Study the Effect of Vibration Speed on Corrosion Rate of Tow Steel Alloys X20 and X60

Mohammed Abdulateef Ahmed
Production and Metallurgy Engineering Department, University of Technology/ Baghdad
Email: metal _metal48@yahoo.com
Oday shaker
Machines & Equipments Engineering Department, University of Technology/ Baghdad

Received on: 26/ 7/2011 & Accepted on: 1 /12/2011

ABSTRACT

A study was conducted to demonstrate the effect of mechanical vibrations on the corrosion of steel pipelines for oil (x60, x20) in the corrosive medium is sea water by using the traditional method of weight loss, where the test samples are cut cubic forms and dimensions (10x10x10 mm^3). And offered samples to the corrosive solution (sodium chloride 3.5% NaCl) and called the term (sea water) in chemical engineering and corrosion engineering fields. This medium would be static with frequency (0 Hz), and vibrated with a five frequencies (5, 10, 15, 20& 25 Hz) and the amplitude within the range of (0.0013-0.00088m) to be the speed of vibration within the (0.00475-0.022), and for a test time (2hr.). These laboratory vibrations were obtained from the design and manufacture of corrosion presence vibration instrument according to U.S. global standard (ASTM G32). It was found that the speed of vibration increase the corrosion rate of these alloys of (0.00073 gmd) at the speed (0) to (0.00287 gmd) at the speed (0.022) for alloy X20, and (0.00195 gmd) at the speed (0) to (0.00402 gmd) at the speed (0.022) for alloy X60. That is, the highest value for the rate of corrosion is to alloy X60 at the speed of vibration (0.022), followed by corrosion rate of alloy X20 at the same speed. When the speed of vibration was (0), the corrosion rate of alloy X60 is also more of the corrosion rate of alloy X20.

دراسة تاثير سرعة الاهتزاز على معدل تاكل سبيكتي فولاذ X20 و X60

الخلاصة

أجريت دراسة عملية لبيان تاثير الاهتزازات الميكانيكية على تاكل فولاذ الانابيب الناقلة للنفط (x60,x20) وفي وسط اكال هو ماء البحر باستخدام طريقة فقدان الوزن التقليدية ، حيث قطعت عينات الاختبار على أشكال مكعبة وبأبعاد ($10x10x10mm^3$). وعرضت العينات الى وسط أكال (محلول كلوريد الصوديوم 3.5%NaCl) ويطلق عليه مصطلح (ماء البحر) في مجال الهندسة الكيميائية وهندسة التآكل. ويكون هذا الوسط ساكن وتردده (0 Hz) ومهتز بخمس ترددات(5,10,15,20&25 Hz) وسعة ألأهتزاز ضمن نطاق (0.0013-0.00088m) لتكون سرعة ألأهتزاز ضمن (0.00475-0.022) ، ولمدة أختبار مقدارها(2hr.) . وتم الحصول على هذا الأهتزاز المختبري من خلال تصميم وتصنيع جهاز التآكل بوجود

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الأهتزاز وحسب المواصفة الأميركية العالمية (ASTM G32) . حيث وجد ان سرعة الاهتزاز تزيد معدل تاكل هذه السبائك من (0.00073gmd) عند السرعة(0) الى (0.00287 gmd) عند السرعة(0.022) لسبيكةX20، ومن (0.00195 gmd) عند السرعة (0) الى (0.00402 gmd) عند السرعة (0.022) لسبيكة X60 . أي إن أعلى قيمة لمعدل التآكل هو لسبيكة X60 عند سرعة أهتزاز (0.022) ويليه معدل تآكل السبيكة X20 عند نفس السرعة .وعندما تكون سرعة الأهتزاز (0) فإن معدل تآكل سبيكة X60 يكون أكبر أيضا" من معدل تآكل سبيكة X20 . كلمات الدلالة : التآكل بوجود الأهتزاز ، التآكل الفجوي ، الأهتزاز،التآكل.

المقدمة

التآكل يحدث في المعادن بفعل كيميائي او كهروكيميائي ، والتآكل العام يحدث عند وضع المعدن في وسط أكال ساكن نوعا ما ، أو عند عدم وجود حركة بين المعدن والوسط . وعليه فأن تأثير التآكل مع الفعل الارتطامي لحركة الوسط تؤمن استمرارية عالية لوجود سطح نظيف خالي من نواتج **التآكل(1،2،3،4)**.

والتآكل يحدث في جميع أنواع المعادن وإذا كان الوسط المتحرك يحتوي على جسيمات صلبة فتكون ذات تأثيرات كبيرة بالمعدن.الحركة المستمرة تعمل على إزاحة الطبقة البينية (وقد تكون طبقة واقية معها عبارة عن نواتج تآكل) الموجود بين السائل الأكال والمعدن(5،6).

بما أن التآكل بوجود الأهتزاز هو عبارة عن تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مصحوب بحركة أهتزازية و هذه الحركة ستولد أضطراب بالوسط فسيحدث تآكل فجوي ،والتآكل الفجوي يحدث نتيجة لحركة السائل الاكال الحاوي على فقاعات هواء بسرعة عالية. ويعتبر من أنواع التآكل بالتعرية الذي يعرف بأنه معدل التآكل أو التحلل الكهروكيمياوي نتيجة الحركة الأهتزازية للوسط الأكال الملامس لسطح المعدن وهذه الظاهرة واضحة جداً في المراجل والنفاثات و التوربينات حيث يحدث تحلل كهروكيميائي متزامن مع التأثير الميكانيكي الناتج من الحركة الأهتزازية للسائل الأكال مسبباً جرف لنواتج التآكل المتكونة على سطح العينة والمعيقة لتبادل الآيونات والألكترونات (كما في حالة التآكل الساكن) وهذا ما يرفع من الأنتشار للآيونات و الألكترونات للمعدن وللمحلول الأكال ويعجل من التآكل ويصبح المعدن الأساس عرضة للوسط الأكال بعد إزالة الطبقات الواقية المتكونة على سطح المعدن وهكذا تتكرر هذه العملية عدة مرات حتى تسبب أنهيار ذلك المعدن[6,7,8].

ففي عام **2007 (Tao XU)** وآخرون بينوا بأن الأهتزاز الفوق الصوتي له تأثير كبيرعلى ظاهرة (التآكل بأزالة الكروم) لسبيكة (CuCr) في محلول حامض الهيدروكلوريك(HCl)، وتم دراسة التحليل لآلية التآكل .ووجد في هذه الدراسة بأن الأهتزاز الفوق الصوتي سيخفض من فترة حضانة أزالة الكروم المذكورة ،ويعجل من معدل التآكل بأزالة الكروم ،يخفض من درجة حرارة وتركيز محلول (HCl) ،وعند حدوث أزالة الكروم سيحدث ضعف خطير للبنية المجهرية بأزالة طبقة الكروم .وهذا البحث بين أيضا" بأن الأهتزاز الفوق الصوتي سيعجل من انهيار طبقة الخمولية أو الخمودية الواقية على سطح الكروم و يزيد من فعالية أو نشاطية(Cl^-)و(Cr) [9] .

أما الباحث **(Lucjan Witek)** فقد قام بدراسة نتائج الأختبارات التجريبية للأهتزازات الحاصلة في ريش مراوح المحركات التوربينية الضاغطة للطائرة العمودية. والريش المستخدمة في هذا البحث غير مصانة تحت تقنية فحص المكائن . والبحوث قد أجريت على ريش مختارة وغير محطمة ،بدون وجود لتشققات أو كسور تمهيدية أو تنقرات للتآكل . وتلك الريش أثناء الأختبارات

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

تدخل في حالة من الأهتزازات العرضية.وعملية تقدم الشق يكون حاصل في حالة الرنين. وخلال أختبار الكلل، نمو وتقدم الشق يكون مراقب . وفي الجزء الثاني من هذا البحث ،تم أستخدام طريقة العناصر المحددة الغير الخطية(Nonlinear finite element method) لتحديد حالة الأجهاد للريش خلال الأهتزاز. وفي هذا التحليل سيكون النمط أو الأسلوب الأول للأهتزاز الحاصل هو الأكثر أهمية . وأعلى منطقة للأجهاد الرئيسي الأعظم يكون موجود عند مناطق الريش حيث الكسر أو الفشل قد حصل [10].

عام 2010 قام الباحث **(قاسم)** باجراء دراسة نظرية بأستخدام برنامج حاسوبي على تأكل الاسطوانة الدوارة من الحديد الكاربوني في حامض الهيدروليك الحاوي على الاوكسجين الذائب تحت ظروف الجريان المضطرب عدد رينولدز (60000,40000,20000,10000,5000Re) ودرجة حرارة (°C 60,40,25) والاس الهيدروجيني للحامض (pH=4,2,1) تمت دراسة ومناقشة تأثير عدد رينولد (Re) ، درجة الحرارة(T) ،الاس الهيدروجيني (pH). ودلت النتائج على ان الزيادة في عدد رينولدز والحرارة تزيد من معدل التاكل وجهد التأكل اما الزيادة في الاس الهيدروجيني تقلل من معدل التاكل وجهد التاكل . وتم رسم شكل الاستقطاب للنظام لظروف مختلفة. أبدت النتائج النظرية تطابقاً جيداً مع نتائج لباحثين سابقين.تم ادخال النتائج في برنامج basic statistics tables واستنتاج موديلات رياضية لحساب معدل التاكل من خلال الظروف التشغيلة . تم حساب علاقة للاسطوانة الدوارة ناعمة السطح للظروف المذكورة وتم الحصول على العلاقة التالية وبنسة خطأ (6.31%) [11] .

$$C.R(gmd)=5.53953Re^{0.26008}$$

$$T^{0.364818}PH^{-0.68343} \quad \cdots\cdots (1)$$

وفي عام 2010 قام الباحث **(قاسم)** باجراء اختبارات التأكل على انبوب من الفولاذ الكاربوني في حامض الهيدروليك بتركيز (0.1) نورمالي تحت ظروف ساكنة للمحلول وعند ظروف جريان للمحلول بسرع دورانية (400الى 1400) دورة بالدقيقة ومدى من الدرجات الحرارة (35الى60) بأستخدام طريقة فقدان الوزن وبوجود عدة انواع من مانعات التاكل :ثايوبوريا واثلين داي مين وداي اثانول امين وفور مالديهايد بتركيز(400الى2000) جزء لكل مليون باستخدام طريقة الاسطوانة الدوارة . بينت النتأئج ان معدل التاكل يزداد مع زيادة درجة حرارة المحلول وزيادة سرعة دورانه ويقل مع زيادة تركيز المانعات . اعلى منع تم الحصول في حالة الظروف الساكنة كان باستخدام الثايو يوريا و وصل الى(77%) واقل منع كان باستخدام الفورملد يهايد(37%)حسب درجة الحرارة وتركيز المانع . كذلك بينت النتائج ان كفائة المانع تزداد بازدياد تركيزه وتقل مع زيادة سرعة المحلول [12] .

أما الباحثان(Manshedi) و(Mahri) فقد وجدوا نتائج رقمية لأندثار أو أنهيار المعدن بسبب التآكل والتآكل المصاحب للأهتزاز و تأثيرها على الخواص الديناميكية لخزانات السوائل الأكالة المصنوعة من الفولاذ المطلية وغير المطلية بالكروم . وبينوا ببحثهم أيضا" بأن التآكل الداخلي للخزانات يعتمد على الزمن وسمك جدار الخزان عند منطقة التماس مع الماء المتبقي والأوكسجين الجوي والغازات الحامضية .والتحليل الديناميكي المنجز بنموذج أو موديل رقمي للخزان والسائل فقد أجري لمواقع محددة لجدار الخزان والتي تمتلك قياسات مختلفة للسمك ،وبين التحليل الرقمي بأن تردد الأهتزاز وشكل موجة الأهتزاز المصاحب للتآكل لها أثر كبير على معدل التآكل ،وبوجود

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الضغوط الهيدروديناميكية للسوائل ستتولد تأثيرات شديدة يجب مراعاتها في فترة تصنيع الخزانات لأطالة عمر خدمة الخزان [13].

والباحث (Habib) وأخرون معه درسوا التآكل بوجود الأهتزاز ومشاكله في خطوط الأنابيب الناقلة وللمناطق الداخلية الصغيرة ،وأجريت الدراسة على سلوك الأهتزاز و أشكال نماذج الترددات المؤثر في الأنابيب الناقلة وبأستخدام طرق عالمية لكشف التآكل بوجود الأهتزاز عن طريق تمييز ترددات الرنين ، ومن خلالها تحلل المشاكل الناجمة من التآكل المصاحب للأهتزاز وتكون مسجلة رياضيا" [15]

وبين الباحثان (Blakman) و(Wall) بأن الطاقة الميكانيكية الناتحة من الأهتزازات تؤثر وبشكل كبير على التفاعل الكيميائي أثناء تآكل المعادن وهذا له دور مهم في عالم التكنولوجيا . حيث أن التآكل بوجود الأهتزاز يولد فشل وتحطم أشد مما لو كان التآكل لوحده، فالأجهاد الخارجي (الأهتزاز) المصاحب للتآكل يجعل المحلول الأكال مضطرب وهذا يولد أنفجار للفقاعات الغازية أثناء تآكل سطح المعدن محدثا" فيه تآكلا" فجويا" شديدا" [16] .

الهدف من البحث:

دراسة مختبرية مبسطة لتأثير سرعة الأهتزاز على معدل تآكل سبيكتي X20 و X60 اللتان تستخدمان في الأنابيب الناقلة للحقول النفطية في الوسط الأكال(ماء البحر)(3.5%NaCl) وضمن مدى محدد من الترددات وسعات الأهتزاز المستحصلة من جهاز التآكل بوجود الأهتزاز المصنع محليا" لهذا الغرض وحسب المواصفة الأميركية العالمية (ASTM G32).

الجانب العملي:

تحضير العينات :

1. القطع :

قطعت العينات على شكل مكعبات منتظمة حيث كانت جميع الأبعاد (الطول والعرض والأرتفاع) هي (1Cm) كما في شكل (1) . و قطعت العينات بأستخدام جهاز قطع ملائم وهو (جهاز قطع المعادن) ((CUTO 20) (JEAN WIRTZ) المنشأ المانيا الغربية).

2. التنعيم :

تنعم العينات المقطعة وذلك بأستخدام ورق تنعيم من نوع كربيد السليكون (SiC) الذي أستخدم بعدة تدريجات (240 ,320 , 500 ,1000) على التوالي وتحت ماء الأسالة الجاري لتسهيل عملية الصقل .

3. الصقل :

بعد غسل العينات وتنظيفها بالماء صقلت العينات بمادة الألومينا(AL_2O_3) ذات حجم حبيبي (0.3 مايكرون) والمتوفرة في نفس المختبر الذي أجري فيهِ التنعيم وبعدها تم غسل العينات بالماء وتجفيفها بمنديل ورقي.

4. الأظهار :

أستخدم محلول النايتل (HNO_3 1-5% + Alco. 95-99%) للأظهار بحيث غمرت العينات في محلول النايتل لمدة 15 ثانية بعد ذلك تم تهيئة العينات للفحص المجهري بتجفيفها بأستخدام مجفف كهربائي.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الفحص المجهري

بعد التحضير للعينات تم التصوير المجهري بأستخدام المجهر الميتالـــــورجي وهو من نـــــوع (METGT TECH ML 8000 SERIES JAPAN 3003) المربوط بالحاسبة فـــي الشـــركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة التابعة لوزارة النفط ، و البنية المجهرية موضحة في شكل (2) .

التحليل الكيميائي :

بعد تحليل المعدن المستخدم كيميائياً في الشركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة والتابعـــة لـــوزارة النفط وبأستخدام جهاز المطيـــاف المـــوجي (SPECTROMETER) (PMI MASTER) شركة (WAZ) . ألمانيا الغربية، كانت نتيجة التحليل الكيميـــائي كمـــا فـــي الجدولين (1) و(2)،وعلى أساس هذا التحليل يكون تصنيف الفولاذ هو(x20,x60) وجهاز التحليل المستخدم يوضح في شكل (3) .

فحصت صلادة الفولاذ المستخدم بجهاز قياس الصلادة هو (HB 3000 FRITSHI GMBTL WIRTH STR.48) (ألمانيا الغربية) وكانت صلادة الفولاذ X60 مساوية إلى :

Hardness = 137 HB

وكانت صلادة الفولاذ X20 مساوية إلى :

Hardness = 145 HB

ويعتبر المعدنان بناءا"على هذهِ القيم من المعادن المعتدلة الصلادة .

المعدن المستخدم:

معدن العينة المستخدم كان على شكل قضيب من الفولاذ المنخفض السبائكية والمسمى ب X60 و X20 والمستخدم في المجالات النفطية على شكل أنابيب ناقلة داخل المصافي. وتم تحليلهـــا كيميائياً وباستخدام جهاز المطياف الضوئي المذكور أعلاه ،وكانت النتيجة موضحة فـــي الجـــدولين (1),(2) المبينين

عمليات التآكل :

بعد تحضير العينات كما تم ذكرهُ سابقا" تم أجراء عمليات التآكل العام والتآكل بوجود الأهتزاز في وسط التآكل (ماء البحر) الذي يعتبر وسط تآكل ملحي بأحتوائهِ على كلوريد الصوديوم بتركيز قدرهُ (35 gm لكل لتر من الماء المقطر) وتحت ظروف قياسية لكل من درجة الحرارة والضـــغط (1atomspher , 25C°) وتم أستخدام طريقة فرق الوزن التقليدية لغرض حساب معدلات التآكل العام والأهتزازي ولـــــــغـــــــرض قياس الأوزان تم أستخدام ميزان حســـــــــــــاس مـــن نـــــــــــوع (DENVER INSTRUMENT) ويعمل بدقة (0.0001gm) .

طريقة فقدان الوزن :

تدعى هذهِ الطريقة أحياناً بالطريقة الوزنية وتستعمل بشكل واسع لقياس معـــدلات التآكـــل العام والتآكل بالتعرية وأنواع أخرى من التآكل حيث تساعد في فهم تأثير هذهِ الأنواع مـــن التآكـــل وتضمنت هذهِ الطريقة إعداد النماذج بشكل مكعبات منتظمة كما تم ذكرها في موضـــوع تحضـــير العينات وبعدها تم وزن النماذج بأستخدام الميزان الحساس وحساب الوزن الأصلي لها وكـــذلك تـــم حساب المساحة السطحية المعرضة للوسط الأكآل وتم غمر النماذج في الوسط الأكآل وبعد أنتهـــاء فترة الغمر المحددة لعملية التآكل أخرجت العينات من المحلول (الوسط الأكآل) ونظفت من نواتج

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

التآكل والمحلول ومن ثم تم الغسل بالماء المقطر وكذلك تم تجفيفها وبعدها تم وزن النماذج مـــرة ثانية ووجد مقدار الفرق في الوزن كالأتي:
التغير في الوزن = الوزن الأصلي - الوزن الناتج
وتم حساب معدل التآكل على وفق القانون التالي [1,2,3,4] :

$$\text{معدل التآكل} = \frac{\text{التغير في الوزن}}{\text{المساحة المعرضة للوسط الأكال} * \text{الزمن}}$$

وفي هذهِ الطريقة من الممكن أستخدام وحدات مختلفة أما وحدات (غرام / متر^2 . يوم) وعادة يرمز لها بـــ (gmd) أو أستخدام وحدات (ملي غرام / دسم^2 . يوم) وكذلك يرمـــز لهـــا بـــــ (mdd) وفي بحثنا هذا سوف يتم أستخدام وحدات الـــ (gmd) المشار لها آنفاً لأنها تكـــون كافية للتعبير عن التغير الحاصل في الوزن نتيجة لعمليات التآكل.

التآكل العام (الوسط ساكن) :

في هذا النوع من التآكل يكون الوسط ساكناً ، حيث تغمر العينات في الوسط الأكآل (ماء البحر) لمدة 2 ساعة بعد تسجيل وزن العينات الأولي وبعدها أجري حساب فرق الوزن الحاصل بعد كـــل 10 دقائق.

التآكل بوجود الأهتزاز (الوسط مهتز) :

وهنا أجريت عمليات التآكل في وسط مهتز (نفس الوسط المستخدم آنفاً) حيث أن جهاز التآكل بوجود الأهتزاز المستخدم مصنع محلياً وبحسب المواصفة الأمريكـــــــــــية المعدلـــة (ASTM G32)والجهاز المستخدم موضح في الشكل (4) . حيث وضعت العينات فـــي الحاويـــات الخاصـــة بجهاز التآكل بوجود الأهتزاز و أجري أختبار التآكل بوجود الأهتزاز والذي تكون فيه العينات ثابتة بالنسبة للوسط الآكال حيث كانت العينات مثبتة بواسطة ماسك مقاوم للتاكل وحامل يجعلها متدلية في داخل الحاويات المحتوية على وسط التآكل وكانت الفترة الكلية لكل أختبار هـــي 2 ســـاعة، وبعـــد تسجيل وزن العينات الأولي يتم تسجيل فرق الوزن الحاصل بعد كل 10 دقائق من 2 ساعة وهـــي زمن الأختبار الكلي.

وصف الجهاز المولد للأهتزازات:

منظومة الاهتزاز تتكون من محرك كهربائي مزود بكتلة أو قرص غير متزن لغـــرض تكوين الاهتزازات وجهاز متحكم بالسرعة لهذا المحرك ، ويمكن عن طريق متحكم السرعة ان نغير السرعة الدورانية $N(\text{R.P.M.})$ وبالتالي نغير التردد ω لهذه المنظومة و فق المعادلتين [14,15] :

$$\omega = \frac{N}{60} \ (RPS) \qquad (2)$$

$$\omega = \frac{2\pi N}{60} \ (\text{rad/sec.}) \qquad (3)$$

وتمت معايرة جهاز التحكم بالسرعة بأستخدام جهاز ستروبســكوب والـــذي يعطـــي الســـرعة الدورانية الحقيقية للمحرك، فعند مشاهدة القرص اثناء الدوران متوقف وفيه ثقب واحد فان الجهـــاز

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الستروبسكوب يعطي القيمة الحقيقية للسرعة الدورانية. و أستخدم جهاز متحسس الاهتزاز (vibration meter) لغرض ايجاد سعة الأهتزاز حيث يقوم بقياس تعجيل الاهتزاز

وسرعته وبالتالي حساب سعة الاهتزاز وذلك عن طريق متحسس للاهتزاز يتم تثبيته بصورة عمودية على سقف الجهاز وعلى ذراع تثبيت عينة الأختبار بالذات، أي موازٍ لاتجاه حركة الاهتزاز بواسطة مغناطوط مع المتحسس . والذي تم معايرته بأستخدام جهاز معايرة(Accelerometer Calibrator) نوع (B & K 429) حيث زود بتعجيل مقداره ($10m/s^2$) وبتردد مقداره (79.6 Hz) حيث وجد مقدار الاشارة المنتقلة الى(Vibration meter) بمقدار ($10m/s^2$) وكما في الشكل المصور (6) . ان المتحسس يقوم بكشف التغييرات الفيزيائية ويقوم بتحويلها الى اشارة كهربائية وبالتالي تقاس هذه الاشارة وتسجل، وهذا الجهاز معاير للعمل اما على معدل الجذر التربيعي (RMS) اومن قمة الى قمة (peak to peak) ويصل اعلى قيمة للسرعة ومقدارها (200mm/s) وللتعجيل .acc ($200\ m/s^2$) وكما في الشكل المصور (6) .لايجاد سعة الاهتزاز d وسرعة الأهتزاز v نطبق هذه المعادلات [14,15]:

$$d = \frac{acc}{(2 * \pi * f)^2 * \sqrt{2}} \qquad (4)$$

$$v = f * acc. \qquad (5)$$

يتم ربط المنظومة وكما في الشكل (4) حيث يتم اجراء التجارب: علماً بأن الجهاز المستخدم لدراسة تأثير الأهتزاز الميكانيكي مصنع محليا" وبحسب المواصفة الأمريكية المعدلة (ASTM G32). تم اتباع اجراءات اساسية في التجارب المختبرية وتدوين النتائج لأعتمادها في تحليل تاثير الاهتزاز في تاكل السبائك (X20,X60).

1-تثبيت ثلاث قطع من السبيكة (X20) في جفنات مليئة بالمحلول الأكال والخاصة بجهاز الأختبار بعد ان تم وزنها بواسطة ميزان حساس نوع (Denver) ذو دقة (0.0001gm).

2-غمر ثلاثة عينات لنفس السبيكة (X20) في المحلول الاكال (ماء البحر 3.5% NaCl) وهو ساكن أي سرعة الأهتزاز ($v = 0$) ولمدة 2 ساعة .

3-اخراج القطع المثبتة وقياس وزنها بواسطة الميزان الحساس وتسجيل فرق الوزن عند كل 10 دقائق ولمدة زمنية مقدارها 2 ساعة.

4- أعادة الخطوة من 1-3 مع تغيير قيمة التردد (25,20,15,10,5 Hz) على التوالي .

5- عند كل قيمة للتردد يتم اخذ قراءة لسعة الاهتزاز و تسجيلها لحساب سرعة الأهتزاز.

6- يتم تغيير نوع المعدن من X20الى X60 وأعادة الخطوات السابقة و تسجيل البيانات لرسم العلاقات

7- البيانية المتداخلة بين مقدار التردد و معدلات التآكل وأزمانها ، وسرعة الأهتزاز ومعدل التآكل عند زمن ثابت .

النتائج والمناقشة:

1 - تأثير التردد الزاوي و سعة الاهتزاز على معدل التآكل :

يوضح الشكل (7) تأثير الترددات القسرية في سعة الاهتزاز للمنظومة . حيث يتضح ان سعة الاهتزاز تزداد بزيادة التردد الزاوي للمنظومة حيث تصل السعة الى(0.0013m) عندما يكون مقدار التردد الزاوي (94.2rad/s) والذي يكون قريب الى التردد الطبيعي للمنظومة،لأن عند

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

الأقتراب من التردد الطبيعي تبدأ سعة الأهتزاز بالزيادة الى أن تصل الى أعلى قيمة لها وبعدها تبدأ قيمة سعة الأهتزاز بالنقصان مع زيادة التردد الزاوي وهذا ما تم أستخراجه عمليا". وبما إن سرعة

الأهتزاز هي نتيجة حاصل ضرب سعة الأهتزاز بتردده لذلك فأن للتردد وسعة الأهتزاز علاقة فيما بينها وكلاهما له تأثير على معدلات تآكل السبيكتين لأن بزيادة سرعة الأهتزاز(حاصل ضرب سعة الأهتزاز بتردده) ستزداد معدلات التآكل ولكلا السبيكتين مع مرور الزمن وهذا ما وضحته النتائج المبينة بالشكل (8) . ولكن يبقى أيضا" معدل التآكل في السبيكة X60 أكبر من معدل تآكل السبيكة X20 وهذا يعود للخواص الميتالورجية للسبيكتين مثل عناصر السبك المضافة والصلادة الأولية لكلا السبيكتين والتي تتأثر أيضا" بعناصر التسبيك المضافة ،وجدول(3) يؤكد ذلك.

2- تاثير زيادة الاهتزازات على معدل التآكل:

يوضح الشكل(9,10) ان زيادة الترددات تؤدي الى زيادة معدل التاكل في كلا السبيكتين X20,X60 والسبب يعود الى ان التفاعل الكهروكيميائي هو نفسه في كلا الحالتين بوجود أو عدم وجود الأهتزاز ولكن الدور الميكانيكي للأهتزاز الموجود سيولد فعالية ميكانيكية وهي الأرتطام (Impingement) بين السائل أو المحلول الأكال المضطرب والعينات المهتزة المعرضة للوسط الأكال مما يعجل من معدل التاكل ، و لا يخفى بأن لصلادة السبيكة ، بسبب عناصر السبك المضافة، دور مهم في مقاومة هذا الأرتطام وهو ماتم ملاحظته في معدل التآكل بوجود الأهتزاز عند المقارنة بين السبيكتين X60,X20 ، حيث تكون الأولى أكثر صلادة من الثانية أي X20 أصلد من X60 ، فنتجت عن هذه المؤثرات فرق في معدل التآكل عند المقارنة ، حيث كان معدل التآكل العام لسبيكة X20 هو (0.00073 gmd) وهو أقل بكثير من معدل التآكل العام لسبيكة X60 و البالغ (0.00196 gmd) .

3- تاثير عناصر السبك على معدل التآكل:

عند التردد (f=0Hz) سرعة الأهتزاز ($v = 0$) (أي الوسط ساكن) وسيكون التاكل تاكلا عاما لكلا السبيكتين (X20,X60) ولكن هنالك عامل الصلادة والتركيب الكيميائي المختلف لكلا السبيكتين وهذا ما سيجعل معدل تاكل سبيكة (X60) أكبر بكثير من سبيكة (X20) بفضل عناصر السبك المحسنة لخواص سبيكة (X20).ويتم معرفة ذلك عن طريق قياس فرق الوزن لكلا السبيكتين وبالفترات الزمنية المذكورة سابقا". حيث كانت قيمة معدل التاكل للفولاذ (X60) هي ما يقارب (0.00195 gmd) وللفولاذ(X20) (0.00073 gmd).

عند التردد (f=5,10,15,20,25Hz) سيكون هنالك تاكل مصحوب بالاهتزاز وهذا سوف يؤدي الى زيادة معدل التاكل بزيادة التردد في كلا السبيكتين X20,X60 مقارنة مع الحالة الاولى (بدون وجود الأهتزاز) وكما ذكر في اعلاه.ولكن بمعدلات متفاوتة فعند التردد 15,20,25Hz لوحظ ارتفاع في معدل التاكل اكثر بكثير عن الحالات السابقة، حيث بزيادة الأهتزاز سيزداد الأرتطام (التأثير الميكانيكي) مما يزيد من عملية جرف نواتج التآكل المتولدة على السطح لكلا السبيكتين ، ولكن بمقادير مختلفة لكلا المعدنين ، لأن السبيكة X20 ستولد نواتج تآكل أقل من السبيكة X60 والتي ستتجرف أثناء الأرتطام للسوائل الأكالة أثناء الأهتزاز تاركة" سطحا" مهيئا" و مستعدا" لأستمرار التآكل مرة أخرى ، وبالتلامس المباشر بين المحلول الأكال وسطح المعدن ، وهذا ينطبق على كلا السبيكتين ولكن بشكل أسرع مع السبيكة X60 لأنها لا تحتوي على عناصر سبيكة محسنة

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

للخواص الميكانيكية (الصلادة) والكيميائية أو الكهروكيميائية (مقاومة التآكل) لاحظ الأشكال (11-16) والتي تبين دور عناصر السبك على معدل التاكل تحت ترددات أهتزازية مختلفة .

4- تأثير التآكل بوجود الأهتزاز على البنية المجهرية:

من خلال البنية المجهرية لكلا السبيكتين تبين بأن التأكل يكون عاما" عندما يكون الوسط الأكآل ساكنا"،أي عندما التردد يكون **(f=0Hz)**؛ بالمقارنة مع التآكل بوجود الأهتزاز حيث يكون التآكل على شكل تجاويف (Cavities) عميقة وداكنة وتزداد عمقا" بزيادة مقدار التردد و لكلا السبيكتين، ولكل أوجه أو أسطح العينة كما لوحظ في الفحص المجهري لجميع الأسطح التي تعرضت لحالة الأرتطام بالوسط الأكال المهتز، ولكن التجاويف في سبيكة X60 تكون أكثر عمقا" مما عليه في سبيكة X20 .أي إن الحركة الأهتزازية للعينات تولد أضطرابا" بالمحلول الأكال مما تولد تكسر و أنهيار ثم جرف لنواتج التآكل المتكونة على سطوح العينة ولكلا السبيكتين ، ولكن في X60 يكون أشد، ومن خلال منطقة ألأنهيار يدخل المحلول الأكال الى السطح الجديد النظيف وهكذا تستمر العملية لتولد تجاويف أو فجوات عميقة(Cavities) وتزداد عمقا" بزيادة مقدار تردد الأهتزاز مما يزيد من معدل التآكل بمرور الزمن . بصورة عامة التآكل في الوسط الساكن سيولد تآكل عام والتآكل في وسط مهتز سيولد تآكل موضعي على شكل تجاويف أو فجوات غير محددة الأشكال وعميقة الأشكال (17 ,18 ,19 ,20) .

العلاقات التجريبية المستنبطة :

لقد تم التوصل في هذا البحث الى وضع علاقة تجريبية تعبر عن معدل التاكل مع الزمن مع التردد . وان العلاقات قد استنتجت لوصف البيانات العملية لهذا البحث ، فقد تم استعمال برنامج (DGA - V1) لاستخراج المعادلات ولكل حالة من حالات البحث علماً ان نسبة الخطاء لهذه المعادلات هي(1-3 %). المعادلة العامة هي كما يلي :

حيث(C , m , n) ثوابت،هذا ويمكن وضع المعادلات للسبيكتين X20,X60 في الجدول(4) حيث يبين قيم ثوابت المعادلات الخاصة بالاختبار:

$$C.R = C * T^{m} * f^{n} - - - -(6)$$

الأستنتاجات :

1.معدل التآكل يتناسب طرديا" مع سرعة الأهتزاز ،فبزيادة سرعة الأهتزاز يزداد أضطراب المحلول الأكال الملامس لسطح العينة المتآكلة .

$$C.R = C * T^{m} * f^{n}$$

2.معدل التآكل يتأثر بشكل كبير بالتردد والزمن وحسب المعادلة العامة والتي تعتمد على ثوابت متعلقة بنوع السبيكة وحالة الوسط ساكن أو مهتز، و بنسبة خطأ (1-3%).

3.تلعب عناصر السبك دور أساسي في الخواص السطحية للسبائك ،كالصلادة ومقاومة التآكل ،فمعدل تآكل سبيكة X60 أكبر من معدل تآكل سبيكة X20 والسبب يعود لعناصر السبك المضافة لسبيكة X20 التي تزيد من صلادة السبيكة ككل وترفع مقاومتها للتآكل بالمقارنة مع السبيكة X60 تحت نفس الظروف من السرعات الأهتزازية المختلفة وفي محلول ماء البحر (3.5%NaCl) ولفترة أختبار مقدارها 2 ساعة.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

4.الحركة الأهتزازية للعينات تولد أضطرابا" بالمحلول الأكال مما تولد تكسر و أنهيار ثم جرف لنواتج التآكل المتكونة على سطوح العينة ولكلا السبيكتين ، ولكن في X60 يكون أشد، ومن خلال

منطقة ألأنهيار يدخل المحلول الأكال الى السطح الجديد النظيف وهكذا تستمر العملية لتولد تجاويف أو فجوات عميقة (Cavities) وتزداد عمقا" بزيادة سرعة الأهتزاز .

5.نواتج التآكل المتولدة على السبيكة X20 تكون شديدة الألتصاق مقارنة" بالسبيكة X60 بسبب التركيب الكيميائي كما ذكرنا سابقا"؛ حيث أن نواتج التآكل الملتصقة تقلل من معدل التآكل لأنها تعيق عملية الأنتشار والتبادل الأيوني و الأليكتروني بين المحلول الأكال وسطح العينة المتآكلة ،أي أن نواتج التأكل ستولد طبقة خاملة بعض الشيء (Passive Film) وهي ضعيفة ولها قابلية التصاق بسطح المعدن متفاوتة و لكلا السبيكتين ، وبأية حال فأن هذه الطبقة العائقة ستنهار وخصوصا" عند أهتزاز العينة وأضطراب المحلول الأكال ؛ ويكون ألأنهيار أسرع في سبيكة X60.

6.من خلال البنية المجهرية لكلا السبيكتين تبين بأن التأكل يكون عاما" عندما يكون الوسط الأكآل ساكنا"، أي عندما التردد يكون **(f=0Hz)** ؛ بالمقارنة مع التآكل بوجود الأهتزاز حيث يكون التآكل على شكل تجاويف (Cavities) عميقة وداكنة وتزداد عمقا" بزيادة مقدار التردد في كلا السبيكتين .

7.ولهذا فيجب أستخدام سبيكة X20 بدلا" عن سبيكة X60 في الأماكن الحاوية على محلول ماء البحر وبنسبة 3.5% NaCl وبوجود الأهتزاز لأن هذه الظروف ستولد أنهيار مفاجيء لكلا السبيكتين ، ويجب تجنب حالات الأهتزاز أصلا" في المنشآت التي تتوفر فيها ظروف التآكل .

المصادر والمراجع

[1]د. سامي أبراهيم جعفر الربيعي،" الأسس والمبادئ الهندسية للتآكل"، الجزء الأول ، الجامعة التكنولوجية ،(2010) .

[2]د. قحطان خلف الخزرجي & د. عبد الجواد محمد شريف "التآكل أسبابهُ _ حدوثهُ _ طرق الحماية منهُ" ، الطبعة الأولى، دار دجلة ، المملكة الأردنية الهاشمية ، (2010) .

[3] د. حسين باقر رحمة الله ،" هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن" ، الجامعة التكنولوجية ، (1990) .

[4]Fontana and Green,"Corrosion Engineering",McGraw-Hill book Co.,third edition,(1981).

[5] Shrier L.L. , "Corrosion Metal / Environment reactions " ,Volume1 , printed and bound in Great Britain , Butterworth Hejne Mann , Third edition , (1994) , Reprinted (2000).

[6] Kenneth R. & John chamberlain " Corrosion for Science & Engineering " Addison Wesley London,LONGMAN Group Limited,first and second (1996) . edition,(1988-1995) , Reprinted

[7] Denny A. Jones. " Principles and Prevention of Corrosion " Macmillan . Publishing Co. Maxwell Macmillan Canada & Maxwell international Publishing Group , (1992).

[8]Annual Book of ASTM Standards , Vol.03.02 , Designation G32, (2010) .

[9]Tao XU,Huawei GAO ,Jianhua LIU and Cuiyan YU, "Effect of ultrasonic vibration on the dechromisation corrosion of a CuCr alloy in HCl solution ",Thesis,Yanshan University,(2007).

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

[10]Lucjan Witek, "Experimental crack propagation and failure analysis of the first stage compressor blade subjected to vibration " ,Department of Aircraft and Aero Engines,Rzeszo w University of Technology , Poland ,(2009).

[11] Qasim J.M. Slaiman ,Basim O. Hasan , Ethar M.Jassar, "Simulation of iron corrosion in aerated acids solution", The 2nd Regional .Conf. for Eng.Sci./College.of Eng./Al-Nahrain University/1-2/12/2010.

[12] Qasim J.M. Slaiman ,Basim O. Hasan , Hader M.Turki, "Performance of some corrosion inhibitors for carbon steel in hydrochloric acid",The 2nd Regional .Conf. for Eng.Sci./College.of Eng./Al-Nahrain University/1-2/12/2010.

[13] S.H. Dehghan Manshadi, Mahmoud R. Maheri,"The Effects of Long-Term Corrosion on The Dynamic Characteristics of Ground Based Cylindrical Liquid Storage Tanks", Thin-Walled Structures ,Volume 48,Issue12,elesiver , December(2010).

[14] Habib Ammari et al," Vibration Testing for Detection Internal Corrosion ", hal-00125820, Version 1-22 Jan(2007).

[15]L.C.F. Blakman and R.Wall,"Vibration-Enhanced Corrosion of Metals", Chemical Research Division ,British Railways Research Department ,The Aveneu , Muswel Hill London ,N.10 Journal Home, Current Issue, Nature Publishing Group ,18 April (1964).

[16] Cyril M Harris & Allan G. Piersl " Shock And Vibration" handbook, Fifth Edition. Colmbia University , New York,(2002).

[17] William T. Thomson ,Marie Dillon Dahleh ,"Theory of Vibration with Applications", Fifth Edition ,Prentice hall, (1998).

جدول (1) التركيب الكيميائي للعينة المدروسة X20.

Chemical composition%	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	AL	Cu	Ti	V	W	B	Fe
Analytical	0.247	0.368	0.725	0.01	0.039	0.94	0.394	0.141	0.513	0.119	0.005	0.01	0.015	0.001	Rem

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

جدول (2) التركيب الكيميائي للعينة المدروسة X60.

X60Chemical composition%	C	Mn	P	S	Cr	Ni	Mo	V	Cu	Fe
Analytical	0.191	1.95	0.014	0.015	0.015	0.003	0.008	0.003	0.028	Rem.

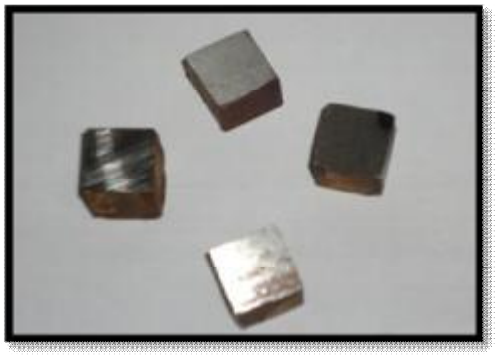
جدول (3) يوضح معدلات التاكل عند سرع الاهتزاز المختلفة .

نـــــــوع المعدن	v = 0.00	v = 0.00475	v = 0.01	v = 0.015	v = 0.0204	v = 0.022
X60	0.00196 gmd	0.00246 gmd	0.0032 gmd	0.0036 gmd	0.004 gmd	0.00483 gmd
X20	0.00073 gmd	0.00097 gmd	0.00143 gmd	0.00155 gmd	0.002 gmd	0.00287 gmd

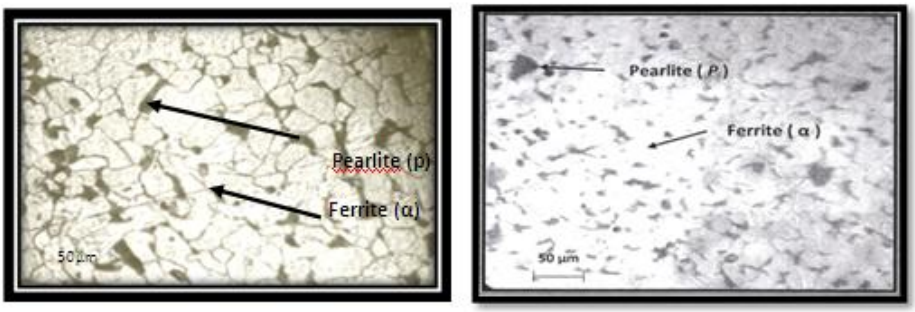
جدول (4) يبين قيم الثوابت للمعادلات الخاصة بالاختبار.

نوع السبيكة	نوع الاهتزاز	C	M	N
X60	عدم وجودالاهتزاز	8.53579E-08	1.128120	0
	بوجود الاهتزاز	4.07578E-07	0.934657	0.291161
X20	عدم وجودالاهتزاز	6.58216E-08	1.045745	0
	بوجود الاهتزاز	8.25389E-08	0.946341	0.561621

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل (1) العينات التي تم تقطيعها.

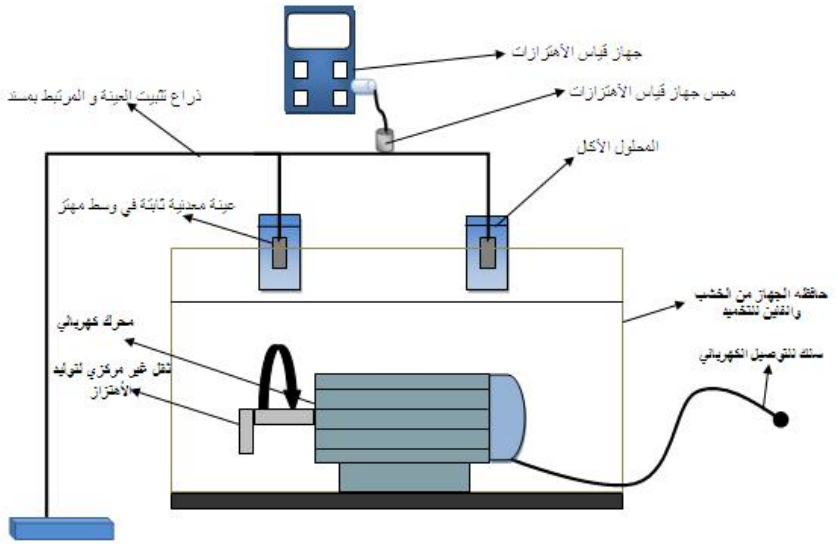


شكل (2) البنية المجهرية للعينات (a X60) و (b X20) قبل أجراء عمليات التآكل.



شكل (3) جهاز تحليل المعادن (SPECTROMETER) . فحص الصلادة :

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



شكل(4) جهاز التآكل بوجود الأهتزاز.

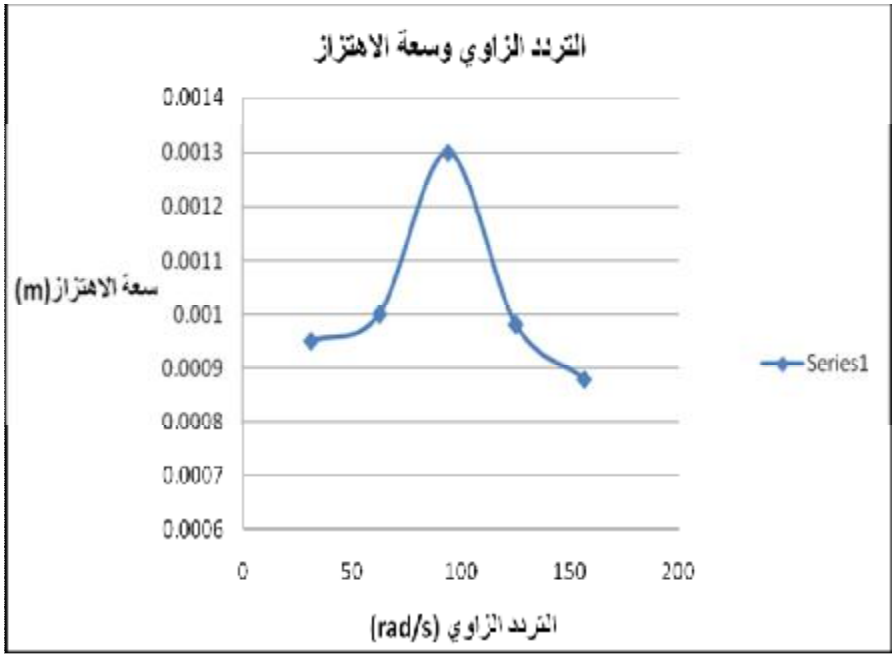


شكل(5) يوضح منظومة الاهتزاز ومقياس الاهتزاز.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

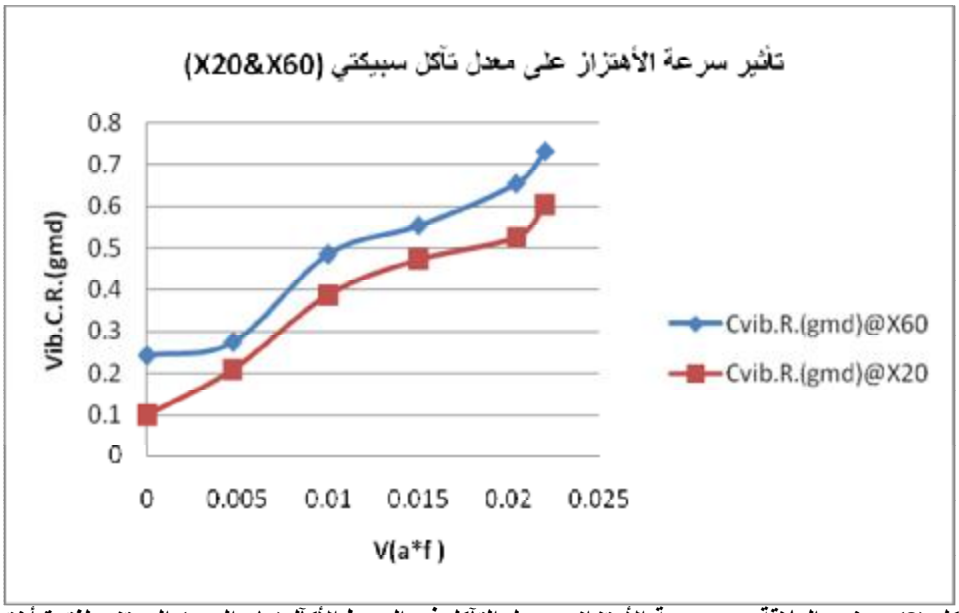


شكل (6)يوضح منظومة الاختبار.

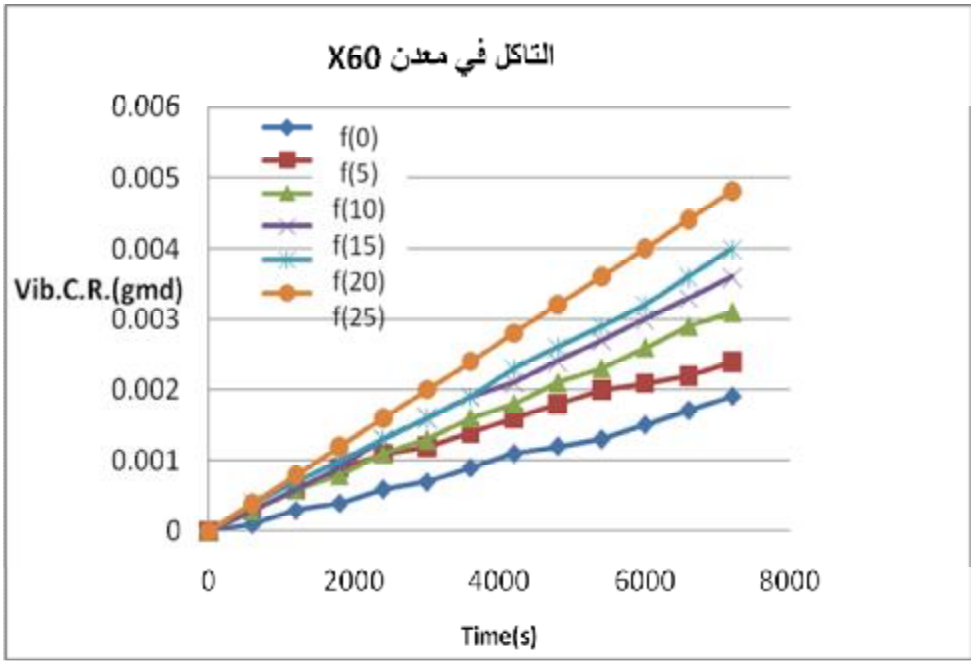


شكل (7) يوضح تأثير التردد الزاوي على سعة الاهتزاز.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

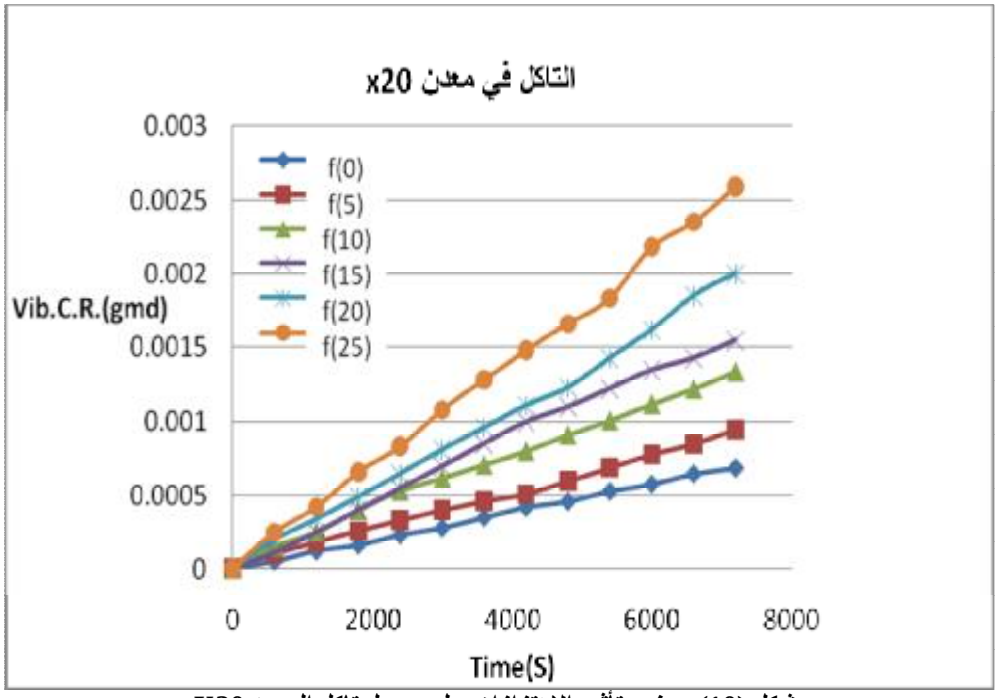


شكل (8) يوضح العلاقة بين سرعة الأهتزاز ومعدل التآكل في الوسط الأكآل(ماء البحر) المهتز ولفترة أختبار 2 ساعة وفي الظروف القياسية.

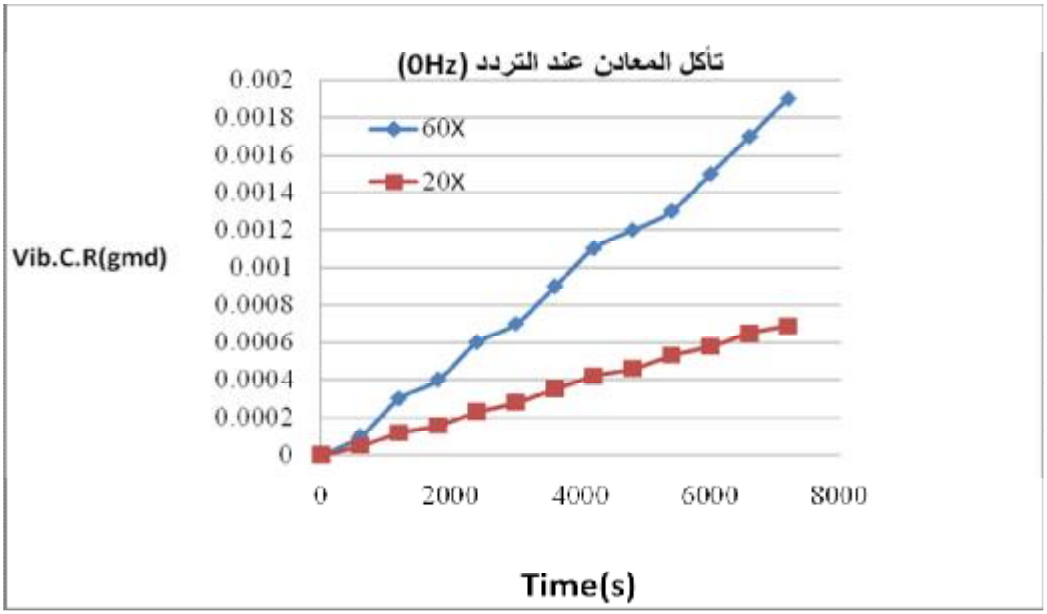


شكل (9) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل المعدن X60 .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

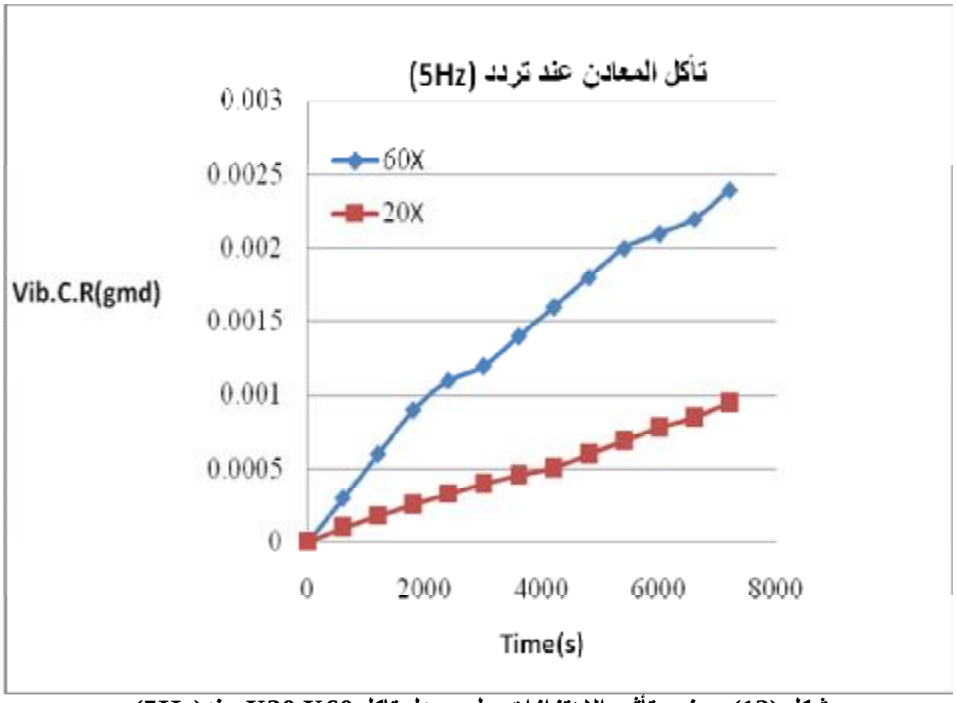


شكل (10) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل المعدن X20 .

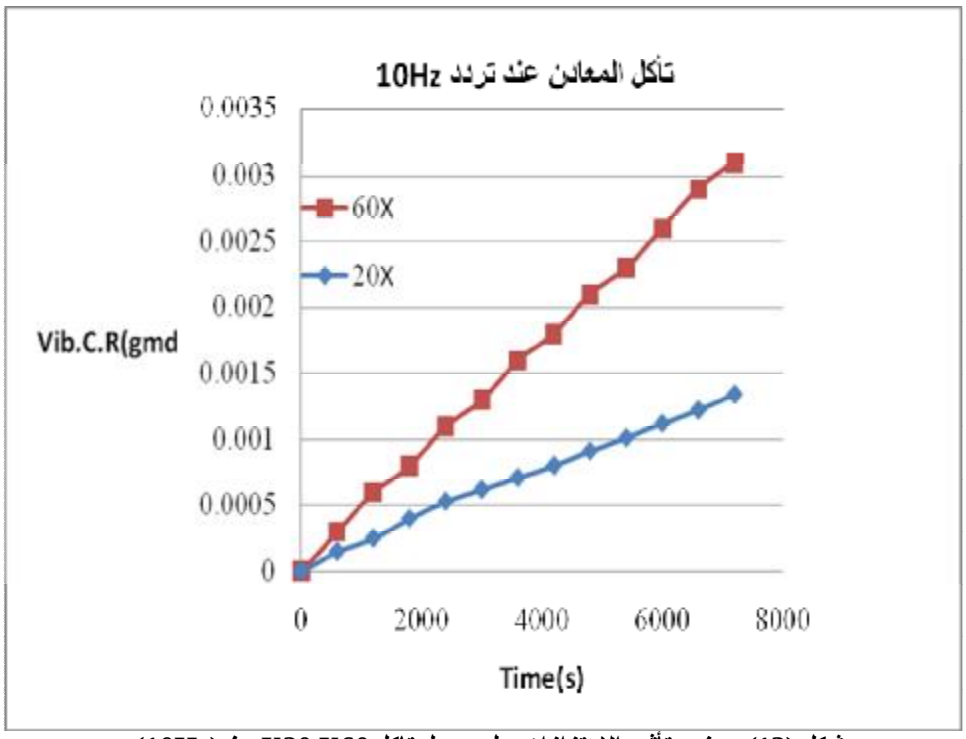


شكل (11) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل X20,X60 عند(0Hz) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

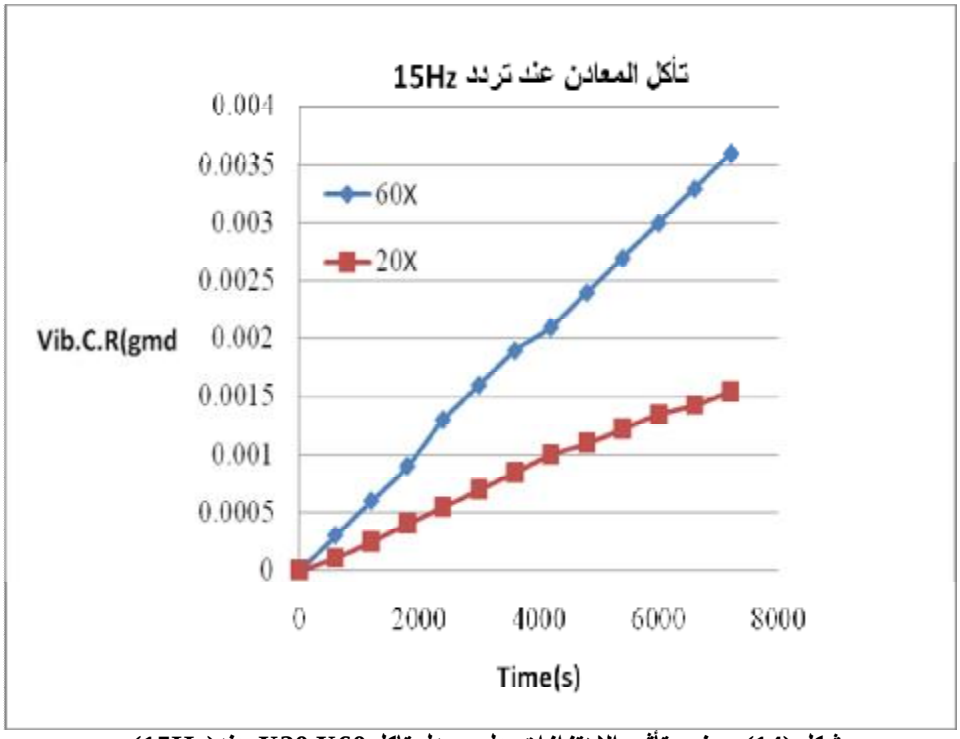


شكل (12) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل X20,X60 عند(5Hz).

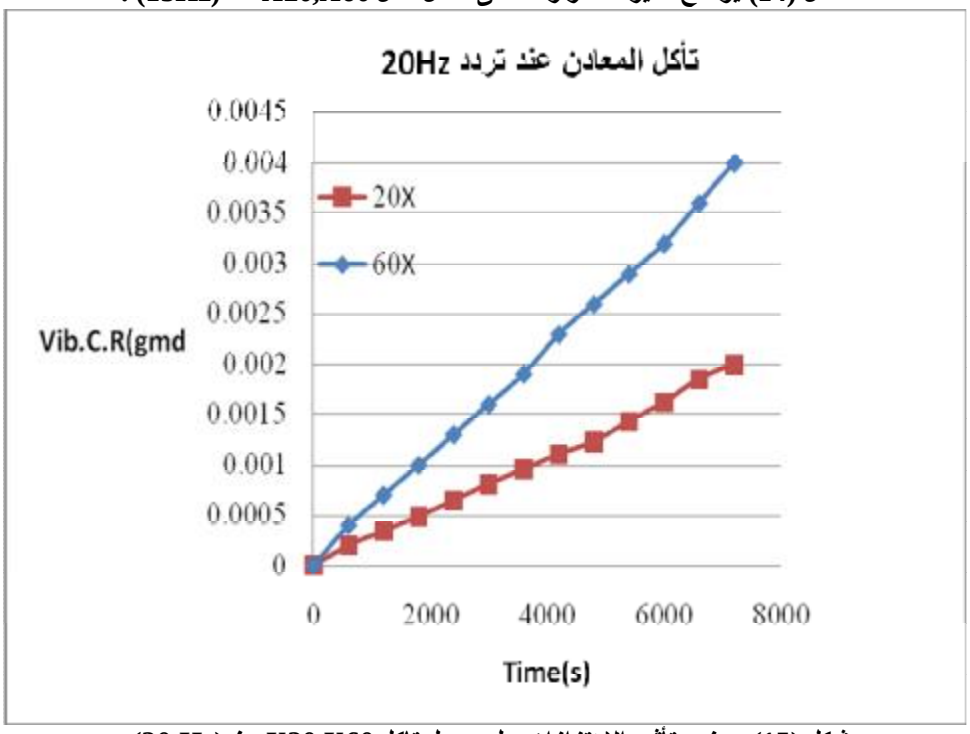


شكل (13) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل X20,X60 عند(10Hz) .

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com

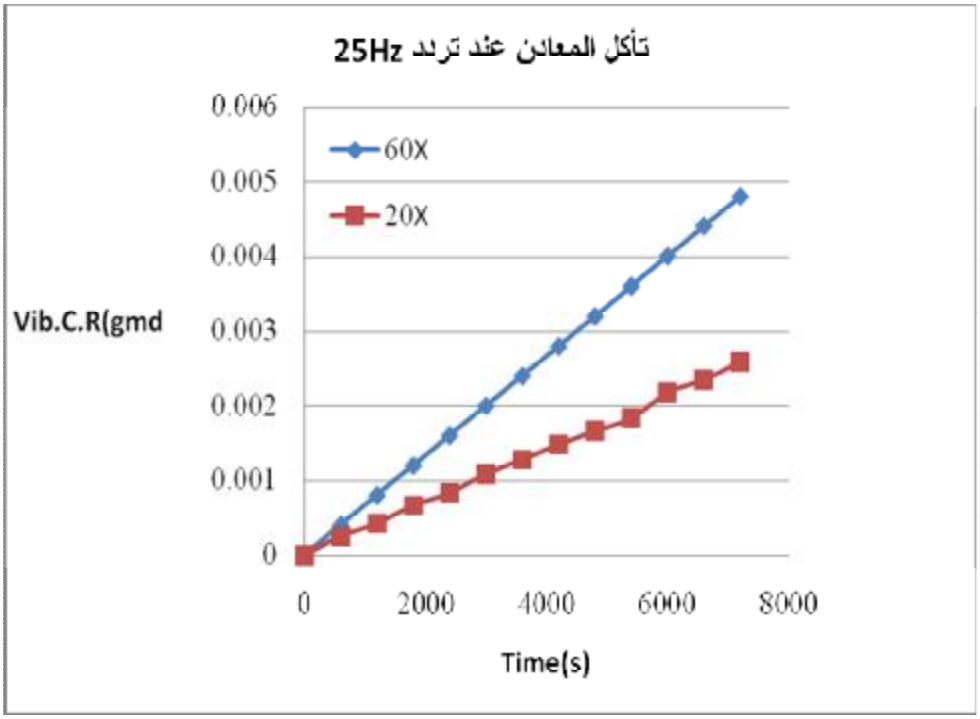


شكل (14) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل X20,X60 عند(15Hz) .

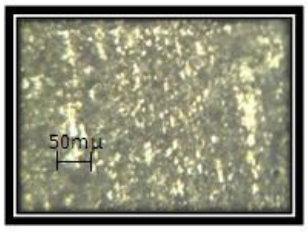


شكل (15) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل X20,X60 عند(20 Hz) .

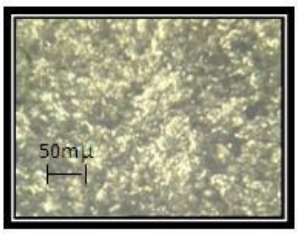
PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com



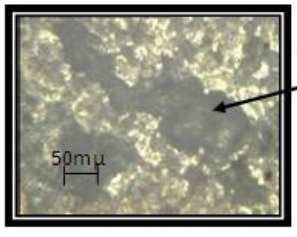
شكل (16) يوضح تأثير الاهتزازات على معدل تاكل X20,X60 عند(25Hz) .



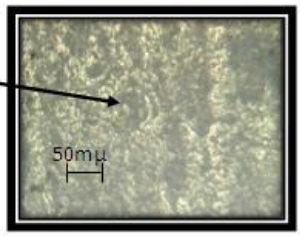
شكل(17)التآكل العام لسبيكة X60 .



شكل(19)التآكل العام لسبيكةX20.



شكل(18)التآكل بوجود الأهتزاز لسبيكةX60 .



شكل(20)التآكل بوجود الأهتزاز لسبيكةX20.

PDF created with pdfFactory Pro trial version www.pdffactory.com