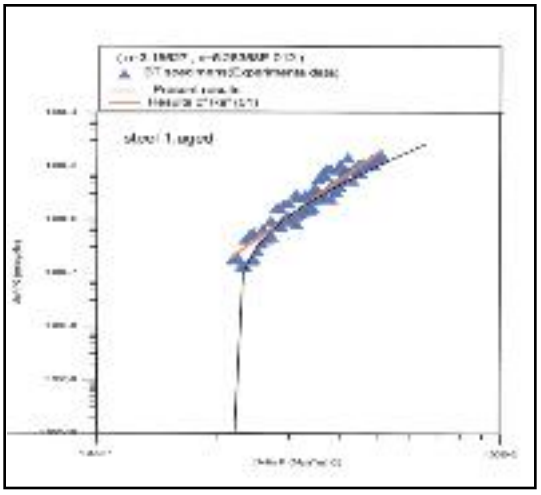
حيث ان :-

a : طول الشق

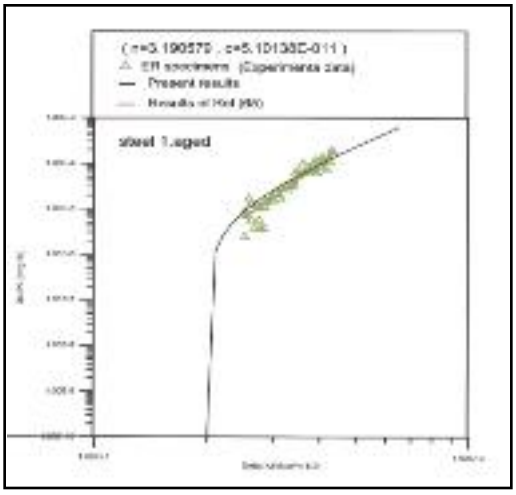
K : عامل شدة الاجهاد



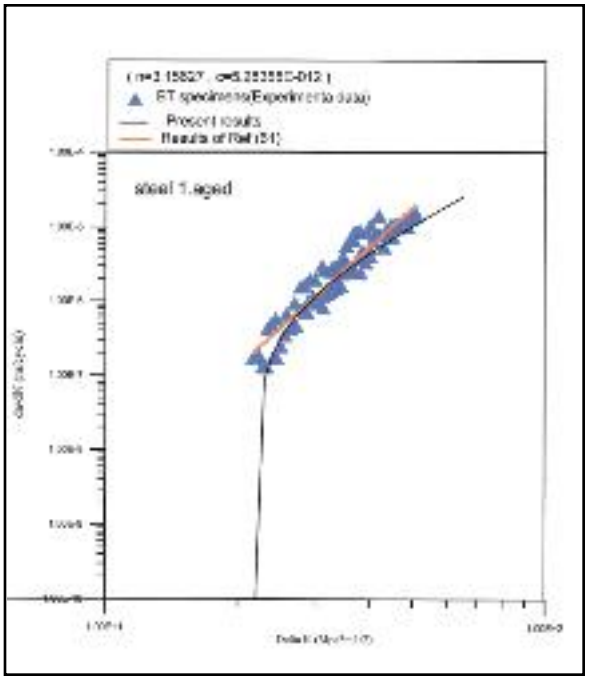
شكل (1): منحني أنموذجي لنمو شقوق الكلل يبين المناطق الثلاث (I= العتبة)،(II: المنطقة الخطية)، (III: منطقة عدم الاستقرار).[2]



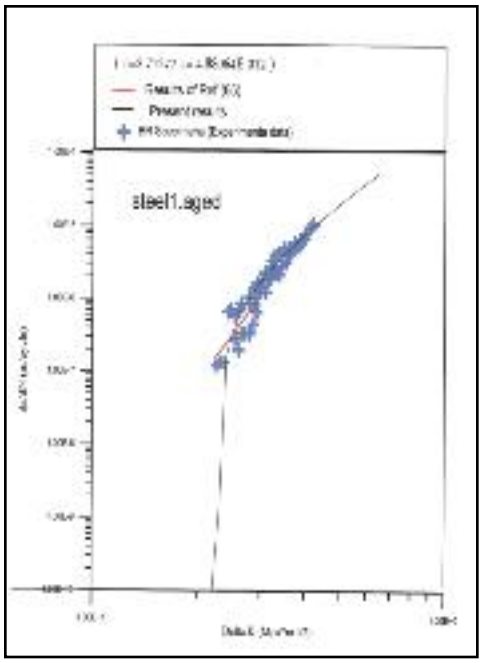
شكل (2): يوضح ثلاث مناطق مختلفة للفولاذ المقاوم للصدأ .[3]



شكل (3): يوضح سلوك الفولاذ في المنطقة ER حسب قانون باريس المعمم



شكل (4): يوضح سلوك الفولاذ في المنطقة (BT) حسب قانون باريس المعمم



شكل (5): يوضح مدى سلوك الفولاذ في المنطقة (BR) حسب قانون باريس المعمم

Theoretical Study to Fatigue Crack Growth to Duplex Steel Alloy byGeneralized Paris Equation

H. N. Khadum , F. I. Hussain , M. A. Salih*
Department of Physics, College of Education Ibn Al-Haitham, University of Baghdad
***Ministry of Science and Technology**

Received in April 18 , 2010
Accepted in June 30, 2010

Abstract

A theoretical study was done in this work for Fatigue , Fatigue Crack Growth (FCG) and stress factor intensity range for steel .

It also includes Generalized Paris Equation and the fulfillment of his equation which promises that there is a relation between parameters C and n .

Usig Simple Paris Equation through which we concluded the practical values of C and n and compared them with the theoretical values which have been concluded by Generalized Paris Equation .

The value of da/dN and ΔK for every material and sample were concluded and compared with the data which was used in the computer program for the whole of our research .

The program is written in Fortran . The theoretical and practical data was drawn with (Graf) program so as to conclude the data mentioned in the research .