المقارنة بين التآكل في الوسط الساكن و المهتز لفولاذ متوسط الكاربون نوع CK45

م. محمد عبد اللطيف أحمد م.م. أمجاد حسين جاسم
هندسة الأنتاج والمعادن /الجامعة التكنولوجية / بغداد / العراق
Metal_metal48@yahoo.com

الخلاصة :

أجريت في هذا البحث تهيئة لعينات فولاذ أسطوانات الغاز الطبيعي نوع (CK٤٥) بعمليات التحضير التقليدية ، وتحليل للتركيب الكيميائي ، ثم أختبار الصلادة وبعدها فحوصات التآكل وبحالتين رئيسيتين وهي حالة التآكل العام عندما يكون الوسط الأكال (ماء البحر وحامض الكاربونيك الضعيف) ساكنا" ولمدة أربعة 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 أربع ساعات ،وبعدها أيجاد فرق الوزن ومعدل التآكل لجميع حالات التآكل المذكورة بطريقة فرق الوزن التقليدية وكذلك دراسة البنية المجهرية قبل و بعد حالات التآكل . 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 لذلك الفولاذ 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).

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

Comparison between Corrosion in Static and Vibrated Medium for Medium Carbon Steel Type CK45

Mohammed Abdulateef Ahmed *Amjad hussain jasem*

Abstract:

In this research the natural gas cylinder steel type (CK٤٥) samples were prepared by traditional preparation operations , chemical composition of samples was analyzed , the hardness was tested, then corrosion testing was achieved for the two major cases, a general corrosion case when the corrosive medium (sea water and weak carbonic acid) was static for four hours , and the second case was corrosion with presence of mechanical vibration, which included two sub-cases , in first case; corrosion of vibrated samples with vibrated corrosive medium, and in second case when the samples were fixed and corrosive medium was vibratory , a total test period was four hours for each case ,then weight loss and the corrosion rate of all cases of corrosion mentioned was calculated by a traditional weight loss method , as well as the microstructures before and after the corrosion cases were

studied. The weight loss and corrosion rate reached the highest value in the second case of corrosion with presence of mechanical vibration were observed for (fixed samples and corrosive medium is vibratory), than first case of corrosion with presence of mechanical vibration (vibrated samples with the vibrated corrosive medium), and less value of corrosion rate and weight loss in case of general corrosion (corrosion in static medium). It was that the noticed microstructure of specimen became uniformly corroded by general corrosion (in static corrosive medium) and corrosion regions were spread over all sample surface on a regular basis, while the microstructure in the other two corrosion cases with presence of mechanical vibration, containing irregular corrosion cavitations and scattered randomly on the surface, and more deeply especially in the second case (fixed samples in vibrated corrosive medium).

Key words : Vibration, vibrocorrosion ,vibration-corrosion, vibration and corrosion ,Steel CK45.

١. 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 ستؤمن استمرارية وجود سطح نظيف خالي من نواتج التآكل [١-٤]

والتآكل يحدث في جميع أنواع المعادن وإذا كان الوسط المتحرك يحتوي على جسيمات صلبة ستكون ذات تأثير كبير على المعدن . ونتيجة الحركة المستمرة تحدث عملية إزاحة للطبقة السطحية الواقية (وهذه الطبقة السطحية الواقية تعتبر من نواتج التآكل) الموجود بين السائل الأكال والمعدن [٥,٦].

وبما أن التآكل بوجود الأهتزاز هو عبارة عن تفاعل كيميائي أو كهروكيميائي مصحوب بحركة أهتزازية وهذه الحركة ستولد أضطراب بالوسط الأكال ، يؤدي الى حدوث تآكل فجوي نتيجة لحركة السائل الأكال الحاوي على فقاعات هوائية بسرعة عالية. هذا التآكل يعتبر من أنواع التآكل بالتعرية الذي يعرّف بأنه معدل التآكل أو التحلل الكهروكيمياوي نتيجة الحركة الأهتزازية للوسط الأكال الملامس لسطح المعدن وهذه الظاهرة واضحة جدا" في المراجل والنفاثات و التوربينات حيث يحدث تحلل كهروكيميائي متزامن مع التأثير الميكانيكي الناتج من الحركة الأهتزازية للسائل الأكال مسببا" جرف لنواتج التآكل المتكونة على سطح العينة والمعيقة لتبادل الآيونات والألكترونات (كما في حالة التآكل الساكن) مما يؤدي الى زيادة أنتشار أيونات والكترونات المعدن والمحلول الأكال ويعجل من التآكل ويصبح المعدن الأساس عرضة للوسط الأكال بعد إزالة الطبقات الواقية المتكونة على سطح المعدن و تستمر حتى تسبب أنهيار ذلك المعدن خصوصا" عند أنفصال نواتج التآكل الصلبة من سطح المعدن المتآكل بسبب الوسط الأكال المهتز فتقوم هذه النواتج الصلبة بزيادة عملية الجرف من سطح المعدن ومن ثم زيادة معدل فرق الوزن [٦,٧,٨] .

أُجريت اختبارات التآكل على انبوب من الفولاذ الكاربوني في حامض الهيدروليك بتركيز (٠.١N) تحت ظروف ساكنة للمحلول وعند ظروف جريان للمحلول بسرع دورانية (٤٠٠الى ١٤٠٠) دورة بالدقيقة ومدى من الدرجات الحرارة (٣٥الى٦٠) بأستخدام طريقة فقدان الوزن مع جود عدة انواع من مانعات التاكل :ثايويوريا واثلين داي مين وداي اثانول امين وفور مالديهايد بتركيز(٤٠٠الى٢٠٠٠) جزء لكل مليون باستخدام طريقة الاسطوانة الدوارة . بينت النتائج ان معدل التآكل يزداد مع زيادة درجة حرارة المحلول وزيادة سرعة دورانه ويقل مع زيادة تركيز المانعات . أعلى منع تم الحصول في حالة الظروف الساكنة كان باستخدام الثايو يوريا و وصل الى(٧٧%) واقل منع كان باستخدام الفورملديهايد(٣٧%)حسب درجة الحرارة وتركيز المانع . كذلك بينت النتائج ان كفائة المانع تزداد بازدياد تركيزه وتقل مع زيادة سرعة المحلول[٩] .

لقد وجد أن النتائج الرقمية 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 المصاحبة للتآكل لها أثر كبير على معدل التآكل ،وبوجود الضغوط الهيدروديناميكية للسوائل ستتولد تأثيرات شديدة يجب مراعاتها في فترة تصنيع الخزانات لأطالة عمر خدمة الخزان [١٠] .

كما تمت دراسة 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 تحليل المشاكل الناجمة من التآكل المصاحب للأهتزاز [١١] .

إن الحركة 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" [١٢] .

لقد بينت التجارب العملية لبيان تاثير الأهتزازات الميكانيكية على تآكل فولاذ الانابيب الناقلة للنفط (X٦٠,X٢٠) وفي وسط اكال ، أن سرعة الأهتزاز تزيد من معدل تاكل هذه السبائك [١٣] .

٢. الجانب العملي

٢.١. المعدن المستخدم

تم تحليل المعدن المستخدم كيميائيا" في الشركة العامة للمعدات الهندسية الثقيلة والتابعة لوزارة النفط وبأستخدام جهاز المطياف الموجي (SPECTROMETER) (PMI MASTER) شركة (WAZ) ألأمانية والمبينة في **الجدول (١)**،وعلى أساس هذا التحليل يكون تصنيف الفولاذ هو(DIN CK٤٥) .

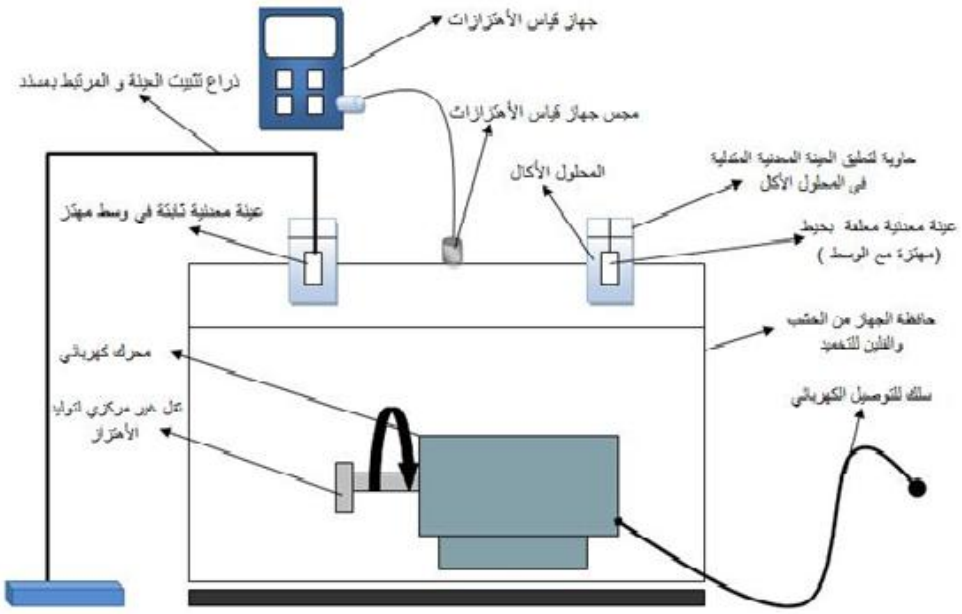
جدول (١) التركيب الكيميائي للعينة المستخدمة.

Metal	%C	%Si	%Mn	%P	%S	others	%Fe
Composition	٠.٤٦	٠.٢١	٠.٦٨	٠.٠٣	٠.٠٢٥	٠.٠٠٥	Rem.

٢.٢. توليد الأهتزازات

منظومة الأهتزاز المتكونة من محرك كهربائي مزود بكتلة غير متزن لغرض توليد الاهتزازات مع جهاز تحكم بالسرعة . تمت معايرة جهاز التحكم بالسرعة بأستخدام جهاز ستروسكوب ، الذي يعطي قيم السرعة الدورانية الحقيقية للمحرك و أستخدم جهاز متحسس للأهتزاز (vibration meter) وقد يتم تثبيته بصورة عمودية على سقف الجهاز وعلى ذراع تثبيت عينة الأختبار بالذات، أي موازي لاتجاه حركة الاهتزاز بواسطة مغناطيس مربوط مع المتحسس و تمت معايرته بأستخدام جهاز معايرة(Accelerometer Calibrator) نوع (B & K ٤٢٩) وكما مبين بالشكل (١) . وتصل أعلى قيمة للسرعة مقدارها (٢٠٠mm/s) حيث اتعجيل .acc (٢٠٠ m/s^2) . الشكل (٢) يبين كيفية ربط المنظومة حيث نفذت جميع التجارب، علما" بأن الجهاز المستخدم لدراسة تأثير الأهتزاز الميكانيكي مصنع محليا" وبحسب المواصفة الأمريكية المعدلة (ASTM G٣٢).

شكل (١) يوضح منظومة الاختبار.

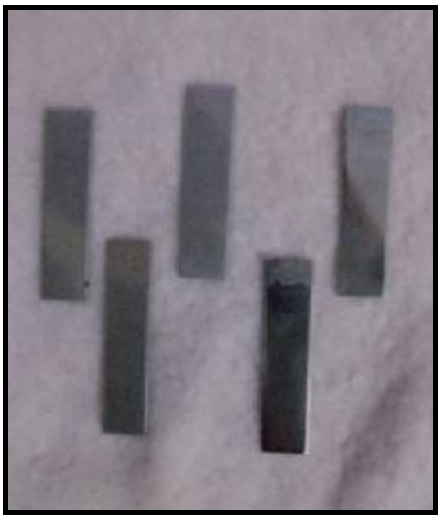


شكل (٢) جهاز التآكل بوجود الأهتزاز.

٢.٣. تحضير العينات

٢.٣.١. القطع

تقطيع الفولاذ CK٤٥ لعينات مستطيلة بالأبعاد (٤x١x٠.٢cm) شكل (٣) . بأستخدام جهاز قطـــع JEAN (٢٠ CUTO) (WIRTZالمنشأ المانيا).



شكل (٣) العينات التي تم تقطيعها.

٢.٣.٢. التنعيم

تم تنعيم العينات المقطعة بأستخدام ورق تنعيم من كربيد السليكون (SiC) و بعدة تدريجات (١٠٠٠μm and ٥٠٠,٣٢٠,٢٤٠) على التوالي وبأستخدام الماء.

٢.٣.٣. الصقل

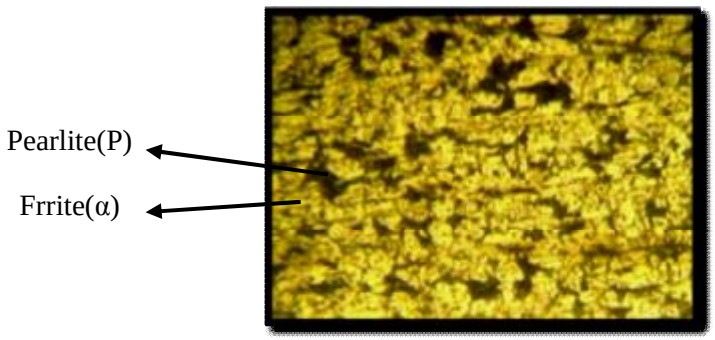
بعد غسل العينات وتنظيفها بالماء تم صقل العينات بمادة الألومينا(AL_2O_3) ذات حجم حبيبي (٠.٣ مايكرون) غسل العينات بالماء وتجفيفها بمنديل ورقي.

٢.٣.٤. الأظهار

أستخدام محلول النايتل (٩٥% Alco. + ٥% HNO_3) للأظهار بحيث تُمسح العينات بمحلول النايتل لمدة ١٥ ثانية وغسل العينة بالماء بعدها بالكحول و من ثم تجفيفها لغرض فحص تركيبها المجهري.

٢.٣.٥. الفحص المجهري

تم التصوير بأستخدام المجهر الضوئي الميتالورجي نوع METGT TECH ML ٨٠٠٠ SERIES JAPAN (٣٠٠٣) المربوط بالحاسبة شكل (٤) يبين شكل البنية المجهرية .



شكل (٤) يبين البنية المجهرية للعينة قبل أجراء عمليات التآكل بتكبير (X٦٥).

٢.٣.٦. فحص الصلادة

فحصت صلادة الفولاذ المستخدم بجهاز قياس الصلادة (HB ٣٠٠٠ FRITSHI GMBTL WIRTH STR.٤٨) كانت صلادة الفولاذ **(HB ١٥٦)** .

٣. نتائج التجارب العملية :

بعد تحضير العينات أجري أختبار التآكل العام عندما يكون الوسط ساكنا" (ω =٠Hz) وفي الظروف القياسية لكل من درجة الحرارة والضغط (٢٥°C) ،(١ضغط جوي) ، و أجريت جميع أختبارات التآكل بوجود الأهتزاز بنفس الظروف القياسية من حيث درجة الحرارة والضغط ويكون الوسط مهتزا" بتردد قدره (ω =١٥٠Hz) وبسعة قدرها (٠.٥ mm) وكان وسط التآكل هو ماء البحر الذي يعتبر وسط تآكل ملحي لأحتوائهِ على كلوريد الصوديوم (٣.٥% NaCl) أستنادا" للمعيار القياسي العالمي الأميركي (ASTM)، ومضافا" له غاز ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) والذي يولد حامض الكاربونيك الضعيف(H_2CO_3) بعد أتحاده بالماء (H_2O) والذي يرفع حامضية المحلول الأكال من(pH =٨.٤) لماء البحر الى (pH=٤.٤) كمحفز للتآكل . وطبقت طريقة فرق الوزن التقليدية لحساب معدلات التآكل العام والأهتزازي بعد قياس الأوزان باستخدام ميزان حساس نوع (DENVER INSTRUMENT) بدقة (٠.٠٠٠١gm).

٣.١. التآكل العام (الوسط ساكن)

عندما يكون الوسط ساكناً (ω =٠Hz) ، حيث تم غمر العينات المراد اختبارها بعد تعليقها في الوسط الأكال (pH= ٤.٤) و لمدة أربعة ساعات تم تسجيل الوزن الابتدائي للعينات قبل التآكل وكذلك تم حساب فرق الوزن الحاصل بعد كل ساعة للتآكل بعد إخراجها من المحلول الأكال وتنظيفها وتجفيفها جيدا" ، وكذلك أجراء الفحص ألمجهري لها مباشرة" (للمقطع الجانبي) بدون تحضير سطحي لعدم إزالة نواتج التآكل من سطحها .

٣.٢. التآكل بوجود الأهتزاز (الوسط مهتز)

التآكل بوجود الأهتزاز وبنوعيه (العينة الثابتة في الوسط ألأكال المهتز) ، (العينة المهتزة مع الوسط الأكال المهتز) وكان الوسط الأكال (pH = ٤.٤). والجهاز المستخدم موضح في الشكل (٢) ويتضمن أماكن لوضع الحاويات المملوءة بالمحلول الأكال لكي توضع فيها العينات المدروسة وهي على نوعين معلقة بخيط ومتدلية في الوسط الأكال أو تكون العينة 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 المدة الزمنية الكلية لكل حالة هي أربع ساعات بحيث تسجل الأوزان الأولية للعينات قبل أيجاد فرق الوزن الحاصل بعد كل ساعة . ومن ثم رسم علاقات بيانية لحالات التآكل وتكون بين زمن الأختبار(بالساعات) وفرق الوزن (بالغرام) مرة ومع معدل فرق الوزن بالـ (غم \م^2 *يوم) مرة أخرى .

٤. طريقة حساب فقدان الوزن

يتم حساب معدل التآكل في جميع الحالات وفق طريقة فقدان الوزن التقليدية وحسب القانون التالي[٦] [٥] [٤]:

$$C.R = \frac{\Delta W}{A * t} \quad \text{_____ (١)}$$

حيث أن :

C.R. : هو معدل التآكل بوحدة ($g/m^2 day$)

Δw : مقدار فرق الوزن بوحدة (g)

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

t : الزمن بوحدة (day)

ولهذا يتم تحويل الوقت المستخدم بالتجارب من الساعات الى الأيام والمساحة السطحية المعرضة للتآكل من السنتمترات الى الأمتار .

٥. النتائج و المناقشة

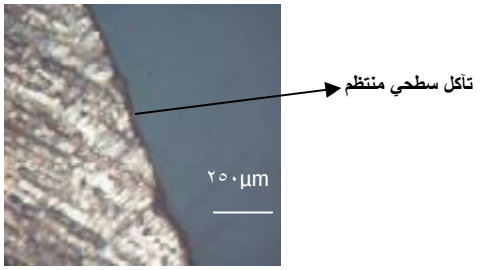
١. التآكل عندما الوسط الأكال الساكن (التآكل العام) تبين بأن البنية المجهرية للمقطع الجانبي للعينة قد تعرضت للتآكل و بشكل منتظم ويشمل كل أجزاء سطح العينة تقريبا" كما مبين في شكل (٥) لعدم وجود أضطراب أو فعل ميكانيكي على السطح مما يؤثر في شدة التآكل من منطقة الى الأخرى.

٢. الحالة الأولى التآكل بوجود الأهتزاز (عندما تكون العينة مهتزة مع الوسط الأكال وتحت الظروف القياسية) ، وبأستخدام جهاز التآكل بوجود الأهتزاز ذو التردد والسعة المذكورة أنفا" تم الحصول على الشكل (٦)، ويتضح إن البنية المجهرية للمقطع الجانبي للعينة قد تعرضت إلى تآكل بشكل غير منتظم وتكونت فجوات تآكل كبيرة موزعة بصورة غير منتظمة على السطح بسبب الأهتزاز والفعل الميكانيكي الحاصل على السطح عن طريق الوسط الأكال المهتز، ونتيجة لذلك حصل تعجيل في عملية التآكل.

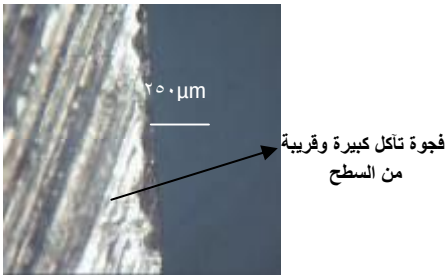
٣. الحالة الثانية (عندما تكون العينة ثابتة والوسط الأكال مهتز وبنفس الظروف المذكورة في الحالة الأولى للتاكل بوجود الأهتزاز) فأن البنية المجهرية للعينة بعد التآكل بوجود الأهتزاز سيكون تآكلها موضعيا" و شديد جدا" مقارنة" بالحالتين السابقتين ، حيث يكون سطح العينة في هذه الحالة (الحالة الثانية) حاويا" على فجوات أو تجاويف أوسع وأعمق 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 أكثر مما هو عليه في الحالة الأولى، كما في الشكل (٧) ويتضح من الشكل أن البنية المجهرية للمقطع الجانبي للعينة قد تعرض 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.

٤. لغرض المقارنة بين الزمن والوزن المفقود لجميع حالات التآكل السابقة كما في شكل (٨) . حيث يتبين 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 الأكال

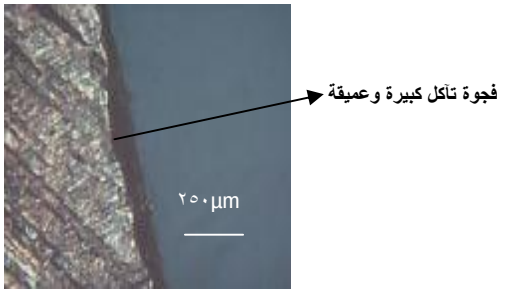
الساكن) ، وهذا يعود الى دورالتأثير الميكانيكي أو بفعل الأرتطام للمحلول الأكال المهتز والمحيط بعينة الأختبارالمهتزة أيضا"مع الوسط (أو قد تكون ثابتة) مزيحا" نواتج التآكل المتولدة على سطح العينة ، وهذا سيولد تآكل موضعي شديد في مناطق الأرتطام بين المحلول الأكال والعينة وعلى شكل تجاويف والتي تعتبر مناطق لدخول المحلول الأكال مباشرة" الى المعدن الأساس الذي سيستمر بالتآكل بمرور الزمن وبشكل معجل وتكراري لحين حصول أنهيار المفاجيء للقطعة العاملة . كما يمكن توضيح الفروق في معدلات التآكل لجميع حالات التآكل كما في الشكل (٩). حيث إن معدل التاكل يكون كبير جدا" في حالة التآكل بوجود الأهتزاز و خصوصا" عندما 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.
وبمعنى آخر 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 ، والجدول (٢) يبين ذلك.



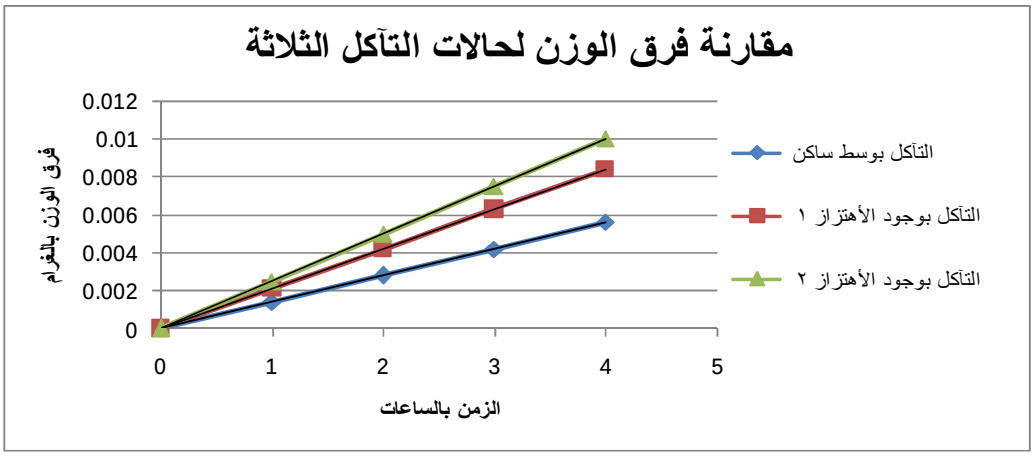
شكل (٥) يبين بنية مجهرية للمقطع الجانبي لعينة في حالة التآكل العام في الوسط الأكال الساكن (تآكل منتشر بشكل منتظم على كل السطح) .



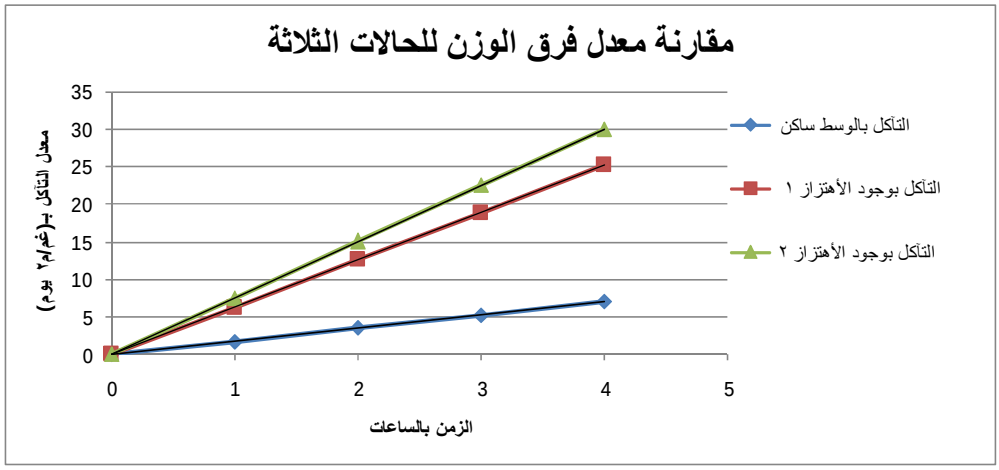
شكل (٦) يبين بنية مجهرية للمقطع الجانبي لعينة في الحالة الأولى من التآكل بوجود الاهتزاز(فجوات كبيرة وسطحية) .



شكل (٧) يبين بنية مجهرية للمقطع الجانبي لعينة في الحالة الثانية من التآكل بوجود الأهتزاز (فجوات كبيرة وعميقة) .



شكل (٨) يبين العلاقة بين زمن الأختبار و الوزن المفقود في حالات التآكل الثلاث .



شكل (٩) يبين العلاقة بين معدلات التآكل للحالات الثلاث و زمن الأختبار .

جدول (٢) يبين زمن الأختبار وفرق الأوزان ومعدلات التآكل في الوسط الساكن والوسطين المهتزين

معدل التآكل بوجود الأهتزاز ٢	معدل التآكل بوجود الأهتزاز ١	معدل التآكل بالوسط الساكن	فرق وزن التآكل بوجود الأهتزاز ٢	فرق وزن التآكل بوجود الأهتزاز ١	فرق وزن التآكل بالوسط الساكن	الزمن بالساعات
٠	٠	٠	٠	٠	٠	٠
٧.٥	٦.٣٢	١.٧٥	٠.٠٠٢٥	٠.٠٠٢١	٠.٠٠١٤	١
١٥.٢	١٢.٦	٣.٥	٠.٠٠٥١	٠.٠٠٤٣	٠.٠٠٢٩	٢
٢٢.٥	١٨.٩١	٥.٢٥	٠.٠٠٧٥	٠.٠٠٦٢	٠.٠٠٤٤	٣
٣٠	٢٥.٢٢	٧.٢	٠.٠١	٠.٠٠٨٥	٠.٠٠٥٧	٤

٦. الاستنتاجات

١. 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.

٢. 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) وهذا ما تبينه الصور المجهرية الجانبية لحالات التآكل الثلاثة .

المصادر والمراجع :

١. **د. سامي أبراهيم جعفر الربيعي،" الأسس والمبادئ الهندسية للتآكل"، الجزء الأول ، الجامعة التكنولوجية ،(٢٠١٠) .**

٢. **د. قحطان خلف الخزرجي & د. عبد الجواد محمد شريف "التآكلِ أسبابهُ _ حدوثهُ _ طرق الحماية منهُ" ، الطبعة الأولى، دار دجلة ، المملكة الأردنية الهاشمية ، (٢٠١٠) .**

٣. **د. حسين باقر رحمة الله ،" هندسة التآكل وحماية سطوح المعادن" ،الجامعة التكنولوجية،(١٩٩٠) .**

٤. **Fontana and Green,"Corrosion Engineering",McGraw-Hill book Co.,third edition,(١٩٨١).**

٥. **Shrier L.L. , "Corrosion Metal / Environment reactions " ,Volume١ , printed and bound in Great Britain , Butterworth Hejne Mann , Third edition , (٢٠٠٠).**

٦. **Kenneth R. & John chamberlain " Corrosion for Science & Engineering " Addison Wesley London, LONGMAN Group Limited, first and second edition, (١٩٩٦) .**

٧. **Denny A. Jones. " Principles and Prevention of Corrosion " Macmillan . Publishing Co. Maxwell Macmillan Canada & Maxwell international Publishing Group , (١٩٩٢).**

٨. **Annual Book of ASTM Standards ,Vol.٠٣.٠٢ , Designation G٣٢,(٢٠١٠).**

٩. **Qasim J.M. Slaiman ,Basim O. Hasan , Hader M.Turki, "Performance of some corrosion inhibitors for carbon steel in hydrochloric acid",The ٢nd Regional .Conf. for Eng.Sci./College.of Eng./Al-Nahrain University/١-٢/١٢/٢٠١٠.**

١٠. **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 ٤٨,Issue١٢,elesiver , December(٢٠١٠).**

١١. **Habib Ammari et al," Vibration Testing for Detection Internal Corrosion ", hal-٠٠١٢٥٨٢٠, Version ١-٢٢ Jan(٢٠٠٧) ,١-٣.**

١٢. **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.١٠ Journal Home, Current Issue, Nature Publishing Group ,١٨ April (١٩٦٤),٢٨٥-٢٨٦.**

١٣. **Mohammed Abdulateef Ahmed and Oday Shaker,"Study the Effect of Vibration Speed on Corrosion Rate of Two Steel Alloys X٢٠ and X٦٠", Engineering & Technology Journal, Vol.٣٠, No.٢, ٢٠١٢.**