مجلة جامعة بابل / العلوم الصرفة والتطبيقية / العدد (2) / المجلد (17) : 2009

تثبيط التآكل للفولاذ الكربوني في أوساط مختلفة باستخدام مستخلص نباتي

نوال محمد داود

كلية هندسة المواد –جامعة بابل

الخلاصة

البحث الحالي درس إمكانية استخدام المستخلص المائي (Aqueous Extract) لنبات طبيعي شائع بكثرة (المستخلص المائي لقشور الرمان) في تثبيط تأكل الفولاذ الكربوني في أوساط الكتروليتية مختلفة، أن هذا المثبط يعد من المثبطات العضوية (Organic Inhibitors) . لتقييم الأداء التثبيطي للمثبط أجريت عدة اختبارات تضمنت اختبار قياس معدل التآكل بطريقة فقدان الوزن واختبار التآكل -تعرية كما أجريت اختبارات أخرى تضمنت اختبار الموصلية الكهربائية واختبار الفحص المجهري . في طريقة فقدان الوزن أعطى المثبط كفاءة جيدة في حماية الفولاذ الكربوني من التآكل عند تركيز v/v(4%) إذ بلغت كفاءته حوالي (63%) في الماء الاعتيادي و (65%) في محلول NaCl (3%) في حين بلغت الكفاءة (77%) في محلول HCl (5%).

أظهرت النتائج أن أداء المثبط في اختبار التآكل -تعرية جيدا فقد بلغت الكفاءة في ماء الحنفية الاعتيادي بحدود (67%) عند تركيز v/v (1%) من المثبط ، اختبار الموصلية الكهربائية بين انخفاض واضح في موصلية المحاليل الألكتروليتية مع زيادة تركيز المثبط , إذ انخفضت الموصلية الكهربائية بمقدار (63%) عند تركيز v/v (4%) من المثبط وبدرجة حرارة (30) $^{\circ}$C في محلول NaCl (3%).

أظهر اختبار الفحص المجهري معلومات مميزة حول الشكل السطحي للمعدن (Morphology) قيد الدراسة ، بالإضافة إلى امتزاز جزيئات المثبط على سطح الفولاذ .أن بيانات معدلات التآكل بينت أن جزيئات المثبط تمتز على سطح المعدن طبقا إلى علاقة لانكمير (Langmuir Adsorption Isotherm).وأخيرا يمكن استخدام هذا المثبط بديلا عن المثبطات الصناعية للتقليل من محددات استخدامها المتمثلة بكلفتها المرتفعة وسميتها العالية.

الكلمات الرئيسة: قشور الرمان ، فولاذ كربوني ، تثبيط التآكل ، أمتزاز، علاقة لانكمير للأمتزاز.

Abstract

This study represent an attempt to using the aqueous extract of famous plant (aqueous extract of pomegranate peels) as corrosion inhibitor to protect carbon steel in different mediums. This inhibitor is organic inhibitor.

To evaluate the inhibitor performance of this inhibitor, many tests have been conducted which include measuring the corrosion rate through methods known weight loss, corrosion –erosion test, electrical conductivity test and microscopic examination test. In loosing weight method the Inhibitors give good efficiency in protecting the carbon steel to be corroded at (4%) volume is (63%) in tap water and this reached about (65%) in (3%) NaCl solution while the efficiency is reached (77%) throughout (5%) HCl acid.

The inhibitor performance also being good in the moveable medium (corrosion –erosion) since the inhibition efficiency in tap water within this test has reached (68%) at (1%) concentration from that inhibitor.

The electrical conductivity test shows a kind of dropping in the conductivity of solutions with an increase in the concentration of the inhibitor, electrical conductivity dropped to (63%) in (4%) v/v at (30) $^{\circ}$C in (3%) NaCl.

Microscopic examination test gave a perfect information about the morphology of the corroded surface was studied, in addition to adsorption of inhibitor molecules on carbon steel surface.

Corrosion rate data show that the inhibitor molecules adsorbed on the metal surface according to Langmuir adsorption isotherm .Finally this inhibitor could be used as replacement of toxic and cost commercial inhibitors.

Key words: Pomegranate Peels, Carbon Steel, Corrosion Inhibition, Adsorption, Langmuir adsorption isotherm.

1. المقدمة Introduction

التآكل ما زال يمثل مشكلة هامة للعديد من الأنظمة الصناعية التي تستخدم المياه أو الحوامض في تطبيقاتها، مثلا أنظمة التبريد، المكثفات، المبادلات الحرارية، المحركات... والى أخره ، كلها تحتاج إلى المياه أكثر من أي غرض أخر ، كما أن الحوامض تلعب دورا كبيرا في عمليات التخليل (pickling processes) أو عمليات التنظيف ألحامضي في صناعات التكرير النفطية (Oil refinery) أو الصناعات التحويلية (industries processing) [Abiola and Oforoka, 2005]. إن عملية صيانة هذه الأنظمة مكلفة جدا ما لم يتم معاملة المياه أو الحوامض لحماية الأنظمة من التآكل أو الرواسب أو النمو البايلوجي .

واحدة من أهم التقنيات المستعملة بشكل واسع لتقليل أو منع تأكل المعادن هو استعمال المثبطات (Inhibitors) وهي مواد كيميائية (Chemical Compounds)، عند أضافتها بمقادير قليلة إلى الوسط (عادة طور سائل) الذي يتآكل فيه المعدن، تعيق أو تزيل هذا التآكل. المثبطات العضوية (Organic Inhibitors) تعد طريقة جيدة تستخدم بشكل واسع لحماية الحديد والفولاذ من التآكل في الأوساط الحامضية ،وفي الوقت الحاضر أظهرت المثبطات العضوية الحديثة والتي تم اكتشافها تجريبيا تفوقا ملحوظا في المحاليل المتعادلة أو المحاليل الملحية [Salih,2003] .

المركبات العضوية وبشكل خاص الممتزه منها (Adsorbent) تقلل معدل التآكل أما بواسطة التداخل مع تفاعل التآكل ، أو بواسطة تكوين طبقة موحدة ممتزة تعيق المواقع الفعالة على سطح المعدن وتعمل كطبقة حماية [Orubite et al., 2004].

الطبيعة السمية والكلف العالية للعديد من المثبطات العضوية المتواجدة حالياً ، دفعت الباحثين إلى تطوير مثبطات تآكل تكون أكثر قبولاً وأقل كلفة والمنتجات الطبيعية (Natural Products) ممكن اعتبارها مصدراً جيداً لهذا الغرض ، فالمنتجات الطبيعية ذات الأصل النباتي تحتوي العديد من المركبات العضوية مثلاً الصبغات (Pigments) ، الدباغة (Tannins) ، وأشباه القلويدات (Alkaloids) وأخيراً الحوامض الأمينية والعضوية (Organic and Amino Acids) وأغلب هذه المواد تمتلك فعلاً تثبيطياً مناسباً [Abiola and Oforoka, 2004] .

البحث الحالي محاولة لدراسة الأداء التثبيطي للمستخلص المائي لقشور الرمان (pomegranate peels extract) كمثبط لتآكل الفولاذ الكربوني في أوساط مختلفة ، لتقييم أداء هذا المثبط أجريت اختبارات الغمر البسيط (Simple immersion test) ، واختبار التآكل بالتعرية (corrosion-erosion test) واختبار الموصلية الكهربائية للمحاليل (Electrical conductivity test) وأخيرا اختبار الفحص المجهري (Microstructure test).

2. الجزء العملي Experimental Procedure

2. 1 التحليل الكيميائي لقشور الرمان Chemical Analysis of Pomegranate Peels

تم تحليل المسحوق النباتي(مسحوق قشور الرمان) باستخدام (FTIR Spectroscopy Measurement) لغرض معرفة المجاميع والمركبات الفعالة الموجودة في هذه القشور والتي يعزى إليها الأثر التثبيطي حيث استخدم جهاز (FTIR) المجهز من شركة (SHIMADZU) .

2.2 تحضير المستخلص النباتي Preparation of Plant Extract

طحنت العينة النباتية المعدة للاستخلاص المتمثلة بقشور الرمان باستخدام طاحونة كهربائية ، واخذ (50) g من القشور المطحونة وأضيفت إلى (500) ml من الماء المقطر الساخن ، يتم تحريك الخليط بواسطة انبوب زجاجي لمنع تلوث المستخلص النباتي ،أستمر التحريك لمدة تصل إلى (10) min ثم تركت النماذج لمدة (1) hr لتستقر ، بعدها رشحت بقطعة قماش من الشاش لفصل العوالق الكبيرة ،بعدها رشح المستخلص بورق ترشيح نوع (GF / F) قطر فتحاتها (0.45) µm لفصل العوالق الصغيرة ،بعد ذلك حفظ المستخلص في مكان بارد في عبوات من البولي أثيلين ووضعت في مكان بارد لحين الاستعمال خلال مدة لا تتجاوز (24) hr ،علما إن تركيز الإضافات قد اعتمدت النسبة الحجمية وبتراكيز مختلفة (1,2,3,4 %) v/v .

3.2 النماذج المستخدمة Material Used

النماذج المستخدمة عبارة عن فولاذ واطئ الكاربون (Low Carbon Steel) مبين تركيبه الكيميائي في الجدول (1)، وقد تم تقطيع النماذج على هيئة أقراص بسمك (1.5 mm) وبقطر (12 mm) ولتوفير إمكانية تعليق النماذج تم إحداث ثقب فيها بقطر (1 mm) وقد استخدمت هذه النماذج لاختبار الغمر البسيط واختبار التآكل بالتعرية واختبار الفحص المجهري.

4.2 تحضير سطوح النماذج Surface Preparation

تشتمل عمليات تحضير سطوح النماذج ، على تنعيم (Grinding) وصقل (Polishing) النماذج ، عمليات التنعيم تمت باستخدام التدريجات التالية من اوراق التجليخ (220,320,400,600,800,1000) بعد انتهاء كل مرحلة كانت النماذج تغسل بالماء المقطر والكحول وتجفف ، أما عملية صقل النماذج فقد تمت باستخدام محلول الألومينا الخاص بعمليات الصقل ، عمليات التجليخ والصقل تمت باستخدام جهاز الصقل والتجليخ العام نوع Hergon–mp 200V (China) .

5.2 اختبارات التآكل Corrosion Tests

1.5.2 طريقة فقدان الوزن Weight Loss Method

تم غمر النماذج المحضرة مسبقا في المحاليل الألكتروليتية المعدة وبشكل كلي ، والأوساط التاكلية المستخدمة هي ماء الحنفية الاعتيادي ، محلول ملحي من كلوريد الصوديوم وبتركيز (3%) w/w ومحلول حامض الهيدروكلوريك وبتركيز (5%) v/v .

تم الاختبار عند درجة حرارة الغرفة (30) $^{\circ}C$ وبحالتين عدم وجود المثبط (Blank) ، وحالة وجود المثبط وبتراكيز مختلفة (1,2,3,4%) v/v وكل على حدة . تم قياس أوزان النماذج بواسطة ميزان حساس نوع Sartorius المتحسس للقراءات إلى أربعة مراتب عشرية ، مع حساب المساحة السطحية للنماذج قبل غمرها في المحاليل ، وبعد أزمنة غمر متباينة تم أخراج النماذج من المحاليل وتنظف بالماء المقطر والكحول وتجفف ، بعدها جرى حساب التغير بالوزن لوحدة المساحة ($\Delta W\backslash A$) حيث تم أخذ عدة قراءات وصولا إلى أقصى مدة زمنية ، ثم جرى رسم العلاقة بين التغير بالوزن لوحدة المساحة مقابل زمن الغمر .

تم حساب النسبة المئوية لكفاءة المثبط IE% من المعادلة التالية [Orubite et al. , 2004]:

$$IE\% = (Wu - Wi) / Wu * 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 1$$

حيث إن: Wu, Wi الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المثبط.

أما درجة تغطية المثبط للسطح (Degree of coverage) وعند كل تركيز من التراكيز المعتمدة في هذا البحث فقد تم حسابها من المعادلة التالية [Orubite et al. , 2004]:

$$\theta = (Wu - Wi) / Wu \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots 2$$

حيث إن: θ تمثل درجة تغطية المثبط العضوي لسطح المعدن .

2.5 اختبار التآكل- التعرية Corrosion /Erosion Test

تم في هذا الاختبار استخدام جهاز مصنع محليا مـزود بمحـرك قدرتـه watt (550) وسـرعته rpm (1000) ، حيث يملأ الجهاز بمحلول الاختبار ويعلق النموذج ويتم تشغيل الجهاز ، وبعد فترات زمنية محددة يستخرج النموذج ويتم قياس وزنه بعد غسله بالماء المقطر والكحول وتجفيفه بعدها يحسب التغير فـي الوزن لوحدة المساحة (ΔW\A) المقابل لكل وزن . تم أجراء الاختبار في وسط واحد تأكلي واحد هو مـاء الحنفية الاعتيادي لأنه أكثر السوائل المستخدمة في الأنظمة الصناعية المتحركة مثل أنظمة التبريد ، علما أن الاختبار تم في درجة °C (30) وبحالتين عدم وجود المثبط وحالة وجود المثبط وبتركيز v/v (1%).

6 .2 اختبار الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity Test

أجـري الاختبـار باسـتخدام جهـاز (Conductivity meter) نـوع (Bisschof) للمحاليـل الألكتروليتية في حالة وجود وعدم وجود المثبط لبيان مدى تأثيره في الموصلية الكهربائيـة للمحاليـل قيـد الدراسة .

7 .2 اختبار الفحص المجهري Microscopic Examination Test

أجري هذا الفحص لسطوح النماذج المتعرضة للمحاليل الألكتروليتية المثبطة وغير المثبطة ، وقـد أستخدم مجهر نوع (Union ME-3154) وبقوة تكبير (400X) ، والغرض مـن هـذا الاختبـار دراسـة طبوغرافية سطح النماذج المثبطة وغير المثبطة وبيان تأثير الامتزاز الحاصل في السطح .

3. النتائج والمناقشة Results and Discussions

1 .3 الفحص بأطياف الأشعة تحت الحمراء FTIR Spectroscopy Measurement

الشكل (1) يبين نتائج هذا الاختبار لمسحوق قشور الرمان ، والجدول (2) يبين المجـاميع الفعالـة والأعداد الموجية المقابلة لها في المسحوق النباتي . يبدوا واضحا من الجدول احتواء المسحوق على العديـد من المجاميع الفعالة ، وهي في الغالب مركبات الديهايدية ، كيتونية ، أمينـات ، أميـدات ، كحـولات ، أو مركبات أروماتية أو فينولية ، جميع هذه المركبات تمتلك خواص تثبيطية ، كما أن وجود الأواصر المزدوجة (Double bonds) والثلاثية (Triple bonds) والحلقات الأروماتية في هذا المسحوق سوف يعـزز الفعـل التثبيطي له ، وهذا يتفق مع ما توصل إليه الباحث Maayta [Maayta , 2005].

2. 3 اختبارات التآكل Corrosion Tests

1.2.3 طريقة فقدان الوزن Weight loss Method

أجري هذا الاختبار لنماذج الفولاذ الكربوني في ثلاثة محاليل الكتروليتية وهي ماء الحنفية الاعتيادي محلول ملحي من كلوريد الصوديوم بتركيز w/w (3%) ومحلول حامض الهيدروكلوريك بتركيز (5%) v/v بوجود وغياب المثبط .

فالشكل (2) يبين تأثير فترة التعرض لماء الحنفية في الوزن المفقود لنماذج من الفولاذ الكربوني بوجود وعدم وجود المثبط ، يبدوا واضحا أن النموذج الفولاذي أبدى نقصان مستمر في الوزن مع زيادة فترة التعرض وسبب ذلك يعود إلى الأكاسيد السميكة والمسامية والغير حاميه المتكونة على سطح المعدن [Scully 1990]، أما النماذج المغمورة في الماء المحتوي على المثبط وبتراكيزه المختلفة ، فقد بدأت الفقدان في الوزن بعد مرور 1hr عند تركيز v/v (1%) ، وبعد مرور 2 hr عند تراكيز v/v (2,3,4%) وسبب ذلك يعود إلى كفاءة المثبط وقدرته على عزل الفولاذ عن الوسط التاكلي ، بعد ذلك يحصل فقدان ضئيل بالوزن يستقر تقريباً عند نهاية الاختبار بسبب اكتمال تكوين ونمو طبقة واقية من جزيئات المثبط العضوي على سطح المعدن والتي تعزل المعدن عن الوسط التاكلي [Baeza et al., 2003]

أما الشكل (3) فيوضح زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة التركيز وهذا يعود إلى زيادة درجة التغطية السطحية بواسطة جزيئات المثبط العضوي وهذا يتفق مع ما توصل أليه الباحث Klechka [Klechka, 2001].

الشكل (4) يبين تأثير فترة التعرض لمحلول w/w. (3% NaCl) في الوزن المفقود لنماذج من الفولاذ الكربوني بوجود وعدم وجود المثبط أن النموذج المغمور في المحلول الملحي الخالي من المثبط يعاني من فقدان مستمر بالوزن مع زيادة زمن التعرض وهذا يرجع إلى حصول التنقر على سطح النماذج بفعل أيون الكلوريد المتواجد في المحلول [leite et al., 2005]، أما النماذج المغمورة في المحلول الملحي الحاوي على المثبط فنلاحظ أن الوزن المفقود ينخفض بشكل واضح ويزداد هذا الانخفاض مع ازدياد تركيز المثبط، ثم يميل هذا الانخفاض إلى الاستقرار تقريبا مع نهاية الاختبار والسبب يعود إلى اكتمال أمتزاز جزيئات المثبط على سطح المعدن وتكوين طبقة حماية موحدة تكون حامية من التآكل [Abiola and Oforoka, 2004]، والشكل (5) يوضح ازدياد كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المثبط في المحلول الملحي وهذا متوقع لكثرة الجزيئات المتوفرة للترسب على سطح المعدن.

الشكل (6) يبين تأثير فترة التعرض لمحلول HCl (5%) في الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المثبط ، أن نماذج الفولاذ المغمورة في المحلول ألحامضي الخالي من المثبط ،أظهرت فقدان مستمر وكبير في الوزن بزيادة فترة التعرض إلى المحلول ألحامضي ، والسبب يعود إلى وجود أيونات الهيدروجين التي تعمل على تصريف الالكترونات وتعجيل التفاعل [Castillo, 2002] ، أما الوزن المفقود للنماذج المغمورة في المحلول ألحامضي الذي يحتوي على المثبط وبتراكيزه المختلفة ، فينخفض انخفاضاً واضحاً بالمقارنة مع عدم وجود المثبط والسبب يعود إلى أمتزاز جزيئات المثبط على سطح المعدن والعمل على تغطيته بشكل كامل مما يقلل من معدل التآكل [Abiola and Oforoka, 2004] ، والشكل (7) يبين ازدياد كفاءة التثبيط في المحلول ألحامضي وانخفاض معدل التآكل مع زيادة تركيز المثبط .

2.2.3 اختبار التآكل- التعرية Corrosion /Erosion Test

الشكل (8) يبين سلوك نماذج من الفولاذ الكربوني في اختبار التآكل بالتعرية في ماء الحنفية الاعتيادي بوجود وعدم وجود المثبط ، أن الشكل العام للمنحني في حالة عدم وجود المثبط يتفق مع ما توصل أليه الباحثان Namboodhiri و Deonat [Namboodhiri and Deonat , 1989] ، فبداية المنحني تمثل مرحلة التريث وفيه يتعرض سطح المعدن إلى تآكل ميكانيكي (Wear) بسبب قوى الاصطدام المتكرر تليها مرحلة التسارع في فقدان الوزن ويحدث نتيجة تكسر سطح النموذج بتأثير الكلال (Fatigue) الناتج من الاصلاد الانفعالي ، بعد تكسر مقدار معين من السطح تبدأ مرحلة التباطؤ في الوزن المفقود بسبب تغطية السائل للأخاديد الموجودة مسببة أنتقال ضغط الصدمة إلى المعدن ، مرحلة الاستقرار نلاحظها في نهاية المنحني حيث أن الوزن المفقود لا يعتمد على الزمن .

أن النموذج المغمور في الماء الذي يحتوي على v/v (1%) من المثبط يتعرض إلى فقدان ضئيل بالوزن بسبب مواجهة السائل لسطح المعدن المتزامن مع الحركة الدورانية للسائل ، لكن هذا الفقدان سرعان ما يثبت بسبب حركة السائل التي تسهل وصول جزيئات المثبط وأمتزازها على سطح المعدن وتكوين طبقة حماية من الوسط الأكال [Castillo, 2002] .

3. 3 اختبار الموصلية الكهربائية Electrical Conductivity Test

في هذا الاختبار تم قياس موصلية كلا من ماء الحنفية الاعتيادي والمحلول الملحي بوجود وعدم وجود المثبط ، والشكل (9) يبين نتائج هذا الاختبار، يبدو واضحا من الشكل انخفاض موصلية المحاليل مع زيادة تركيز المثبط ، وهذا يؤكد قدرة المثبط المستخدم على أعاقة حركة الايونات داخل المحلول والسيطرة على عملية التآكل ، إذ تتناسب مقاومة التآكل للمحاليل عكسيا مع ارتفاع قيم الموصلية الكهربائية.

4.3 اختبار الفحص المجهري Microscopic Examination Test

لدراسة طبوغرافية سطح النماذج المعدنية المغمورة في المحاليل الألكتروليتية المثبطة وغير المثبطة ، أجري هذا الاختبار والأشكال (10) ,(11), (12) تبين التصوير المجهري لنماذج الفولاذ الكربوني في ماء الحنفية الاعتيادي والمحلول الملحي والمحلول ألحامضي الغير مثبطة والمثبطة على التوالي .

الشكل (10 a) يوضح تأثير فترة التعرض لماء الحنفية الاعتيادي ،يظهر التآكل شديدا في جميع أجزاء السطح ويعزى ذلك إلى عدم تجانس الفولاذ وحصول الانعزال (Segregation) ، أما الشكل (10 b) فيوضح نموذج الفولاذ عند تعرضه إلى الماء بوجود المثبط ، حيث يبدوا السطح خاليا من مظاهر التآكل ووضوح طبقة التغطية الممتزه على السطح المعدني .

أما الشكل (11 a) والشكل (11 b) فيوضحان النماذج الفولاذية المغمورة في المحلول الملحي الغير مثبط والمثبط على التوالي ، يظهر الشكل (11 a) التآكل التنقري على السطح وبتوزيع غير منتظم للنقر أما الشكل (11 b) فيمكن تمييزه بطبقة التغطية الممتزة على السطح ، كما أن تأثير المحلول الملحي على السطح قليل جدا بالمقارنة مع النموذج (11 a).

الشكل (12 a) يبين النموذج الفولاذي المغمور في حامض (HCl) الغير مثبط ، يبدوا واضحا التآكل التنقري وبكثافة عالية للنقر وبأحجام وأقطار مختلفة نتيجة التآكل الحاصل على سطح النموذج أما الشكل (12 b) فيبين تأثير المحلول ألحامضي الحاوي على المثبط ،يبدوا الفرق واضحا بين النموذجين ، من حيث خلو سطح النموذج في الشكل (12 b) من مظاهر التآكل ، حيث يظهر السطح سليما مع ظهور نقر تآكل ذات أقطار صغيرة وبنسبة توزيع على السطح أقل بكثير من الشكل (12 a) .

أما الأشكال (13 a) (13 b) فتوضح نماذج من الفولاذ متعرضة إلى اختبار التآكل بالتعرية في حالة عدم وجود المثبط وبوجود المثبط على التوالي ، يبدو واضحا من الشكل (13 a) الأخاديد والتجـاويف علـى سطح المعدن بسبب الحركة النسبية بين سطح المعدن والسائل المساعد على التآكل بالمقارنـة مـع الـشكل (13 b) حيث أحتفظ السطح بلمعانه بسبب وجود المثبط وقدرته على تقليل التآكل رغم حركة السائل وإمكانية تسببه في أزاله أجزاء من سطح المعدن .

3. 5 تأثير تركيز المثبط على درجة التغطيـة الـسطحية Effect of Inhibitor Concentration on Surface Coverage Degree

درجة التغطية السطحية (surface coverage) لكل تركيز من المثبط، تم تعيينها بواسطة معادلة (2) [Orubite *et al.* , 2004]، أن قيم درجة التغطية (θ) ومعدل التآكل، تم تدوينها في الجداول (3) ,(4) (5) يبدوا واضحا من الجداول، الانخفاض الواضح في معدل تآكل الفولاذ الكربوني مع ازدياد درجة التغطية لسطح الفولاذ بجزيئات المثبط، أن هذا السلوك يؤكد الافتراضات بأن المثبط يعمل على تثبيط التآكل بواسـطة أمتزاز جزيئاته على المناطق الفعالة (Active sites) لسطح الفولاذ، ومن ثم أختزال أو تقليل معدل التآكـل [Harek and Larabi, 2004].

3. 6 علاقة الامتزاز Adsorption Isotherm

أن معدلات التآكل للنماذج الفولاذية في الأوساط التاكلية المختلفة ، ممكن استخدامها في تحليل آليـة الامتزاز (Adsorption Mechanism) ، علاقة لانكمير في الامتزاز يمكن التعبير عنها فـي المعادلـة التالية [Harek and Larabi. , 2004]:

$$\theta = KC/ (1+KC) \quad \ldots\ldots (3)$$

حيث(K) هو ثابت التوازن لعملية الامتزاز ، ويمثل درجة الامتزاز (القيمة العالية له تعني أمتزاز قوي على سطح المعدن) ، والمقدار(C) يمثل تركيز المثبط و(θ) تغطية السطح ويمكن أعادة ترتيب المعادلة أعلاه كما يلي :

$$C/\theta = (1/K). C \quad \ldots\ldots (4)$$

من خلال رسم العلاقة بين التغطية السطحية (θ) مقابل تركيز المثبط (C) يمكن أن نجد عموما زيادة فـي التغطية السطحية مع زيادة التركيز للمثبط ، والشكل (13) يبين العلاقـة بـين C/θ مقابـل (C) للنمـاذج الفولاذية في أوساط مختلفة .

الشكل (13) يبين اعتماد المقدار C/θ على التركيز (C) ، والطبيعة الخطية للمخطط تشير إلـى أن هذا المثبط يمتز على سطح المعدن طبقا إلى علاقة لانكمير ، أي زيادة عملية الامتزاز مـع زيـادة تركيـز المثبط ، وبالتالي زيادة درجة التغطية السطحية للمعدن ومن ثم أختزال معدل تآكله في الوسط التاكلي .

4 . الاستنتاجات Conclusions

1. أظهر المثبط المستخدم في البحث الحالي كفاءة جيدة في حماية الفولاذ الكربوني في أوساط الكتروليتية مختلفة تضمنت ماء الحنفية الاعتيادي ، محلول NaCl. (3%) ومحلول HCl (5%).
2. أبدى المثبط كفاءة جيدة في مقاومة التآكل بالتعرية الأكثر عداء للطبقـات الواقيـة إذ بلغـت الكفـاءة (67%) في ماء الحنفية الاعتيادي وعند تركيز v/v (1%) من المثبط.

3. أظهرت نتائج اختبار الموصلية الكهربائية انخفاض موصلية المحاليل مع زيادة تركيز المثبط.
4. اظهر اختبار (FTIR) الذي اجري على مسحوق قشور الرمان احتواءها على أكثر من مجموعة من المجاميع الفعالة المعروفة بقابليتها على الامتزاز والحماية من التآكل.
5. آلية المثبط في تقليل تآكل الفولاذ الكربوني في الأوساط المذكورة سابقاً تم بواسطة:
   - امتزاز المثبط على المناطق الفعالة (Active Sites) لسطح المعدن وبالتالي إخماده كلا من التفاعلات الانودية والكاثودية .
   _ الامتزاز الحاصل يقود إلى تكوين طبقة رقيقة حامية تقلل من التغاير أو الاختلاف الحاصل في سطح المعدن (Heterogeneity) مما يساعد في اختزال معدن التآكل.
6. جزيئات المثبط تمتز على سطح المعدن طبقا إلى علاقة لانكمير في الامتزاز.

5 . التوصيات Recommendations

1. استخدام أوساط تاكلية أخرى مثل وسط حامض الكبريتيك أو الأوساط القاعدية مع استخدام معادن أخرى مثل الفولاذ المقاوم للصدأ أو الخارصين.....الخ.
2. دراسة تأثير عملية إزالة الاوكسجين من المحاليل وتأثيرها على كفاءة المثبط
3. إجراء اختبار تافل عند درجات حرارية عالية ودراسة تأثير درجة الحرارة في تيار وجهد التآكل بوجود وغياب المبطات.

6 . المصادر References

Abiola, K.; Oforka, N. C.; and Ebenso, E., 2004; the Inhibition of Mild Steel Corrosion in an Acidic Medium by Fruit Juice of Citrus Paradisi; the Journal of Corrosion Science and Engineering, Vol.5, Preprint, 10, pp. 1-7.

Abiola, K.; Oforka, N. C; 2005; Studies on the Inhibition of mild steel corrosion in HCL Acid ; University of part harcourt; nigeria.

Baeza, H. M., Guzman, Ortega, P. and Vera, L., 2003, Corrosion Inhibition of Copper in 0.5 M Hydrochloric Acid by 1,3,4- Thiadiazole – 2,5- Dithiol , Journal of The Chilean Chemical Society , Vol. 48, No. 11, pp. 1-8.

Castilllo, R. A., 2005, Corrosion Costs and Preventive Strategies in the USA, Corrosion Society, NACE international, www. Nace. Org.

Harek, Y. & Larabi. L.; 2004; Corrosion Inhibition of Mild Steel in (HCl) By Oxalic; University of Tlemcen; E-mail; y.harek @mail.univ.tlemcen.dz.

Klechka, E.W. 2001, Use of Corrosion Inhibitors on the Trans Alaska Pipeline, Supplement to Material Performance, PP. 7-9, January. Http: // www. Cortec VCI. Com / public cations / papers / Nalcreviwed / pages (7-9). PDF.

Leite O.S., Araujo S., Margarit C.P., Correia N. Correia and Neto L, 2005**,** Evaluation of Anticorrosive Properties of Environmental Friendly Inorganic Corrosion Inhibitors Pigment**s,** University of Federal do Rio de Janeiro, J . Braz. Soc., Vol. 16, No.4, pp. 756-762.

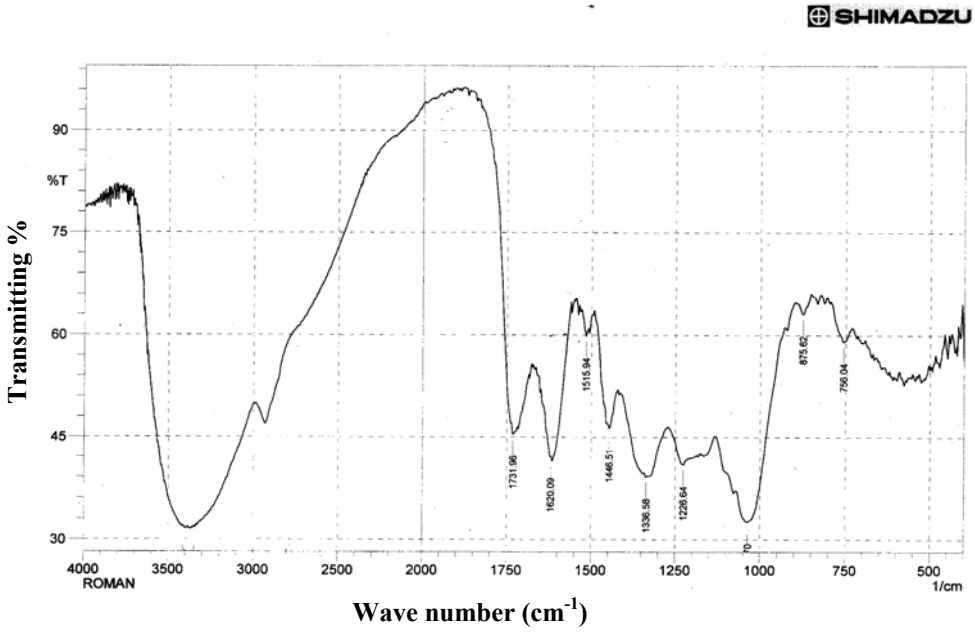
Maayta, A. K., 2005; Organic Corrosion Inhibitor for Aluminum in Sodium Hydroxide ; JCSI Vol. 39; paper.25; pp. 1-10, Irbid ; Jordan.

Namboodhir, T.K. & Deonath, 1989. Some Corrosion Characteristics of Aluminum- Mica Particulate Composites, Corr.Sci. ,Vol. 29 , No. 10 , pp.125-1229 ,

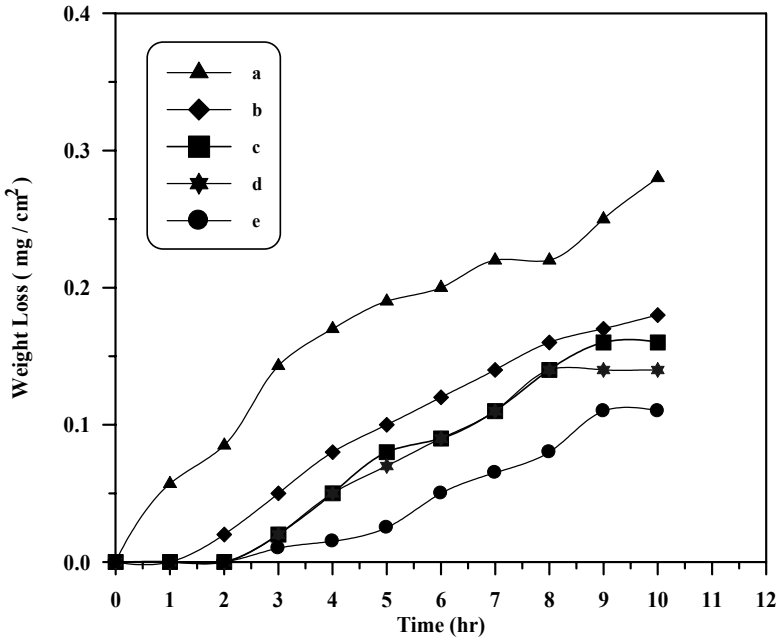
Orubite; Okorosaye, K, and Oforka, N. C.; 2004, Corrosion Inhibition of zinc on HCL using Nypa fruticans Wurmb extract and 1, 5 Diphenel carbazone, J.appl. Sci. ; Vol. 8; No.1 ; pp.1-57,

Salih, I.K; 2003; Inhibitor effect of benzoytriazole on the corrosion of mild steel in sulfuric acid solution; engineering and technology; Vol.22 ; No.6 ; pp.1-9.

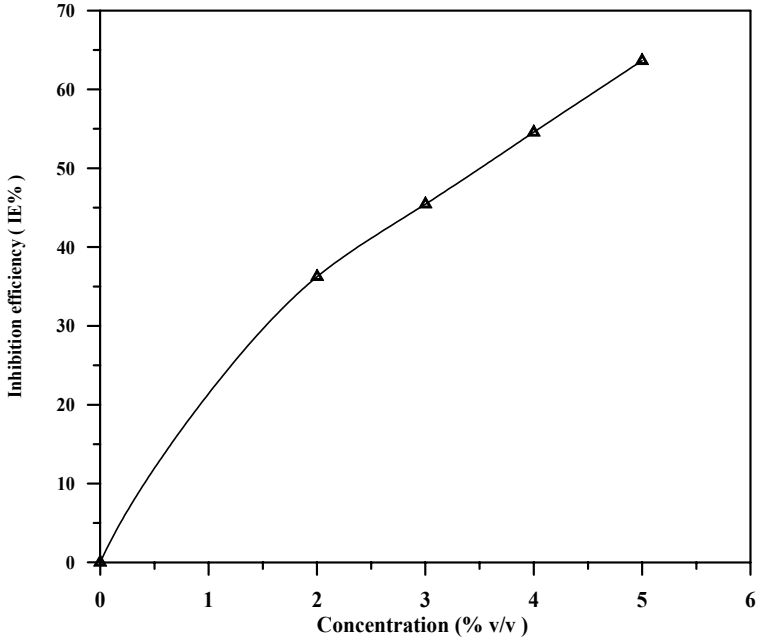
Scully J.E., The Fundamental of Corrosion, 1990, 3rd ed., Pergamon Press,



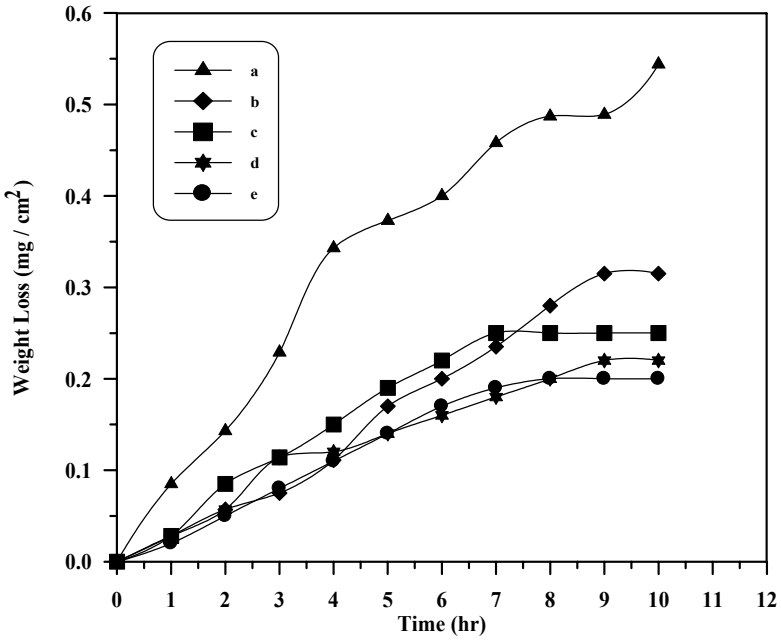
الشكل (1): يبين نتائج اختبار (FTIR) لمسحوق قشور الرمان .



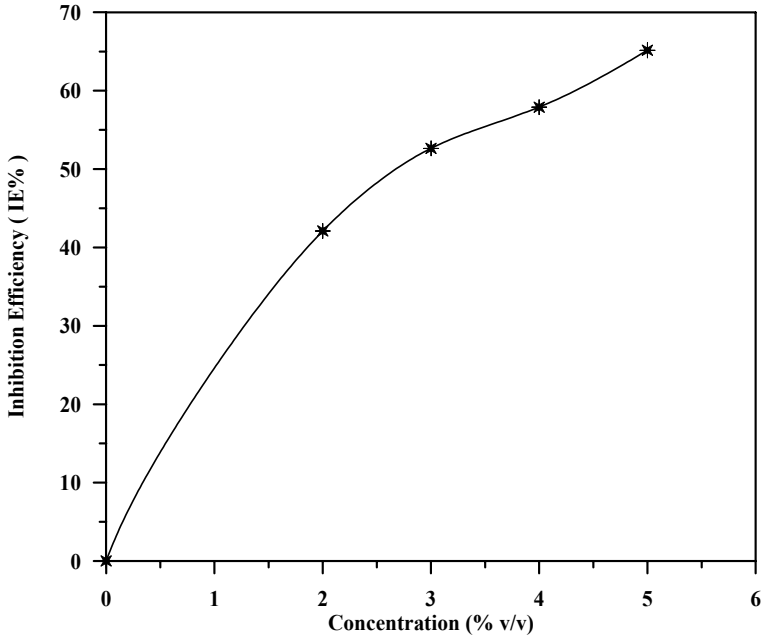
شكل (2): تغير الوزن المفقود مع الزمن لنماذج الفولاذ الكربوني في ماء الحنفية الاعتيادي المحتوي على تراكيز مختلفة من المثبط :(a) 0% v/v , (b) 1% v/v, (c) 2% v/v , (d) 3% v/v , (e) 4 .



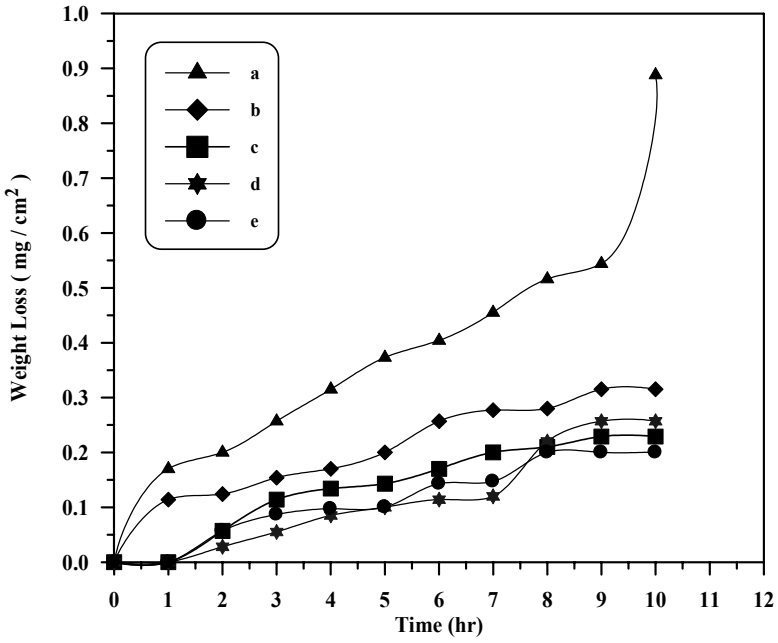
شكل (3): تغير كفاءة التثبيط مع تركيز المثبط في ماء الحنفية الاعتيادي عند درجة $30\ ^{o}C$.



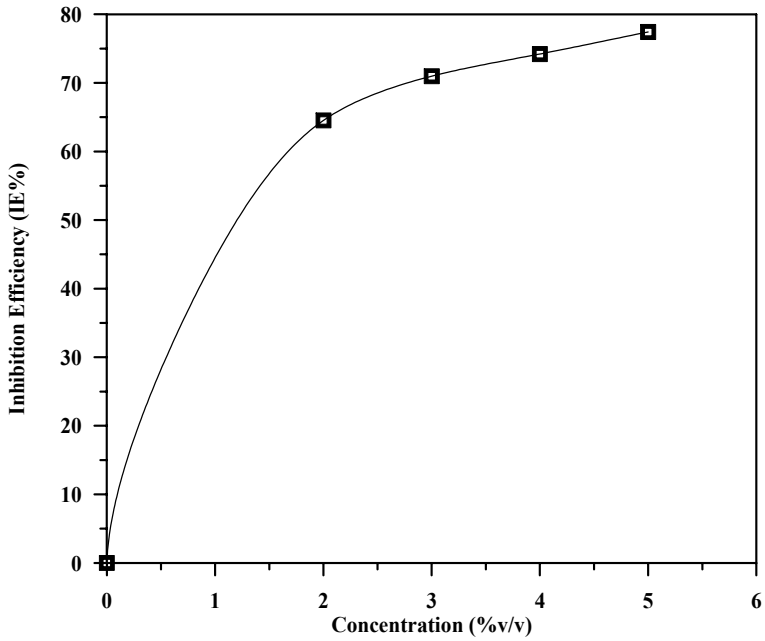
شكل(4): تغير الوزن المفقود مع الزمن لنماذج الفولاذ الكربوني في محلول(3% NaCl) w/w المحتوي على تراكيز مختلفة من المثبط : (a) 0% v/v , (b) 1% v/v , (c) 2% v/v , (d) 3% v/v , (e) 4% v/v .



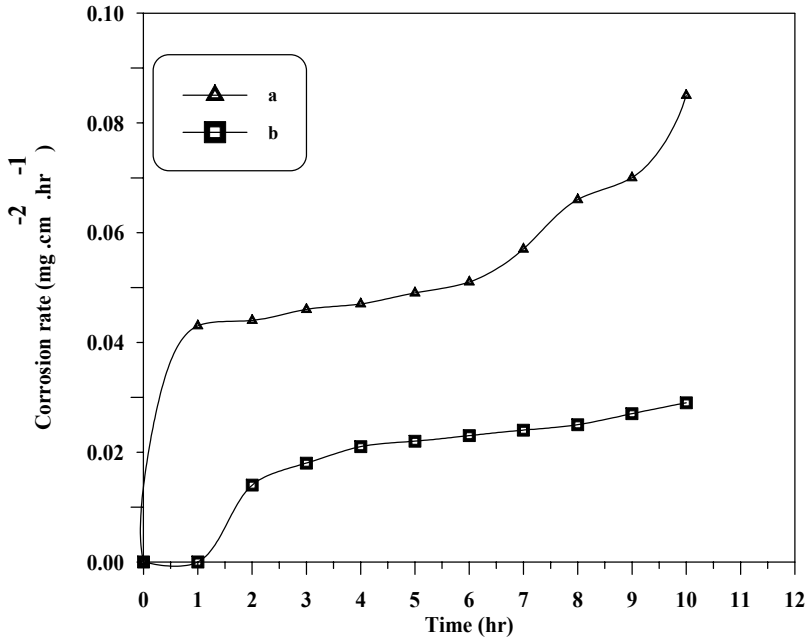
شكل (5): تغير كفاءة التثبيط مع تركيز المثبط في محلول (3% NaCl) w/w عند درجة $30\ ^{o}C$.



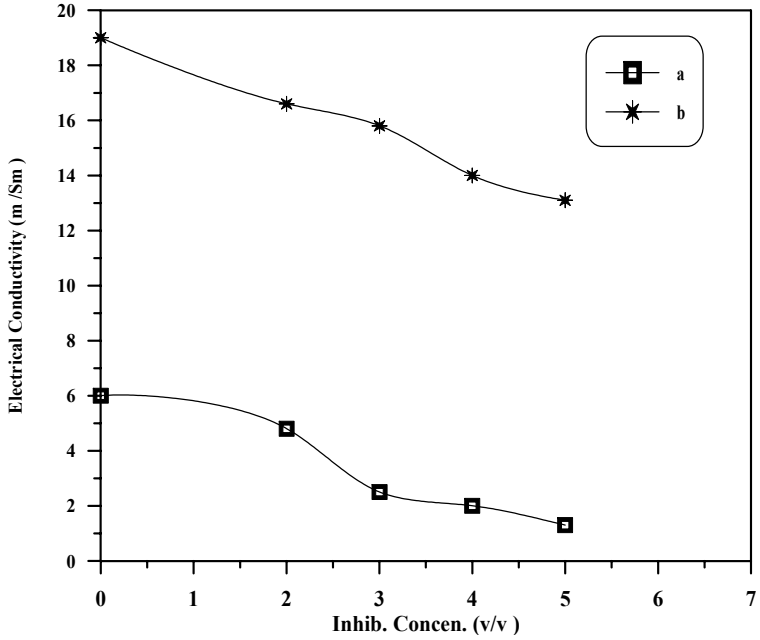
شكل (6): تغير الوزن المفقود مع الزمن لنماذج الفولاذ الكربوني في محلول (5% HCL) v/v المحتوي على تراكيز مختلفة من المثبط : (a) 0% v/v , (b) 1% v/v , (c) 2% v/v , (d) 3% v/v , (e) 4% v/v .



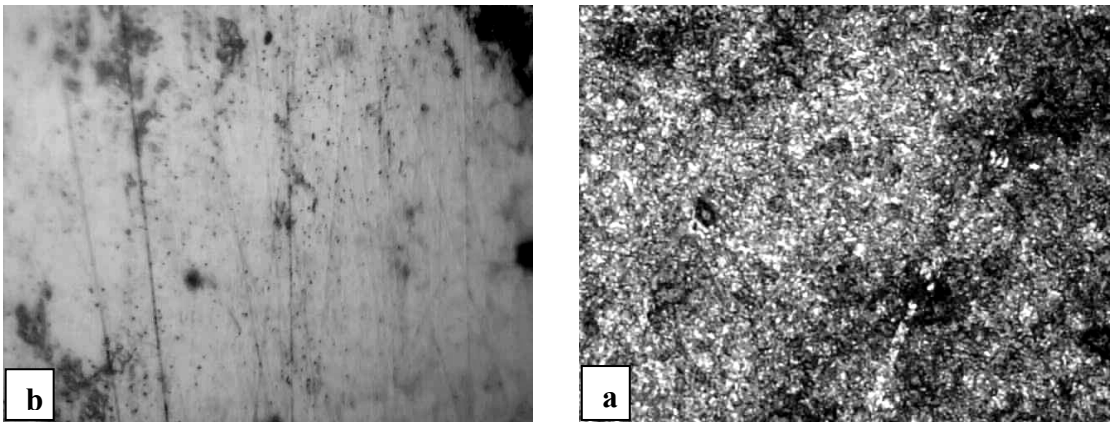
شكل (7): تغير كفاءة التثبيط مع تركيز المثبط في محلول (5% HCL) v/v عند درجة $30^{o}C$.



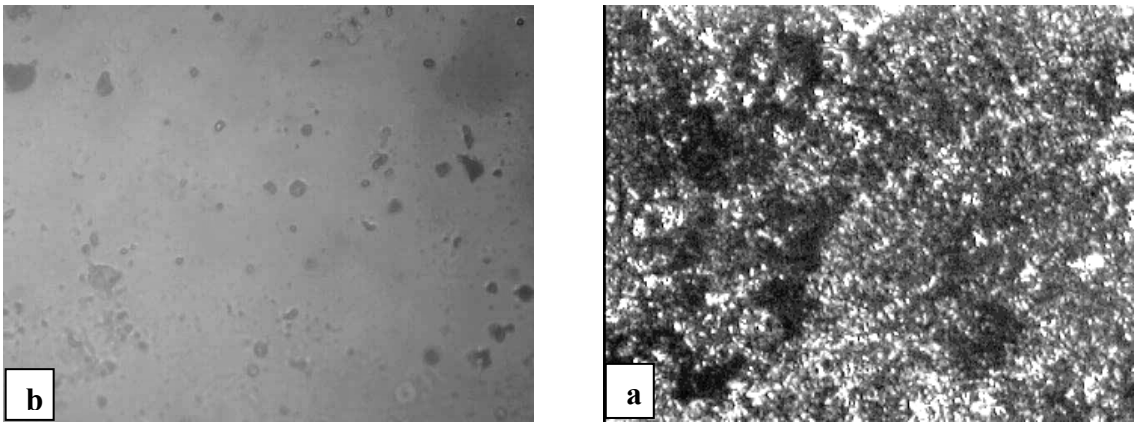
شكل (8): تغير معدل التاكل مع الزمن في ماء الحنفية الاعتيادي باستخدام اختبار التآكل -تعرية عند درجة $30^{o}C$: (a) عدم وجود المثبط (b) بوجود المثبط بتركيز v/v 1% .



شكل (9): قيم الموصلية للمحاليل الألكتروليتية بوجود وغياب المثبط : (a) في ماء الحنفية الاعتيادي, (b) في محلول w/w (3% NaCl) .



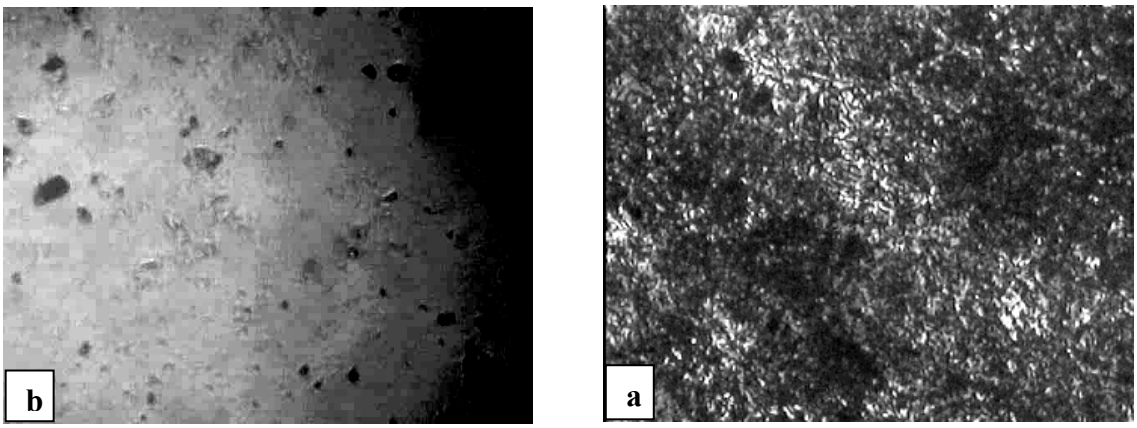
شكل(10): التصوير المجهري لنماذج الفولاذ الكربوني المغمورة في :
(a) ماء الحنفية الاعتيادي غير المثبط.
(b) ماء الحنفية المثبط.



شكل(11): التصوير المجهري لنماذج الفولاذ الكربوني المغمورة في :

(a) محلول w/w (3% NaCl) غير المثبط.

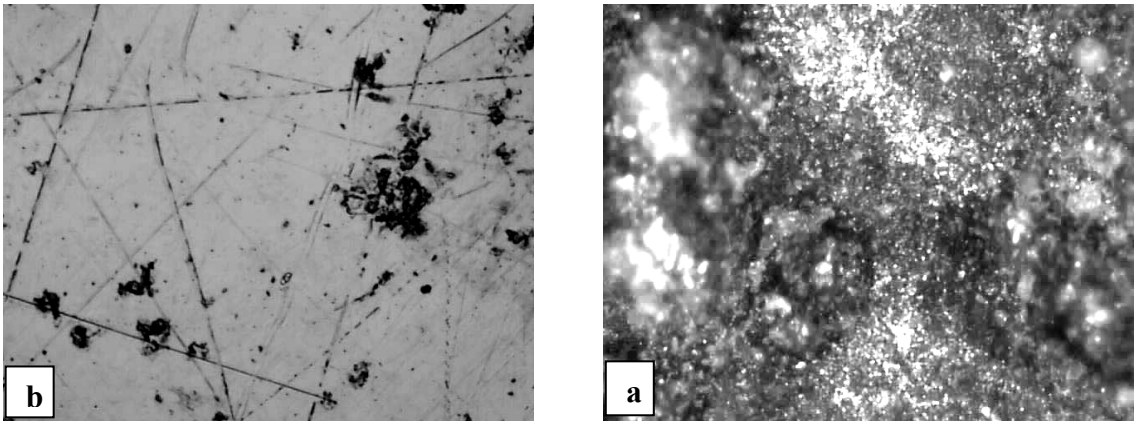
(b) محلول w/w (3% NaCl) المثبط.



شكل(12): التصوير المجهري لنماذج الفولاذ الكربوني المغمورة في :

(a) محلول v/v (5% HCl) غير المثبط .

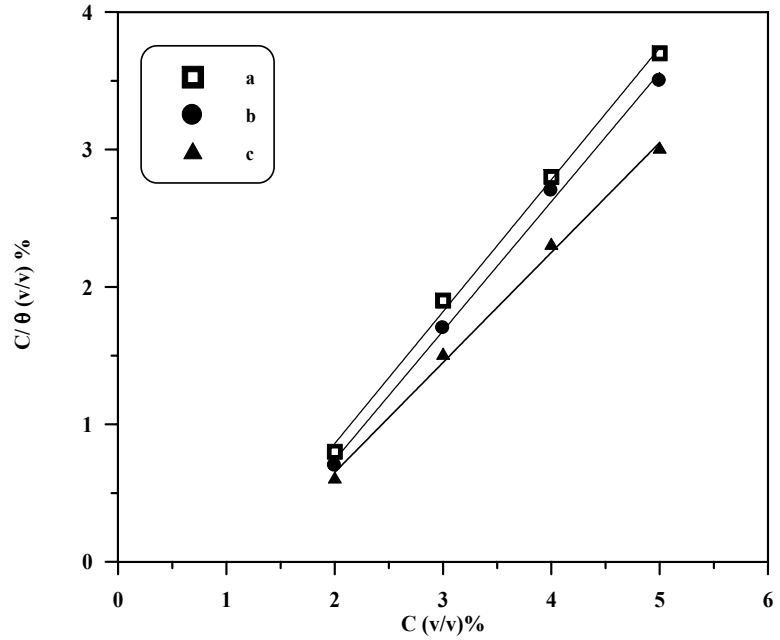
(b) محلول v/v (5% HCl) المثبط .



شكل(13): التصوير المجهري لنماذج الفولاذ الكربوني المتعرضة الى اختبار التآكل / التعرية في :

(a) ماء الحنفية الاعتيادي غير المثبط .

(b) ماء الحنفية الاعتيادي المثبط .

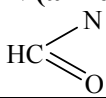
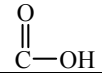


شكل (14): علاقة لانكمير في الامتزاز على سطح الفولاذ الكربوني في : (a) ماء الحنفية الأعتيادي . (b) محلول (3% NaCl) w/w . (c) محلول (5% HCl) v/v .

جدول (1)التركيب الكيميائي للفولاذ المستخدم

Fe	Mn	Si	Cr	C	المعدن
Rem	.63	0.17	0.05	0.18	%

الجدول (2) : الأعداد الموجية والمجاميع الفعالة المقابلة في المثبط .

الأعداد الموجية(cm^{-1})	المجاميع الفعالة	
C-H aromatic	756.04	1
C-C	875.62	2
C-H bending	1035.7	3
C-N (amide) 	1226.64	4
C-H stretching	1336.58	5
CH_2	1446.51	6
CH_3	1515.94	7
C=C	1620.09	8
	1731.96	9
≡ CH_2	3365.55	10
C≡C-O	3392.55	11

الجدول (3) : التغطية السطحية، معدل التآكل للفولاذ الكربوني في ماء الحنفية الأعتيادي يحتوي على المثبط بتراكيز مختلفة ، عند درجة حرارة 30 °C .

تركيز المثبط Concentration (v/v)	درجة التغطية السطحية Degree of surface coverage	معدل التآكل Corrosion rate ($mg.cm^{-2}.h^{-1}$)
1%	0.36	0.020
2%	0.45	0.017
3%	0.54	0.014
4%	0.63	0.011

الجدول (4) : التغطية السطحية ، معدل التآكل للفولاذ الكربوني في محلول w/w (3% NaCl) يحتوي على المثبط بتراكيز مختلفة ، عند درجة حرارة 30 °C .

تركيز المثبط Concentration (v/v)	درجة التغطية السطحية Degree of surface coverage	معدل التآكل Corrosion rate ($mg.cm^{-2}.h^{-1}$)
1%	0.42	0.031
2%	0.52	0.025
3%	0.57	0.022
4%	0.65	0.020

الجدول (5) : التغطية السطحية ، معدل التآكل للفولاذ الكربوني في محلول (5% HCL) يحتوي على المثبط بتراكيز مختلفة ، عند درجة حرارة 30 °C .

تركيز المثبط Concentration (v/v)	درجة التغطية السطحية Degree of surface coverage	معدل التآكل Corrosion rate ($mg.cm^{-2}.h^{-1}$)
1%	0.64	0.028
2%	0.70	0.027
3%	0.74	0.024
4%	0.77	0.022