Finding the Weight Loss Rate of Metallic Surfaces Exposed To Corrosion Presence of Vibration (Corrosion - Vibration)

Mohammed Abdulateef Ahmed
Production and Metallurgy Engineering Department, University of Technology/ Baghdad
Email:Metal_metal48@yahoo.com

Received on: 16/6/2011 & Accepted on: 7/6/2012

ABSTRACT

In this research the structural steel type (A36) samples were prepared by traditional preparation operations , chemical composition of samples was analyzed , hardness tested, then testing corrosion was achieved for two major cases, a general corrosion case when the corrosive medium (sea water) is static for five days period ,and the second case is the corrosion with presence of mechanical vibration, which included two branch cases , first case; corrosion of vibrated samples with the vibrated corrosive medium, and the second case when the samples are fixed and corrosive medium is vibratory , a total test period is five hours for each case ,then found weight loss and the corrosion rate of all cases of corrosion mentioned by a traditional weight loss method , as well as study the microstructures before and after the corrosion cases and to find an experimental mathematical formula that illustrate the relationships between corrosion and corrosion with presence of vibration, note that the used device to study the mechanical vibration effect was locally designed and manufactured, according to the modified American Standard (ASTM G32).Observed that the weight loss and corrosion rate reached the highest value in the second case of corrosion with presence of mechanical vibration (fixed samples and corrosive medium is vibratory), followed by the first case of corrosion with presence of mechanical vibration (vibrated samples with the vibrated corrosive medium), and less the value of the corrosion rate and weight loss is the state of general corrosion (corrosion in the static medium). It was noted that the microstructure of the structural steel became uniformly corroded after general corrosion case (in static corrosive medium) and corrosion regions were spread or scattered over all parts of the sample surface on a regular basis, while the microstructure in the two cases of corrosion with presence of mechanical vibration containing irregular corrosion cavitations and scattered randomly on the surface, and more deeply especially the second case (fixed samples and corrosive medium is vibratory). Illustrated from the results and carves there was relationship between mentioned corrosion cases, it was an experimental mathematical formula:

Acc.C.R.= Vib-C.R2 – (Vib-C.R1 +Static C.R.)

Keywords: Vibration, vibrocorrosion ,vibration-corrosion, vibration and corrosion.

https://doi.org/10.30684/etj.30.20.14
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq

ايجاد معدل فرق الوزن للاسطح المعدنية المعرضة للتاكل بوجود الاهتزاز (تاكل – اهتزاز)

الخلاصة

في هذا البحث أجريت تهيئة لعينات الفولاذ الأنشائي نوع (A36) بعمليات التحضير التقليدية ، وتحليل للتركيب الكيميائي ،ثم أختبار الصلادة وبعدها فحوصات التآكل وبحالتين رئيسيتين وهي حالة التآكل العام عندما يكون الوسط الأكال (ماء البحر) ساكناً ولمدة خمسة أيام ، والحالة الثانية هي حالة التآكل بوجود الأهتزاز الميكانيكي والتي تتضمن حالتين فرعيتين ؛ الأولى حصول حالة التآكل للعينات المهتزه مع الوسط المهتز والثانية عندما تكون العينات ثابتة والوسط مهتز، ومدة الأختبار الكلي لكل حالة خمسة ساعات ،وبعدها أيجاد فرق الوزن ومعدل التآكل لجميع حالات التآكل المذكورة بطريقة فرق الوزن التقليدية وكذلك دراسة البنية المجهرية قبل و بعد حالات التآكل ، وأيجاد صيغة رياضية تجريبية ربطت ما بين التآكل والتآكل بوجود الأهتزاز ، علما" بأن الجهاز المستخدم لدراسة تأثيرالأهتزاز الميكانيكي مصنع محلياً وبحسب المواصفة الأمريكية المعدلة(ASTM G32) .لوحظ أن فرق الوزن و معدل التآكل بلغ أعلى قيمة في الحالة الثانية من التآكل بوجود الأهتزاز الميكانيكي(العينات ثابتة والوسط الأكال مهتز) ، تليها الحالة الأولى من التآكل بوجود الأهتزاز(العينات مهتزة مع الوسط الأكال) ، والأقل قيمة في معدل التآكل وفرق الوزن هي حالة التآكل العام (التآكل في الوسط الساكن). ولوحظ أن البنية المجهرية للفولاذ الأنشائي بعد حالة التآكل العام (في الوسط الأكال الساكن) أصبحت متآكلة بشكل منتظم والتآكل منتشر على جميع أجزاء سطح العينة بالتساوي تقريبا" ؛ بينما كانت البنية المجهرية في حالتي التآكل بوجود الأهتزاز الميكانيكي محتوية على فجوات تآكل غير منتظمة ومنتشرة بصورة عشوائية على السطح ،وبعمق أكبر وبالأخص الحالة الثانية (عينة ثابتة في وسط مهتز). يتبين من النتائج والمنحنيات بأن هنالك علاقة بين حالات التآكل السابقة نتجت من خلالها الصيغة الرياضية التجريبية التالية :

$$Acc.C.R.= Vib\text{-}C.R2 - (Vib\text{-}C.R1 + Static\ C.R.)$$

الكلمات المرشدة: الأهتزاز ،التآكل بوجود الأهتزاز، تآكل – أهتزاز ، التآكل والأهتزاز.

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[1-4].

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 من نواتج التآكل) 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].

وفي عام 2010 قام الباحث **(قاسم)** [9] 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 :ثايويوريا 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 .

أما الباحثان(Manshedi) و(Mahri) [10] فقد وجدوا نتائج رقمية لأنهيار المعدن بسبب التآكل والتآكل المصاحب للأهتزاز و تأثيرها على الخواص الديناميكية لخزانات السوائل الأكالة المصنوعة من الفولاذ المطلية وغير المطلية بالكروم . ويبين البحث 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 الضغوط الهيدروديناميكية للسوائل ستتولد تأثيرات شديدة يجب مراعاتها في فترة تصنيع الخزانات لأطالة عمر خدمة الخزان .

والباحث (Habib) [11] 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 للغاز الطبيعي وبأستخدام طرق عالمية لكشف التآكل بوجود الأهتزاز عن طريق تمييز ترددات الرنين ، ومن خلالها تحلل المشاكل الناجمة من التآكل المصاحب للأهتزاز وتكون مسجلة رياضيا" .

وبين الباحثان (Blakman) و(Wall) [12] 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" .

الجانب العملي

المعدن المستخدم

بعد تحليل المعدن المستخدم كيميائياً في الشركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة والتابعة لوزارة النفط وبأستخدام جهاز المطياف الموجي (SPECTROMETER) (PMI MASTER) شركة (WAZ) ألمانيا الغربية، كانت نتيجة التحليل الكيميائي مبينة في الجدول

(1)،وعلى أساس هذا التحليل يكون تصنيف الفولاذ هو(A 36) وهو فولاذ كاربوني بحسب المواصفة الأميركية (ASTM)، والشكل (1) يوضح الجهاز المستخدم في تحليل السبيكة المستخدمة في البحث .

جدول (1) التركيب الكيميائي للعينة المستخدمة.

Chemical Composition %	Analytical	Standard Analytical
C	**0.13**	**≤ 0.20**
Si	**0.17**	**0.80**
Mn	**0.54**	**1.00**
Cr	**0.103**	**0.25**
Cu	**0.15**	**0.50**
Ni	**0.056**	**0.50**
Mo	**0.09**	**0.10**
V	**0.03**	**0.05**
W	**0.04**	**0.05**
Fe	**Rem.**	**Rem.**

شكل (1) جهاز تحليل المعادن (SPECTROMETER) .

توليد الأهتزازات

أستخدمت منظومة الاهتزاز والتي تتكون من محرك كهربائي مزود بكتلة أو قرص غير متزن لغرض تكوين الاهتزازات وجهاز متحكم بالسرعة لهذا المحرك ، ويمكن عن طريق متحكم السرعة ان نغير السرعة الدورانية $N(\mathrm{R.P.M.})$ وبالتالي نغير التردد ω لهذه المنظومة و فق المعادلتين [13,14] :

$$\omega=N/60 \text{ (RPS)} \qquad (1)$$

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

وتمت معايرة جهاز التحكم بالسرعة بأستخدام جهاز ستروبسكوب والذي يعطي السرعة الدورانية الحقيقية للمحرك، فعند مشاهدة القرص اثناء الدوران متوقف وفيه ثقب واحد فان الجهاز الستروبسكوب يعطي القيمة الحقيقية للسرعة الدورانية. و أستخدم جهاز متحسس للأهتزاز (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 موازي لاتجاه حركة الاهتزاز بواسطة مغناطيس مربوط مع المتحسس . والذي تمت 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 [13,14]:

$$d = \frac{acc}{(2 * p * f)^2 * \sqrt{2}} \qquad (3)$$

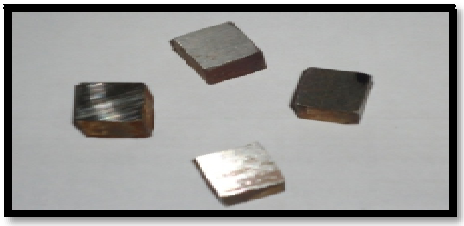
$$v=f*acc. \qquad (4)$$

يتم ربط المنظومة وكما في الشكل (4) حيث نفذت 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 السبيكة (A36).

تحضير العينات

القطع

قطعت العينات على شكل مكعبات منتظمة حيث كانت جميع الأبعاد (الطول والعرض والأرتفاع) هي (1Cm) كما في شكل (2) . و قطعت العينات بأستخدام جهاز قطع ملائم وهو (جهاز قطع المعادن) (CUTO 20) (JEAN WIRTZ المنشأ المانيا الغربية).



شكل (2) العينات التي تم تقطيعها.

التنعيم

تم تنعيم العينات المقطعة بأستخدام ورق تنعيم من كربيد السليكون (SiC) و بعدة تدريجات (240,320,500 and 1000µm) على التوالي وبأستخدام ماء الأسالة الجاري لتسهيل عملية التنعيم .

الصقل

بعد غسل العينات وتنظيفها بالماء تم صقل 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.

الأظهار

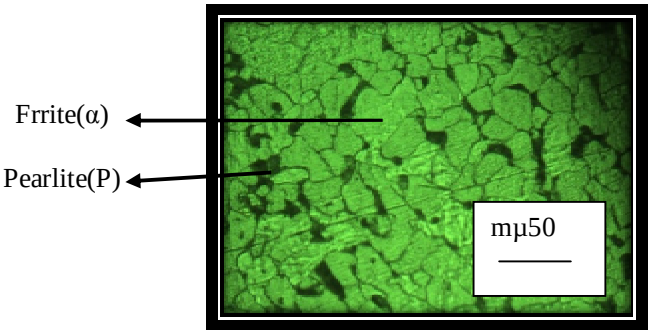
تم أستخدام محلول النايتل (HNO_3 1-5% + Alco. 95-99%) للأظهار بحيث غمرت العينات في محلول النايتل لمدة 15 ثانية بعد ذلك تم تهيئة العينات للفحص المجهري بتجفيفها بأستخدام مجفف كهربائي.

فحص الصلادة

فحصت صلادة الفولاذ المستخدم بجهاز قياس الصلادة هو (HB 3000 FRITSHI GMBTL WIRTH STR.48) (ألمانيا الغربية) وكانت صلادة الفولاذ هي (**Hardness = 137 HB**) ولهذا يعتبر المعدن بناءا" على هذهِ القيمة من المعادن المعتدلة الصلادة .

الفحص المجهري

بعد تحضير العينات تم التصوير بأستخدام المجهر الضوئي الميتالورجي وهو من نوع(METGT TECH ML 8000 SERIES JAPAN 3003) المربوط بالحاسبة في الشركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة التابعة لوزارة النفط ، و البنية المجهرية موضحة في شكل (3) .



شكل (3) البنية المجهرية للعينة قبل أجراء عمليات التآكل (200 X) .

أختبارات التآكل

بعد تحضير العينات أجري أختبار التآكل العام عندما يكون الوسط ساكنا" (ω =0Hz) وفي الظروف القياسية لكل من درجة الحرارة والضغط (25°C)، (1 atmosphere) ، و أجريت أختبارات التآكل بوجود الأهتزاز بنفس الظروف القياسية من حيث درجة الحرارة والضغط ويكون الوسط مهتزا" بتردد قدره (ω =150Hz) وبسعة قدرها (0.5 mm) وكان وسط التآكل هو ماء البحر الذي يعتبر وسط تآكل ملحي بأحتوائهِ على كلوريد الصوديوم (3.5% NaCl) أستنادا" للمعيار القياسي العالمي الأميركي (ASTM) . وطبقت طريقة فرق الوزن التقليدية لحساب معدلات التآكل العام والأهتزازي ؛ ولغرض قياس الأوزان تم أستخدام ميزان حساس من نوع (DENVER INSTRUMENT) ويعمل بدقة (0.0001gm).

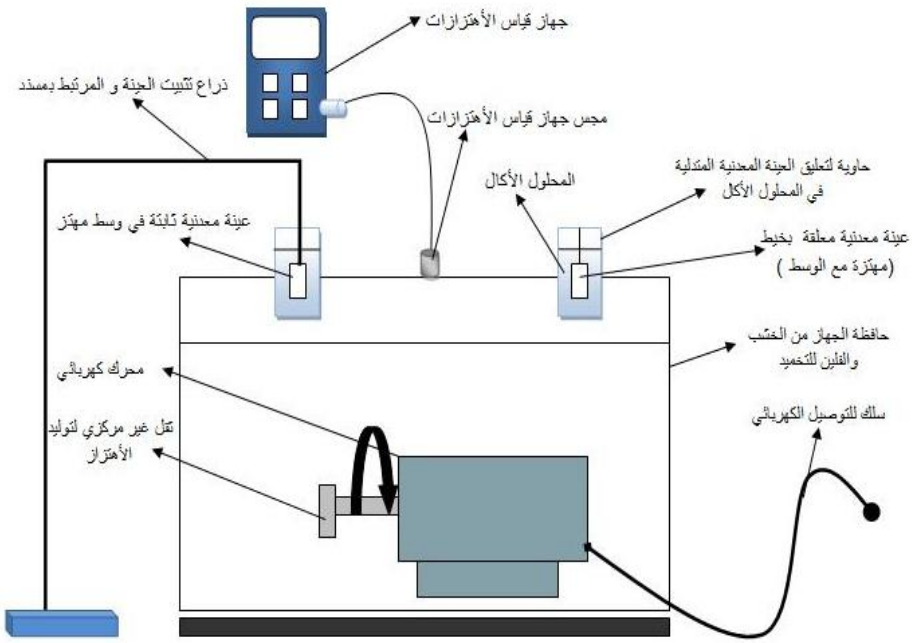
التآكل العام (الوسط ساكن)

في هذا النوع من التآكل عندما يكون الوسط ساكنا (ω =0Hz) ، حيث تم غمر العينات المراد أختبارها بعد تعليقها في الوسط الأكال (3.5%wt NaCl) وفي حاويات خاصة و لمدة خمسة أيام وتم تسجيل الوزن الأبتدائي للعينات وكذلك تم حساب فرق الوزن الحاصل بعد كل يوم للتآكل بعد أخراجها من المحلول الأكال وتنظيفها وتجفيفها جيدا" وهي الطريقة التقليدية.

التآكل بوجود الأهتزاز (الوسط مهتز)

تم أجراء عمليات التآكل بوجود الأهتزاز وبنوعيه (للعينة الثابتة في الوسط ألأكال المهتز) و (للعينة المهتزة مع الوسط الأكال المهتز) .أما الوسط الأكال فهو نفس الوسط الملحي المستخدم آنفا". وأن جهاز التآكل بوجود الأهتزاز المستخدم مصنع محليا" وبحسب المواصفة الأمريكية المعدلة (ASTM G32) ، وكان مقدار تردده مثبتا" عند (ω =150Hz) وبسعة قدرها (0.5 mm) . والجهاز المستخدم موضح في الشكل (4) ويتضمن أماكن لوضع الحاويات المملوءة بالمحلول الأكال لكي توضع فيها العينات المدروسة وهي على نوعين معلقة بخيط ومتدلية في الوسط الأكال أو مثبتة بذراع بلاستكي لايتآكل و ثابت ، وهذا الذراع يجعل العينة مغمورة في الحاويات المملوءة بالوسط الأكال والمهتز. ووضع العينات في الحاويات الخاصة

بالجهاز ونفذت حالتي التآكل بوجود الأهتزاز ، وكانت الفترة الكلية لكل حالة هي خمس ساعات بحيث تسجل الأوزان الأولية للعينات قبل أيجاد فرق الوزن الحاصل بعد كل ساعة .



شكل (4) جهاز التآكل بوجود الأهتزاز.

طريقة فقدان الوزن

ويتم حساب معدل التآكل في الغالب وفق طريقة فقدان الوزن التقليدية وكما في القانون التالي [6] [5] [4]:

$$\mathbf{C.R} = \frac{\Delta W}{A * t} \qquad \text{— (6)}$$

حيث أن :

C.R. : هو معدل التآكل (g/m^2day)

Δ w : مقدار فرق الوزن (g)

A : المساحة السطحية للعينة المعرضة للوسط الأكال (m^2)

t : الزمن (day)

وفي دراسة التآكل بوجود الأهتزاز على عينات الفولاذ الأنشائي في ماء البحر وبحالتيه (عندما تكون العينات مهتزة والوسط مهتز أيضا" وهي الحالة الأولى) و(عندما العينات تكون ثابتة

والوسط فقط يكون مهتز وهي الحالة الثانية) فإن معدل التآكل بوجود الأهتزاز سيتم أيجادهُ أيضا" بطريقة فقدان الوزن التقليدية وفق المعادلة (2) .

$$\textbf{Vib-C.R.1,2} = \frac{\Delta W}{A * t} \qquad -(7)$$

حيث أن :

Vib- C.R.1,2: هو معدل التآكل بوجود الأهتزاز بنوعيه(1,2) (g/m^2day)

Δ w : مقدار فرق الوزن (g)

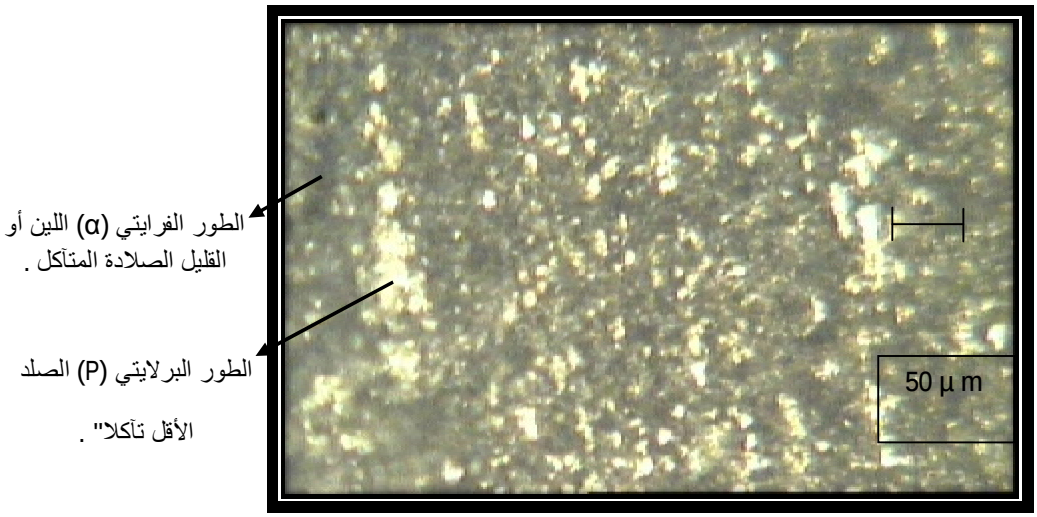
A : المساحة السطحية للعينة المعرضة للوسط الأكال (m^2)

t : الزمن (day)

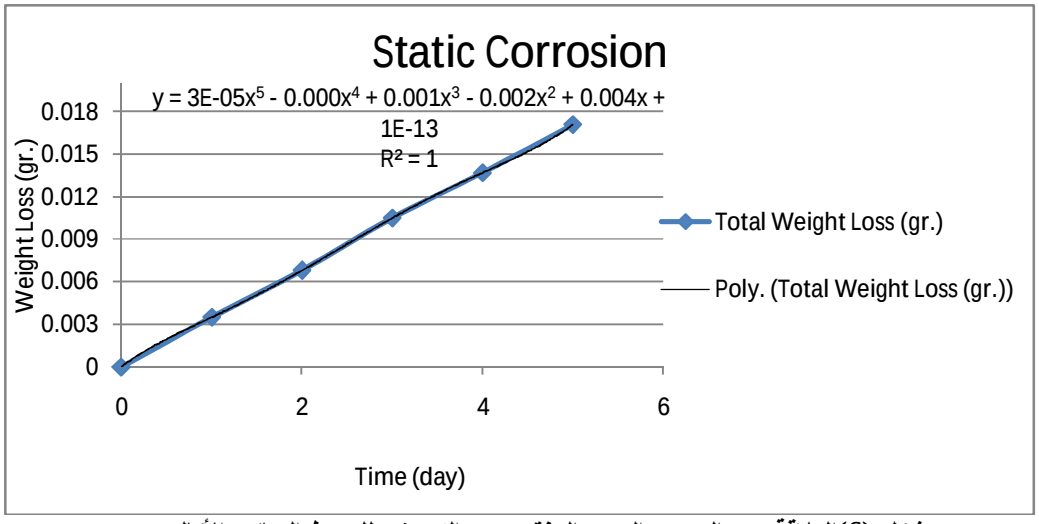
النتائج و المناقشة

قياسات التآكل العام (التآكل في الوسط الساكن) ونتائجه

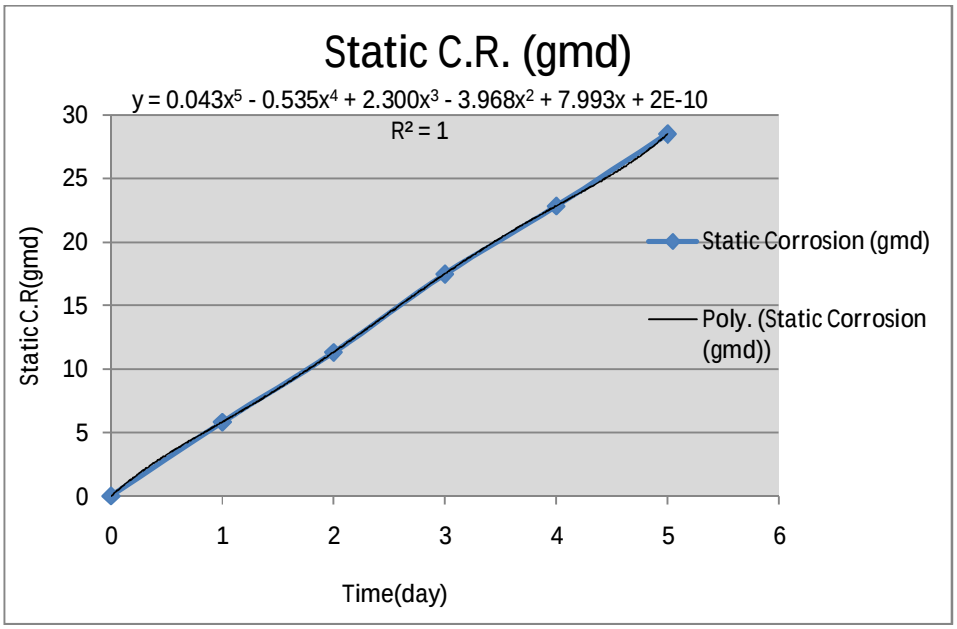
في ظل ظروف الوسط الأكال الساكن(التآكل العام) تبين بأن البنية المجهرية للعينة قد تعرضت للتآكل و بشكل منتظم ويشمل كل أجزاء سطح العينة تقريبا" كما مبين في شكل (5) لأن الوسط ساكن ولايسبب أي أضطراب أو فعل ميكانيكي على السطح مما يزيد من شدة التآكل في منطقة ما دون الأخرى [9-12] [4-6]. وكذلك الحال بالنسبة لفقدان الوزن كما في شكل (6)، أما معدل التآكل فالشكل (7) يوضح أستمرار التآكل للعينة بمرور الزمن لعدم تولد أي طبقة للخمودية (Passivity) على سطح العينة والتي تعزلها عن المحيط الخارجي الأكال [1-6].



شكل (5) البنية المجهرية الناتجة بعد التآكل العام في الوسط الأكال الساكن (تآكل منتشر بشكل منتظم على كل السطح) وبقوة تكبير (X 200).



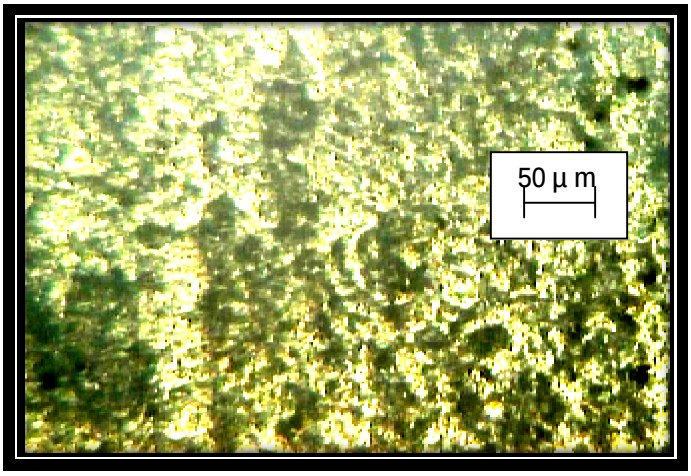
شكل (6)العلاقة بين الزمن والوزن المفقود بعد التعرض للوسط الساكن الأكال .



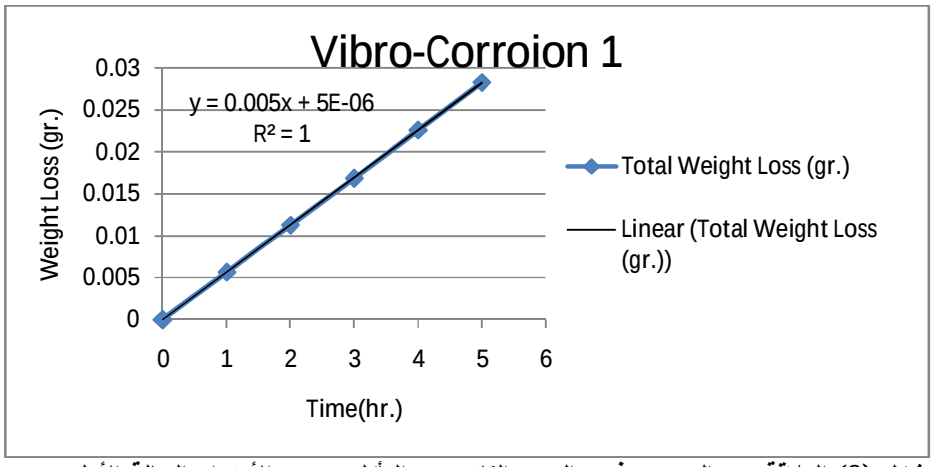
شكل (7) العلاقة مابين الزمن ومعدل التآكل الحاصل في الوسط الأكال الساكن.

قياسات التآكل بوجود الأهتزاز ونتائجه

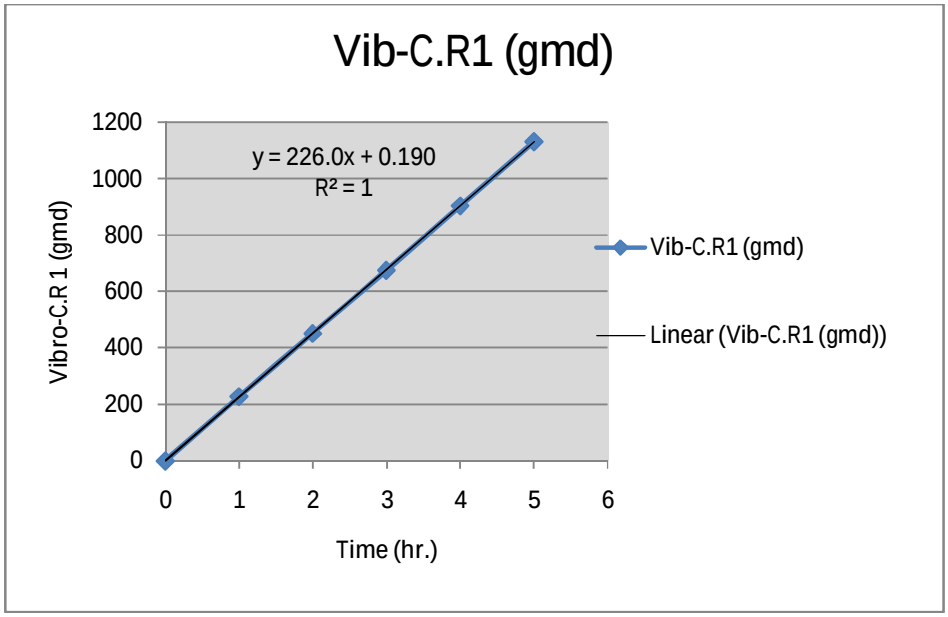
أولا") بالنسبة للحالة الأولى عندما تكون العينة مهتزة مع الوسط وتحت الظروف القياسية وبأستخدام جهاز التآكل بوجود الأهتزاز ذو التردد والسعة المذكورة أنفا" ، شكل (8) يبين ذلك، يتضح أن البنية تتعرض إلى التآكل بشكل غير منتظم وبفجوات تآكل كبيرة موزعة بصورة غير منتظمة على السطح بسبب الأهتزاز والفعل الميكانيكي الحاصل على السطح عن طريق الوسط الأكال المهتز، ونتيجة لذلك يحصل تعجيل في عملية التآكل [5,6,9]. شكل (9) يبين الفقدان بالوزن مع الزمن ، والشكل (10) يوضح معدل التاكل بمرور الزمن ، أي إن أنهيار القطعة العاملة سيكون معجل بوجود الأهتزاز داخل الوسط الأكال أكثر مما لو كانت في الوسط الأكال الساكن ، وهذا يعود الى دور التأثير الميكانيكي أو بفعل الأرتطام للمحلول الأكال المهتز والمحيط بعينة الأختبار المهتزة أيضا" مع الوسط مزيحا" نواتج التآكل المتولدة على سطح العينة ، وهذا ما سيولد تآكل موضعي شديد في مناطق الأرتطام بين المحلول الأكال والعينة وعلى شكل تجاويف والتي تعتبر مناطق لدخول المحلول الأكال مباشرة" الى المعدن الأساس والذي سيستمر بالتآكل بمرور الزمن وبشكل معجل وتكراري لحين حصول أنهيار المفاجيء للقطعة العاملة [1-6] [9-12].



شكل (8)البنية المجهرية الناتجة بعد الحالة الأولى من التآكل بوجود الأهتزاز (فجوات كبيرة وسطحية) وبقوة تكبير (200X).



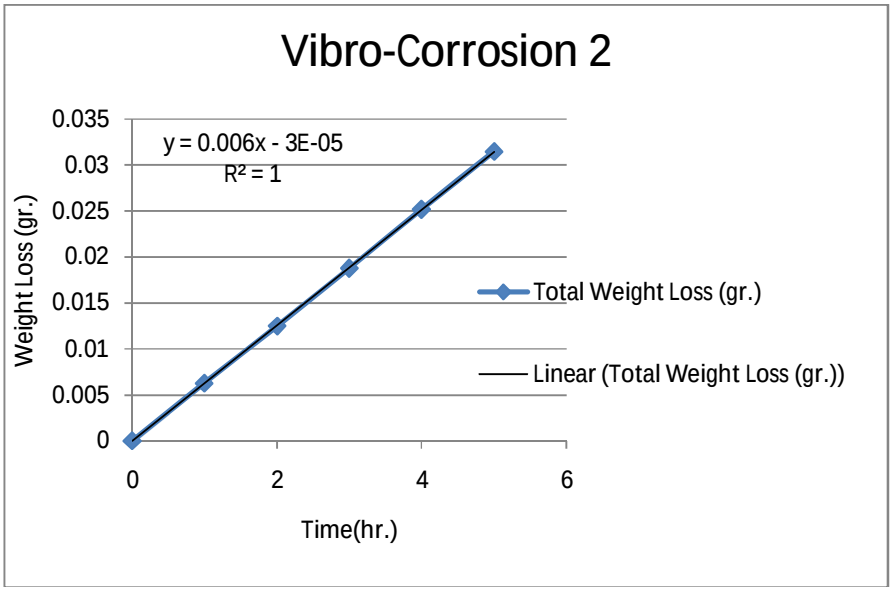
شكل (9) العلاقة بين الزمن و فرق الوزن الناتج من التأكل بوجود الأهتزاز الحالة الأولى.



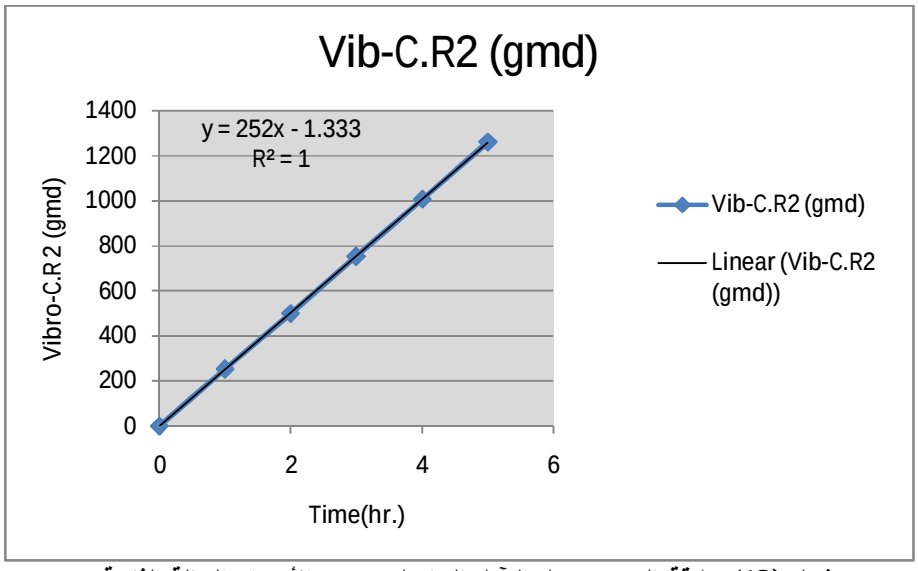
شكل (10)العلاقة بين الزمن ومعدل التآكل الحاصل بوجود الأهتزاز الحالة الأولى .

ثانيا") بالنسبة للحالة الثانية عندما تكون العينة ثابتة والوسط الأكال مهتز وبنفس الظروف المذكورة في الحالة الأولى للتاكل بوجود الأهتزاز وقد تبين أن الوزن المفقود يزداد بشدة أكثر من الحالتين السابقتين مع مرور الزمن كما مبين في شكل (11) ، وكذلك الحال بالنسبة لمعـــدل التآكل فأنه يزداد بمرور الزمن أيضا" أكثر من معدل التآكل في الحالتين السابقتين وكما مبـــين

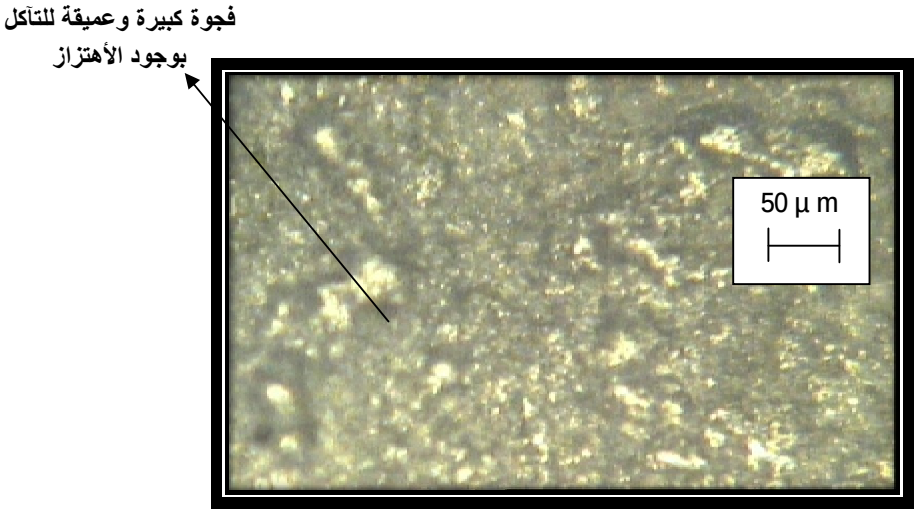
شكل (12) ، و تفسير ذلك هو أن فعل الأرتطام الميكانيكي للوسط الأكال المهتز يكون ذو تأثير ميكانيكي شديد على سطح العينة الثابتة الغير مهتزة مع الوسط الأكال أكثر مما لو كانت العينة مهتزة مع الوسط الأكال ، وهذا ما يجعل العينة تتآكل أسرع من العينة في الحالة الأولى و بتعجيل أكثر للتآكل [9-12] [1-6] . أما بالنسبة للبنية المجهرية للعينة الثابتة بعد التآكل بوجود الأهتزاز، فكان تآكلها موضعيا" شديدا" جدا" مقارنة" بالحالتين السابقتين ، حيث يكون سطح العينة في هذه الحالة (الحالة الثانية) حاويا" على فجوات أو تجاويف أوسع و أعمق من الحالة الأولى للتآكل بوجود الأهتزاز ولكنها ستعمل نفس عمل التجاويف أو الفجوات في الحالة الأولى ولكن بتعجيل اكثر بسبب شدة الأرتطام في هذه الحالة اكثر مما هو عليه في الحالة الأولى، كما في الشكل (13) ويتضح من الشكل أن البنية المجهرية تتعرض إلى التآكل بشكل غير منتظم وعلى شكل فجوات عشوائية كبيرة منتشرة على السطح نتيجة لحالة الأضطراب الكبيرة التي تحصل ونتيجة للتعجيل الكبير الحاصل في معدل التآكل [10-12][5-8]. ويمكن المقارنة بين الزمن والوزن المفقود لجميع حالات التآكل السابقة كما في شكل (14) .



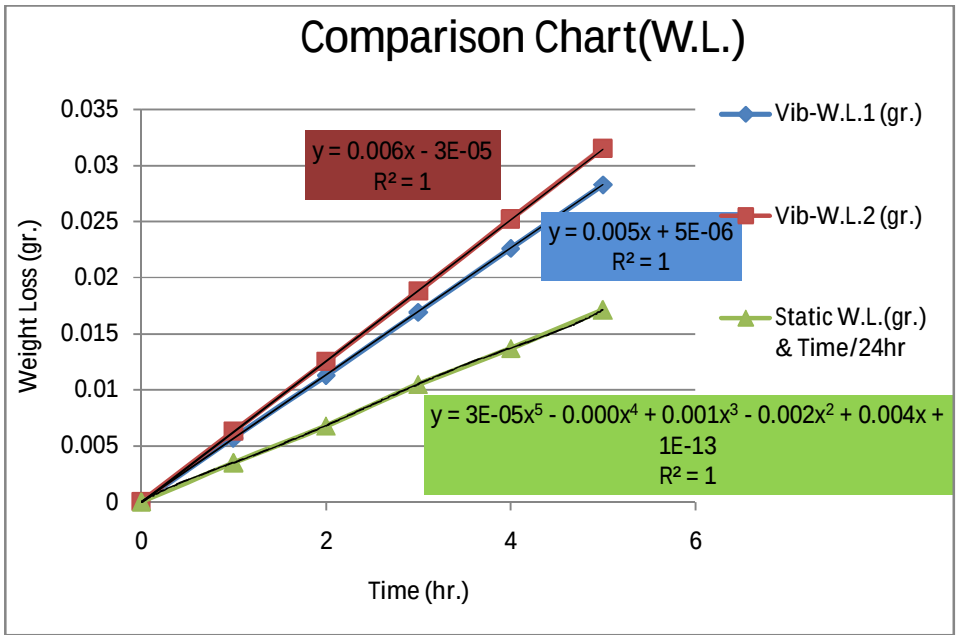
شكل (11) علاقة الزمن والفقدان بالوزن الناتج من التآكل بوجود الأهتزاز الحالة الثانية.



شكل (12) علاقة الزمن بمعدل التآكل الحاصل بوجود الأهتزاز الحالة الثانية.

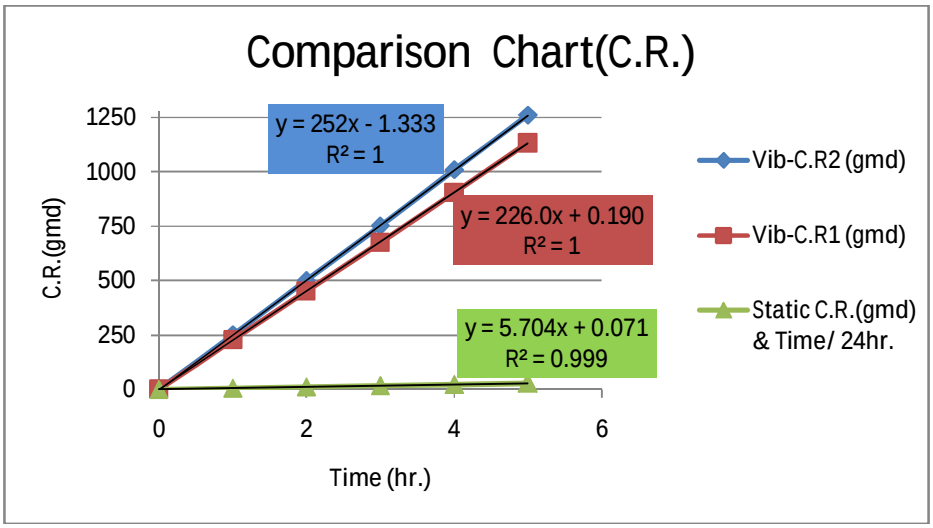


شكل (13) البنية المجهرية الناتجة بعد الحالة الثانية من التآكل بوجود الأهتزاز
(فجوات كبيرة وعميقة) وبقوة تكبير (200 X).



شكل (14) علاقة الزمن مع الوزن المفقود في حالات التآكل الثلاث .

حيث تبين بأن الوزن المفقود يكون في الحالة الثانية من التآكل بوجود الأهتزاز أكبر قيمة ثم تأتي الحالة الأولى من التآكل بوجود الأهتزاز، ويكون الوزن المفقود أقل قيمة في حالة التآكل العام (التآكل في الوسط الساكن) .كما يمكن توضيح الفروق في معدلات التآكل لجميع حالات التآكل كما في الشكل (15). حيث إن معدل التاكل يكون كبير جدا" في حالة التآكل بوجود الأهتزاز وعندما تكون العينات ثابتة والوسط مهتز نتيجة للحركة الأهتزازية للوسط الأكال الملامس لسطح العينة و يحدث تحلل كهروكيميائي شديد متزامن مع التأثير الميكانيكي الناتج من الحركة الأهتزازية للسائل الأكال مسببا" جرف لنواتج التآكل المتكونة على سطح العينة والمعيقة لتبادل الأيونات والألكترونات (الفعل الأرتطامي للوسط على سطح العينة) ، وهذا يزيد من أنتشار الأيونات والألكترونات للمعدن وللمحلول الأكال ويعجل من التآكل ويصبح المعدن الأساس عرضة للوسط الأكال بعد إزالة الطبقات الواقية (passive films) المتكونة على سطح العينة وهكذا تتكرر العملية عدة مرات مما يؤدي الى زيادة كبيرة في فقدان الوزن للعينة المعرضة للوسط الأكال.



شكل (15) علاقة معدلات التآكل للحالات الثلاث مع الزمن .

ومن الأشكال والعلاقات السابقة يمكن أستنتاج صيغة رياضية تجريبية تبين التعجيل في معدل تآكل سطح المعدن المعرض للتآكل بوجود الأهتزاز بالربط بين حالات التآكل الثلاثة ، و الصيغة هي:

Acc.C.R.= Vib-C.R2 – (Vib-C.R1 +Static C.R.)

Acc.C.R.= 1260 – (1132+28.5)=156.5 (gmd)

حيث أن :- **(Acc.C.R.)** هو مقدار التعجيل بالتآكل ، **(Vib-C.R2)** هو معدل التآكل بوجود الأهتزاز الحالة الثانية أو **(التأثير الكلي)** والمتكون من **(Vib-C.R1)** وهو معدل التاكل بوجود الأهتزاز الحالة الأولى ، و **(Static C.R.)** وهو معدل التآكل في الوسط الساكن وجميعها بوحدات **(gram/m^2 x day)** وأختصارها **(gmd)**.

الأستنتاجات

1. معدل التآكل للعينات الثابتة والمعرضة لوسط أكال مهتز(الحالة الثانية) يكون أكبر من معدل التآكل للعينات المهتزة مع الوساط الأكال المهتز (الحالة الأولى). ويليه معدل تآكل العينات في الوسط الساكن.
2. البنية المجهرية معرضة للتآكل وبشكل منتظم تقريباً على كل السطح في حالة التآكل العام (حالة الوسط الساكن) وعلى عكس حالة التآكل بوجود الأهتزاز(وبحالتيه) الذي تكون فيه البنية المجهرية معرضة للتآكل وبشكل غير منتظم وعشوائي وبشكل فجوات كثيرة على السطح وتكون أكثر عمقا" في حالة العينة ثابتة والوسط الأكال مهتز (الحالة الثانية للتآكل بوجود الأهتزاز).

3. يتبين من النتائج والمنحنيات المستحصلة السابقة بأن هنالك علاقة رياضية تجريبية تربط حالات التآكل الثلاثة لأيجاد مقدار التعجيل بمعدل التآكل بسبب الأهتزاز الميكانيكي المصاحب للتآكل ،والعلاقة هي:

Acc.C.R.= Vib-C.R2 – (Vib-C.R1 +Static C.R.)

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 "التآكلِ 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 , (2000).

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

[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]. 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.

[10]. Dehghan Manshadi, S.H. 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).

[11]. Habib Ammari et al," Vibration Testing for Detection Internal Corrosion ", hal-00125820, Version 1-22 Jan(2007) ,1-3.

[12]. Blakman and R.Wall L.C.F.,"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),285-286.

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

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