The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, Vol.8, No.1, 2008

# استخدام مثبط عضوي لتحسين مقاومة التآكل للفولاذ واطئ الكاربون في اوساط تأكلية مختلفة

**الاستاذ الدكتور عبد الواحد كاظم راجح، الدكتور كاظم فنطيل السلطاني، المهندس احمد فاضل حمزة**
جامعة بابل – كلية الهندسة – قسم هندسة المواد

## الخلاصة

يتناول البحث دراسة لاستخدام مثبط عضوي كمستخلص مائي من اشجار النخيل (Palm) في تثبيط تاكل الفولاذ واطئ الكاربون في اوساط الكتروليتية مختلفة [ماء الحنفية وحامض الهيدروكلوريك (1M)]. أجريت عدة اختبارات لتقويم اداء هذا المثبط. شملت قياس معدل التاكل بطريقة الفقدان بالوزن عند تراكيز مختلفة من المثبط (3، 1.5، 0.5)% حجماً، حيث وصلت كفاءة التثبيط (Inhibitor Efficiency) الى 80.96% في ماء الحنفية و 91.9% في المحلول الحامضي عند تركيز (3)% من المثبط.

كذلك تم قياس معدل التاكل باستخدام قياس كثافة تيار التاكل بطريقة الاستقطاب Polarization Method حيث وصلت كفاءة الثبيط في محلول ماء الحنفية وحامض HCl الى 82.72 و89.56 على التوالي عند (3)% حجماً من المثبط.

واخيراً تم اجراء اختبار الفحص المجهري Microscope Examination اظهرت النتائج ان المثبط المستخدم لم يكن بديلاً للمثبطات التقليدية فحسب، بل كان دوره افضل في شتى الاختيارات التي اجريت لتقييم الاداء، فهو اقل كلفة كونه مادة طبيعية متواجدة بكثرة في البلاد واعلى كفاءة من بقية المثبطات الشائعة وكذلك انه اقل سمية وغير ملوث للوسط.

## ABSTRACT

This research deals with the to study organic inhibitor as aqueous extracts of some parts tree (palm) as corrosion inhibitor to protect low carbon steel in different environments [Tap Water and Hydrochloric Acid (1M)] .

Several tests were conducted to evaluate the performance of inhibitor, using weight loss method at different concentrations volume (0.5, 1.5, 3)% by volume. Inhibitor efficiency in tap water and HCl at (3)% concentration of inhibitor reached to (81)% and (92)% respectively.

Another test have been carried out to evaluate the corrosion rate by determination of corrosion current by polarization method, where inhibitor efficiency reached to 82.72% in tap water and 89.56% in acidic solution when used (3)% by volume inhibitor.

Finally microscope examination tests showed that, the inhibitor is not only active to commercially corrosion inhibitors, but has greatly improved properties such as: low cost, high efficiency and the important properties is easily apply, non-toxic and nonpolluting of the environment.

**Key wods:** Palm Tree, Low Carbonstee, Micrcospe, Tap Water , HCl.

## Introduction

التقدم السريع الحاصل في التقنيات الصناعية الهندسية تظهر بشكل مستمر مشاكل جديدة بخصوص التآكل تستوجب ايجاداساليب حماية اكثر فعالية من الاساليب المتوافرة، ونظراً لاختلاف انواع التاكل الممكنة الحدوث وايضاً لاختلاف الظروف التي تساعد على حدوث هذه الانواع المختلفة فلا غرابة من توفر انواع متعددة من اساليب الحماية من التاكل والتي تلعب الجدوى الاقتصادية دوراً كبيراً في اختيار اسلوب معين دون غيره. واهم الاساليب المستخدمة للحماية من التآكل، اختيار مادة المعدن، حماية المعدن بتغطيته (Coating) بطبقة حامية من التاكل، معالجة المحيط المسبب للتاكل بشكل يؤدي الى اختزال فعاليته في عملية التاكل، التصميم الملائم للحماية من التاكل واستخدام المثبطات (Inhibitors) للوقاية من التاكل [1، 2].

ان المثبطات مركبات كيميائية تتفاعل مع السطح المعدني او مع الوسط الذي يتعرض له السطح المعدني بحيث تعطي سطحاً معدنياً محمياً من التاكل والالية الاساسية لعمل المثبطات هي الية الامتزاز (Adsorption) على السطح المعدني نفسه وتعمل على حمايته بواسطة تكوين غشاء (Film) على السطح المعدني وهي تعمل على تقليل عملية التاكل عن طريق الامور التالية: التحكم بسلوك الاستقطاب الكاثودي (Cathodic Polarization) او الاستقطاب الانودي (Anodic Polarization) او ما يعرف بميل تافل (Tafel Slope) ، من خلال اختزال حركة او انتشار الايونات الى السطح المعدني، زيادة المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance) للسطح المعدني [3،4]. اعتماداً على ذلك فانه يمكن تقسيم المثبطات تجريبياً الى مثبطات كاثودية، انودية ومختلطة [بين الكاثودية والانودية] واستناداً الى تركيبها فانها تصنف الى مثبطات عضوية (Organic Inhibitor) ومثبطات لا عضوية (Inorganic Inhibitors). وهناك عدة اعتبارات تاخذ بنظر الاعتبار عند اختبار مادة معينة لاستخدامها كمثبط للتاكل ومنها الكلفة (Cost)، السمية (Toxicity)، التوافر (Availability) وعدم الاضرار في الطبيعة (Environment Damage) [5، 6]. وبالنظر لما ذكر اعلاه تظهر المثبطات العضوية كفاءة عالية وذلك لكلفتها الواطئة نسبياً وغالباً ماتكون غير سامة والطبيعية منها تعتبر مصدراً جيداً للاغراض المذكورة انفاً حيث انها تحتوي على مركبات اروماتية، اميدات، احماض امينية، كيتونات، الديهايدات وان هذه المركبات في الغالب معروفة باثرها التثبيطي العالي [7].

يكون الفولاذ الذي يشكل المادة الهندسية الاكثر استعمالاً حساساً جداً تجاه ظروف التآكل المختلفة وهو اكثر المعادن تاثراً بالتاكل في المحيط الجوي الاعتيادي اضافة الى كون مظهر نواتج التاكل لهذا المعدن غير مرغوب فيها اطلاقاً. يتاكل الحديد بواسطة الاوكسجين وأيون الهيدروجين على حد سواء تاكلاً عنيفاً بواسطة ايون الهيدروجين كلما زادت حامضية المحلول الذي يتواجد فيه كذلك يتاكل في الحوامض غير الاوكسيدية ويكون حامض الهيدروكلوريك (HCl) اكثر هذه الحوامض تاثيراً في تاكل الحديد مع تحرر غاز الهيدروجين، يعاني الحديد من التاكل في الحوامض الاوكسيدية مثل حامض النتريك ($HNO_3$) بواسطة الاوكسجين والهيدروجين معاً، يعتمد تاكل الحديد في الماء والمحاليل الملحية المختلفة على كمية الاوكسجين المذاب في المحلول [8، 9].

يهدف البحث الحالي الى تحضير مستخلص من شجرة النخيل (Palm) ذات الانتشار الواسع في العراق واستخدام تلك المستخلصات بعد اذابته بالماء كمثبطات تاكلية لتقليل التآكل للفولاذ الواطئ الكاربون في أوساط تأكلية مختلفة.

## الجانب العلمي Experimental Work

تم تحضير المسحوق النباتي (Inhibitor Powder) من النخيل العراقي ومن خلال تحليل مكونات ذلك المسحوق باستخدام جهاز (FTIR) (Spectroscoply Instrument) ، الشكل (1) يبين نتائج الاختبار لهذا المثبط والذي يظهر احتواء المسحوق النباتي المثبط على العديد من المجاميع الفعالة، وهي غنية بمركبات الديهايدية، كيتونية، امينات، اميدات، كحولات ومركبات اروماتية. جميع هذه المركبات تمتلك خواص تثبيطية وهذا يتفق مع ما توصل اليه باحثون اخرون [10، 11].

تم تهيئة النماذج وهي عبارة عن قطع من الفولاذ واطئ الكاربون ذات التركيب الكيمياوي المبين في الجدول (1) حيث قطعت بأشكال مستطيلة (20mm * 10 * 1.5) وثقبت بالمنتصف لغرض تعليقها من خلال تلك الثقوب،أستعملت أوراق تجليخ، (Emery Papers) (200, 400, 800, 1000) ثم الصقل باستخدام جهاز صقل (Polishing) من نوع (Hergon-mp 200V) ثم بعد ذلك تم معاملة النماذج باستخدام محلول الاظهار (Nital) الذي يحتوي على حامض الهيدروكلوريك بتركيز (3)% و(98)% للكحول في درجة حرارة (25°C) ولمدة دقيقتين لازالة الاكاسيد اعقبها غسل العينات بالماء المقطر والكحول ومن ثم جففت باستخدام مجفف كهربائي ثم تم وزنها بميزان من نوع (Sartorius Analytic) وبدقة (±0.1mg) وبعد تسجيل الوزن للعينات حفظت بحافظة (Desiccator) تحتوي على (Silica gel) لحمايتها من الرطوبة المسببة للتاكل.

اما الاختبارات التي استخدمت على النماذج قيد البحث فهي طريقة استكمال تافل (Tafel Extrapolation) وطريقة الفقدان بالوزن (Weight Loss) وكذلك تم اجراء الفحص المجهري لسطوح العينات لغرض دراسة تاثير المثبط على سطح الفولاذ.

تم تحضير مانعات التآكل (Corrosion inhibitors) وذلك بأخذ اجزاء من سعف النخيل وتجفف وبعد ذلك تقطع وتطحن ومن ثم يضاف كمية من الماء بعدها يتم غليها على نار هادئة الى ان يتبخر معظم الماء إذ نحصل على مادة (معجونية قريبة الى السائل) ومن ثم ناخذ عينات حجمية (1.5، 1، 0.5%) نسبة الى محلول التآكل.

### قياس معدل التاكل Measurement of Corrosion Rate

تقاس مقاومة المعدن للتاكل كمياً في وسط معين بمعدل التاكل والذي يمكن حسابه بطرق عدة منها ما يعتمد على قياس الفقدان بالوزن او التغير في مقاومة الشد (Ultimate Tensile Strength) ، قياس عمق التاكل (Micrometer Depth) والاختبار المجهري لمقطع العينة (Microscopic Examination of Cross Section) ومنها ما يعتمد على طرق كهروكيميائية مثل طريقة استكمال تافل والاستقطاب الخطي Linear Polarization.

### طريقة استكمال منحنى تافل Tafel Extrapolation Method

استخدمت طريقة استكمال تافل لقياس معدل التاكل من قبل (Wagner & Trand) لاثبات نظريتهما وهي نظرية الجهود المختلطة (Mixed-Potential) ، هذه الطريقة تعتمد على القراءات التي يمكن الحصول عليها من كلا منحني الاستقطاب المصعدي (Anodic) والمهبطي (Cathodic) [1، 2].
رسم منحنيات الاستقطاب تمت باستخدام جهاز يتكون من خلية زجاجية تحتوي على ثلاث اقطاب هي القطب العامل (Working Electrode) وهو النموذج المراد قياسه؛ القطب المساعد (Auxiliary Electrode) ويكون عادة من معدن نبيل مثل البلاتين والقطب المرجع (Reference Electrode) وهو من مادة الكالوميل المشبع، الشكل (2) يمثل ربط الدائرة الكهربائية لرسم منحني الاستقطاب. تم ملأ الخلية بمحلول الاختبار ووضع القطب المساعد والقطب المرجع في محلول الخلية وبعدها تم تهيئة القطب العامل بغسله بالكحول ثم وضع في خلية القياس، اذ تم استخدام مجهز قدرة نوع (PRT) لتجهيز تيار مستمر في المدى (0-500mA) كذلك استخدم جهاز فولتميتر رقمي (Digital Voltmeter) لقياس فرق الجهد بين القطبين العامل والمرجع، اما عند قياس التيار المار بين القطب العامل والمساعد بالملي اميتر حيث تتم تغير فرق الجهد بمعدل (10 mV/min) وقياس قيمة التيار المار المقابلة لكل قيمة من الجهد المسلط وفي المدى (± 250mV) تقريباً عند نقطة جهد الدائرة المفتوح (Open Circuit Potential) تم حساب كفاءة التثبيط باستخدام المعادلة الاتية [13].

$$IE\% = \frac{Ic_{(un.)} - Ic_{(in.)}}{Ic_{(un.)}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1)$$

حيث:

$Ic_{(in.)}$، $Ic_{(un.)}$ كثافة تيار التاكل بوجود وعدم وجود المثبط على التوالي.

### اختبار الفحص المجهري Microcopy Test

لغرض دراسة طبيعة سطوح العينات (طبوغرافية السطح) في المحاليل المثبطة وغير المثبطة ولبيان تاثير الامتزاز الحاصل على السطح ثم فحص النماذج المعرضة للتاكل في المحاليل الالكتروليتية المثبطة وغير المثبطة باستخدام مجهر ضوئي من نوع (Union ME-3154).

### طريقة الفقدان بالوزن Weight Loss Method

في هذه الطريقة تم غمر عينات الفولاذ في كل من حامض الهيدروكلوريك بتركيز (1M) وماء الحنفية في درجة حرارة الغرفة بحالة وجود المثبط وعدم وجود المثبط (Blank)، استخدم ثلاث تراكيز للمثبط (0.5, 1.5, 3)% ، حيث تم قياس التغير في الوزن لفترات زمنية مختلفة من الغمر في المحاليل، (0-240 min.) و(0-24 hr.) لكل من محلول حامض HCl وماء الحنفية على التوالي.
حسبت كفاءة المثبط باستخدام المعادلة الاتية [13]:

$$IE\% = \frac{W_u - W_i}{W_u} \times 100 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2)$$

حيث:

$W_i$، $W_u$ : الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المثبط على التوالي.

**النتائج والمناقشة Results and Discussion**

استخدم في الدراسة قيد البحث ماء الحنفية (Tap Water) وحامض الهيدروكلوريك (HCl) كمحاليل تاكلية، الشكل (3) يبين تاثير فترة التعرض لماء الحنفية بوجود او عدم وجود المثبط حيث يلاحظ بشكل جلي ان عينة الفولاذ واطئ الكاربون قد ابدت نقصاناً مستمراً بالوزن مع زيادة زمن التعرض وهذا يعود الى طبيعة الاكاسيد المتكونة على سطح الفولاذ تكون مسامية وغير حامية للمعدن وضعيفة التماسك، لذا فهي لا توفر الحماية الكافية للمعدن، اما العينات المغمورة في الماء الحاوي على المثبط بتراكيز مختلفة حيث يلاحظ انه في الساعات الاولى ان العينات خالية من مظاهر التاكل عند فحصها بالعين المجردة وهذا يؤشر على قدرة المثبطات على الحماية بعد ذلك حصول فقدان ضئيل بالوزن ثم استقر تقريباً عند نهاية الاختبار وهذا يرجع الى اكتمال تكوين ونمو الطبقة الواقية من جزيئات المثبط على سطح المعدن والتي تعزله عن المحيط (Physical Adsorption) وهذا يتفق مع ما اشار اليه الباحث Klechka [4]. كذلك يتضح من خلال الشكل ان الفقدان بالوزن ينخفض مع ازدياد تركيز المثبط أي زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة التركيز وهذا يعود الى زيادة درجة التغطية السطحية بواسطة جزيئات المثبطات العضوية.

الشكل (4) يوضح تأثير محلول HCl على عينات الفولاذ واطئ الكاربون المغمورة فيه بوجود وعدم وجود المثبط حيث ان العينات في المحلول الخالي من المثبط تبدي فقداناً كبيراً بالوزن مستمراً بالزيادة مع زمن التعرض للمحلول الحامضي وهذا يعزى الى وجود ايونات الهيدروجين ($H^+$) التي تستهلك الالكترونات وتعمل على تعجيل التفاعل (Corrosion Rate) من خلال تحولها الى ذرات والتي بدورها تتحد فيما بينها لتتحول الى فقاعات غازية تخرج خارج المحلول، كذلك يظهر من خلال الشكل ان الوزن المفقود للعينات الفولاذية المغمورة في المحلول الحامضي الحاوي على المثبطات العضوية ويعود ذلك الى ان جزيئات المثبطات تمتز على سطح المعدن وتعمل على تغطيته بشكل كامل تقريباً وبالتالي تقليل معدل التاكل، وهذا ما توصل اليه باحثون اخرون [14، 15] كذلك يشير الشكل (4) الى انخفاض وزن العينات المفقود بزيادة تركيز المثبطات أي انخفاض معدل التاكل وبالتالي زيادة كفاءة التثبيط مع زيادة تركيز المثبطات العضوية وهذا يؤثر مرة اخرى على فاعلية زيادة التركيز الذي يمثل وفرة في الايونات التي تترسب امتزازاً على سطح المعدن كما موضح في الجدول (2).

الشكل (5) يبين منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في ماء الحنفية، الشكل (6) يبين منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في ماء الحنفية الحاوي على (3%) حجماً من المثبط، اما الشكل (7) يمثل منحنيات الاستقطاب للعينة في محلول (1M) من حامض (HCl) والشكل (8) يوضح منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في محلول (1M) من حامض (HCl) الحاوي على (3%) حجماً من المثبط.

من الشكلين (5) و(6) نلاحظ ان اضافة المثبطات العضوية الى ماء الحنفية المغمورة فيه العينات تجعل جهد التاكل بالاتجاه الموجب اما تيار التاكل فان قيمته انخفضت بمقدار (17.27%) فقط من قيمته في حالة عدم وجود المثبط، اما من خلال ملاحظة الشكلان (7) و(8) فان انحراف جهد التاكل بالاتجاه الموجب وانخفاض تيار التاكل باضافة المثبط (3%) الى مقدار (10.43%) من قيمتها بدون وجود مثبط، مما يدل على فعالية المثبط قيد البحث في حماية الفولاذ من التاكل. الجدول (3) يبين كفاءة المثبط العضوي المستخدم حيث تزداد مع زيادة تركيز المثبط.

تم اجراء اختبار الفحص المجهري لدراسة طبوغرافية سطح العينات المعدنية المغمورة في ماء الحنفية ومحلول (HCl) من الشكل (9-a) يظهر عينة الفولاذ الكربوني بعد فترة التعرض للماء الاعتيادي من دون اضافات حيث يبدو واضحاً من الشكل حصول عملية التاكل على سطح المعدن والذي يشمل تقريباً جميع اجزاء السطح وبشكل غير متجانس. اما الشكل (9-b) فيوضح عينة الفولاذ واطئ الكاربون بعد التعرض للماء الاعتيادي الحاوي على المثبط حيث يتبين خلو السطح من مظاهر التاكل ووضوح طبقة التغطية الممتزة على السطح المعدني، اما الشكل (9-c) الذي يوضح عينة الفولاذ المغمورة في محلول حامض (HCl) اذ يبدو واضحاً التاكل التنفري (Pitting Corrosion) وبكثافة عالية للنقر وباحجام واقطار مختلفة نتيجة التاكل الحاصل على سطح العينة، الشكل (9-E) يبين العينة الفولاذية المغمورة في المحلول اعلاه الحاوي على المثبط حيث يبدو الفرق الشاسع بين العينتين ووضوح طبقة المثبط الممتزة على سطح الفولاذ الحامية من التاكل.

**علاقة الامتزاز Adsorption Isotherm**

التغطية السطحية ($\theta$) عند أي تركيز من المثبط يمكن ان تحسب من المعادلة الاتية:

$$\theta = 1 - \frac{W_{in}}{W_{un}} \quad \text{.....(3)}$$

حيث :

$W_{in}$، $W_{un}$: الوزن المفقود بوجود وعدم وجود المثبط على التوالي عند درجة حرارة ثابتة.

يمكن استخدام بيانات معدلات التاكل للعينات المعدنية في الاوساط المختلفة في تحليل آلية الامتزاز (Adsorption Mechanism) ، علاقة Langmuir للامتزاز يمكن التعبير عنها كما يلي:

$$\theta = \frac{KC}{1+KC} \quad \text{.....(4)}$$

حيث (K) هو ثابت التوازن لعملية الامتزاز ويمثل درجة الامتزاز (القيمة الحالية له تعني امتزاز قوي على سطح المعدن)،(C) تمثل تركيز المثبط، يمكن ترتيب المعادلة (4) بالشكل الاتي:

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \quad \text{.....(5)}$$

من خلال رسم العلاقة بين التغطية السطحية (θ%) مقابل تركيز المثبط نجد عموماً زيادة في التغطية السطحية مع زيادة تركيز المثبطات.

الشكل (10) يبين العلاقة بين (C/θ) مقابل التركيز (C) لعينات الفولاذ واطئ الكاربون في ماء الحنفية ومحلول (HCl) الحاوين على المثبط على التوالي. نلاحظ من خلال الشكل اعتماد المقدار (C/θ) على تركيز المثبط وان طبيعة العلاقة الخطية تشير الى ان المثبطات تمتز على سطح المعدن طبقاً الى علاقة Langmnir أي زيادة عملية الامتزاز مع زيادة تركيز المثبط (3)% وهذا يؤدي الى زيادة درجة التغطية وبالتالي زيادة الحماية من التاكل مع زيادة تركيز المثبط.

**الاستنتاجات Conclusions**

1. المثبط المستخدم في هذه الدراسة مستخلص من اشجار النخيل المنتشرة بكثرة في العراق وهو سهل التحضير ومأمون الجانب من الناحية الصحية والمضار البيئية.
2. الية التثبيط تتم بواسطة الامتزاز على سطح المعدن وان سلوك الامتزاز كان مطابقاً لعلاقة لاتكمير للامتزاز Langmuir Isotherm.
3. كفاءة الثبيط تزداد مع زيادة تركيز المثبط الى (3)% حجماً.
4. من خلال الاختبارات التي تم دراستها هناك تحسن كبير في مقاومة تآكل الفولاذ واطئ الكاربون في كلا المحلولين.

**References**


1. K. R. Trthewcy & J. Chamberlain, "Corrosion for science and Engineering", 2nd Ed., Printed in Singapore, (1996).
2. R. A. Higgins, "Engineering Metallurgy", Applied Physical Metallurgy, London, (1973).
3. A. S. Babagi, M. S. El-Basioung , R. M. Abdulla, Bull. Soc. Chem. France, (1989).
4. E. W. Klechka, "Use of Corrosion Inhibitors on the Trans Alaska Pipeline", Supplement to Material Performance, 2001. http://www.Cortec VCI.com/puplic cations/ papers/ Nalcreviwed.
5. Tomash, N. D., "Theory of Corrosion and Protection of Metals", the Macmillan Company, (1966).
6. Pierre R. Roberge, "Handbook of Corrosion Engineering", 1st Ed. (2000).
7. Issam Kamil Salih, "Inhibitor Effect of Benzoytriazole on the Corrosion of Mild Steel in Sulfuric Acid Solution", Engineering and Technology, Vol.22, No.6, (2003).
8. Fontana M. G., "Corrosion Engineering". 3rd Ed., MG-Graw Hill, (1986).
9. D. J. Renzo, "Corrorsion Resistance Materials", 4th Ed., Noyes Data Coporation, (1985).
10. T. Tuken , B. Yazili and M. Erbil, "The Effect of Nicotinamid on Iron Corrosion", University of Cukurova, (2002).
11. Y. Haek and L. Larabi, "Corrosion Inhibitor of Mild Steel in (HCl) by Oxalic" University of Tlemcen, (2004).

E-mail: y.harek @ mail: Univ. tlemcen.d.

12. Stanley J. Dapkunas, "Saface Engineering Measurement Standards for Inorganic Materials", ASTM International, (2005).
13. O. K. Abiola, N. C. Oforka, "Corrosion Science & Engineering", (2002), http://www.umist.au.uk/corrosion.
14. Nidhal Shaker Fahad, MSc. Thesis, University of Technology, (1987).
15. E. M. Sherif and Su-Moonpark, "Inhibition of Copper Corrosion in (NaCl) Solution", University of Science and Technology, Pohang, (2006)

الجدول (1): يبين التركيب الكيميائي لعينات الفولاذ المستخدمة

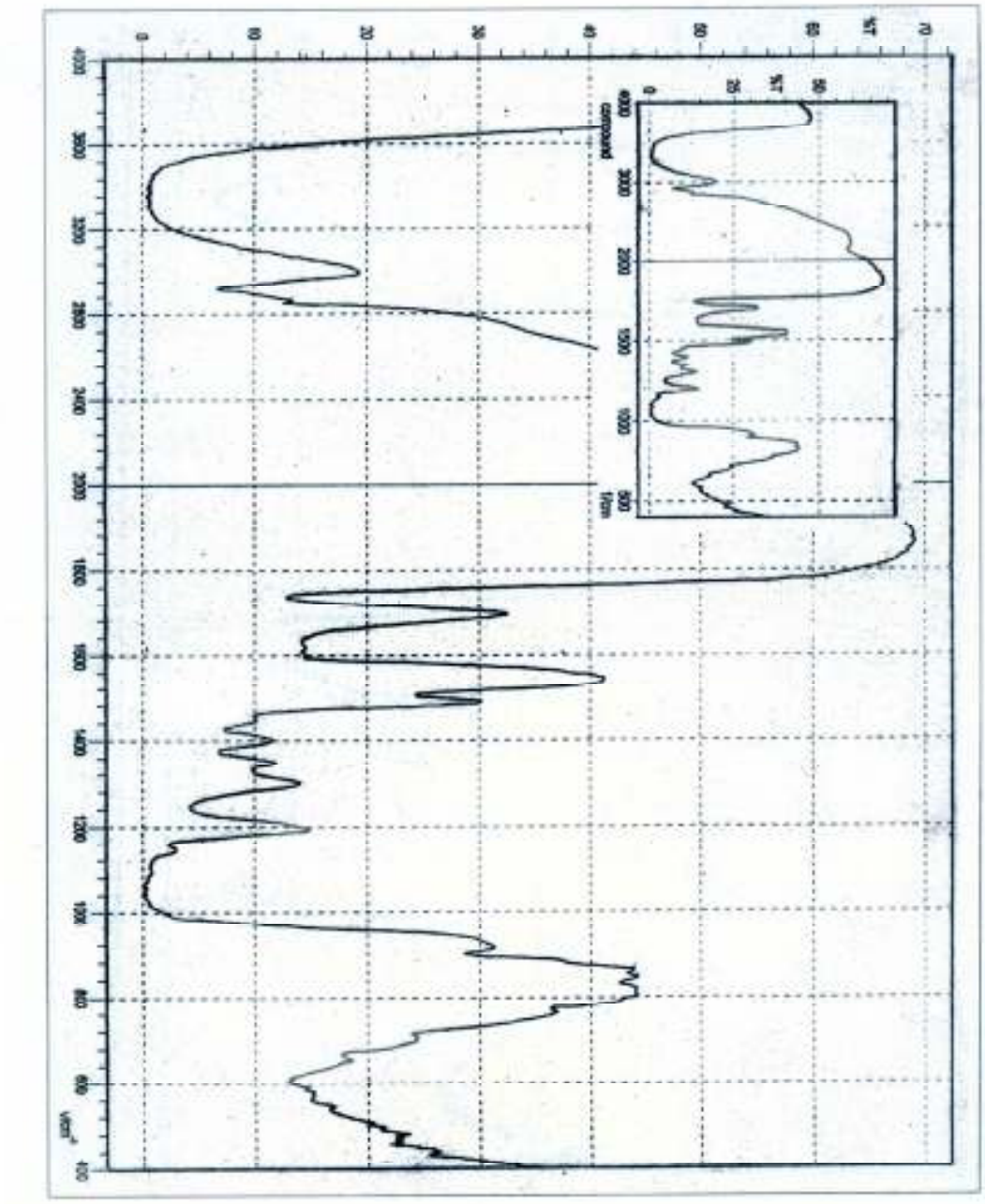
| Components of Element | Wt. % |
|---|---|
| C | 0.05 |
| Cr | 0.07 |
| Mn | 0.45 |
| Si | 0.29 |
| Al | 0.08 |
| Fe | Rem. |

جدول (2): يوضح كفاءة المثبط من تراكيز مختلفة منه في ماء الحنفية وحامض HCl عند درجة حرارة الغرفة.

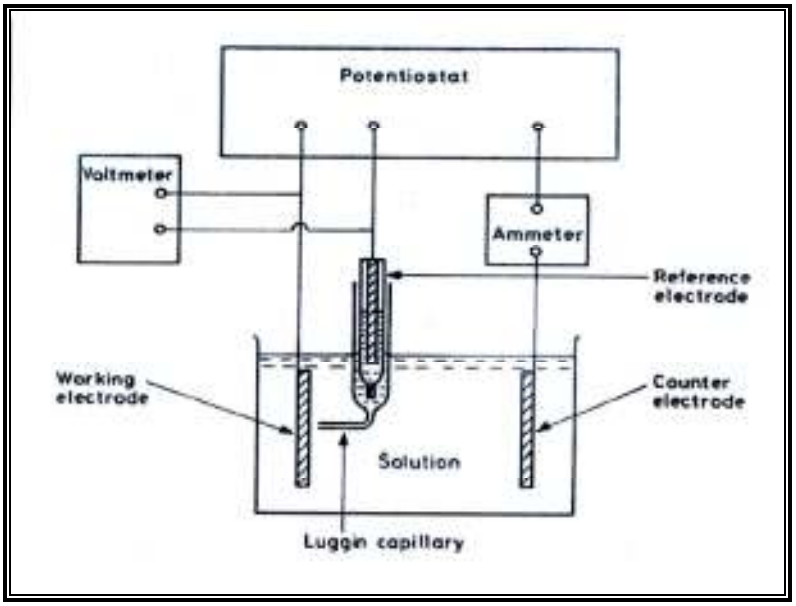
| Efficiency% | Inhibitor Concentration (V/V)% | Etivironmental |
|---|---|---|
| 69.08 | 0.5 | Tap water |
| 75.17 | 1.5 | = |
| 80.96 | 3 | = |
| 75.56 | 0.5 | HCl |
| 86.21 | 1.5 | = |
| 91.9 | 3 | = |

**جدول (3): يبين قيم كثافة تيار التاكل وجهد التاكل وكفاءة التثبيط للمثبط العضوي(3%) في ماء الحنفية والمحلول الحامضي (HCl) عند درجة حرارة الغرفة.**

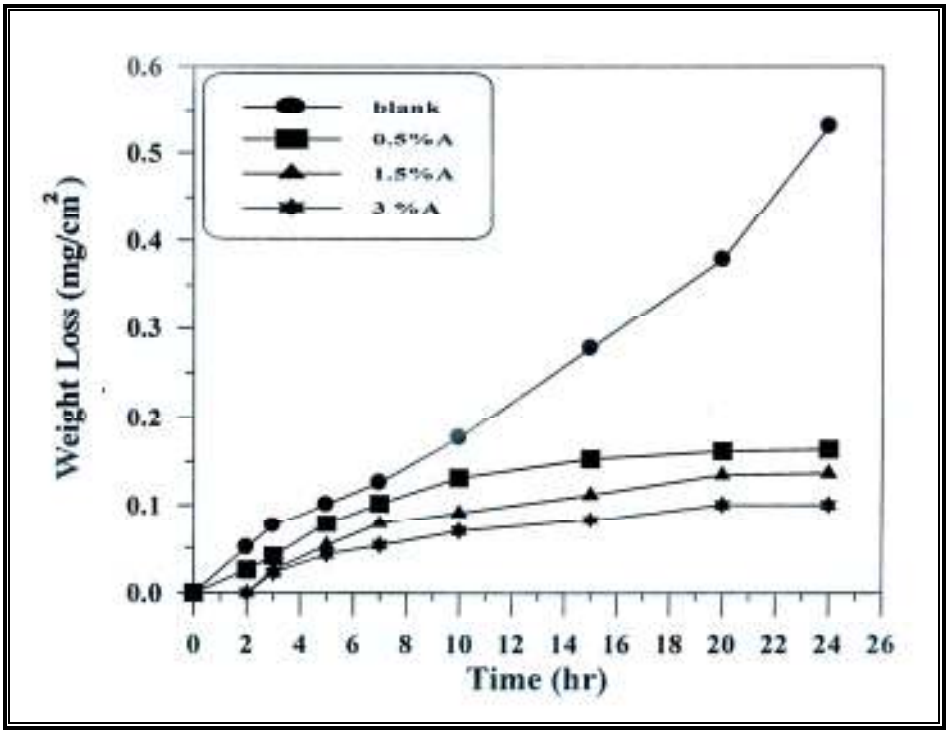
| Efficiency % | Corrosion potential E Corr.mV | Current Density I Corr.($mA/cm^2$) | Solution |
|---|---|---|---|
| - | -480 | $1.1*10^{-5}$ | Tap water without inhibitor |
| 82.72 | -430 | $1.9*10^{-6}$ | Tap water within inhibitor |
| - | -580 | $4.6*10^{-5}$ | HCl without inhibitor |
| 89.56 | -500 | $4.8*10^{-6}$ | HCl within inhibitor |



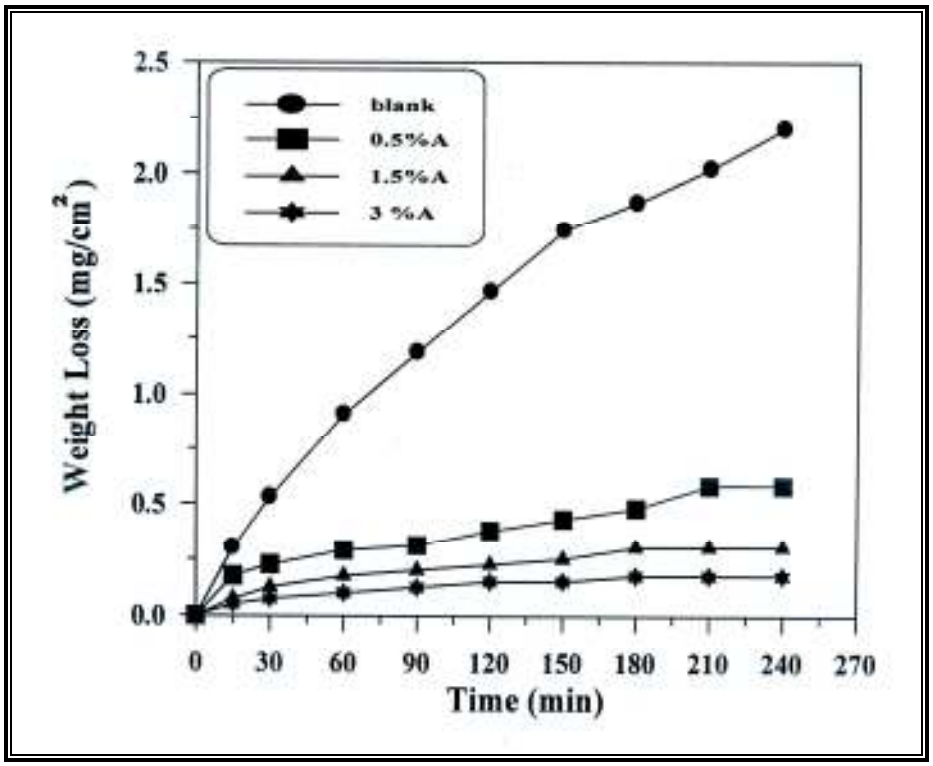
شكل (1): اطياف (FTIR) للمسحوق النباتي المثبط.



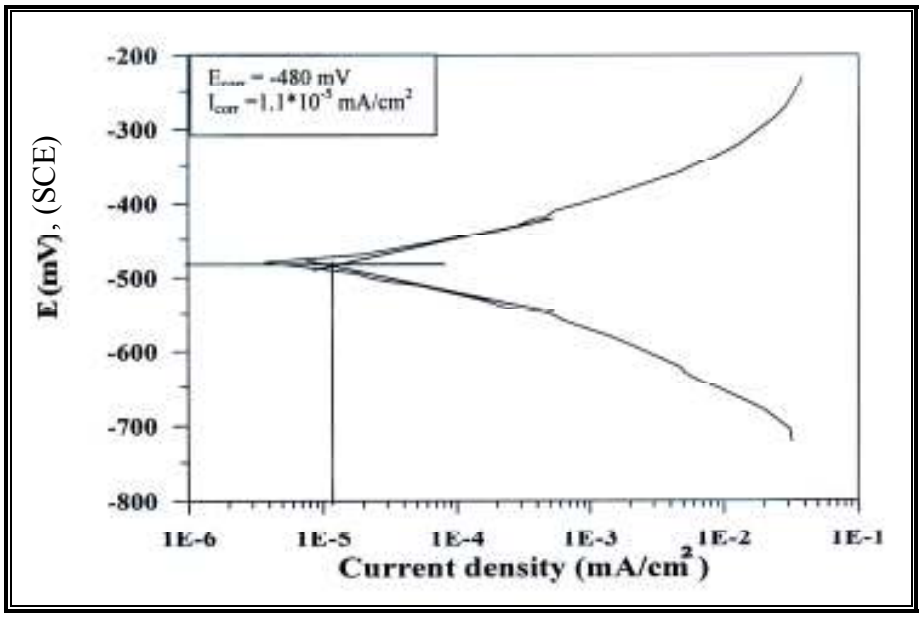

شكل (2): يوضح ربط الدائرة الكهربائية لرسم منحني الاستقطاب.



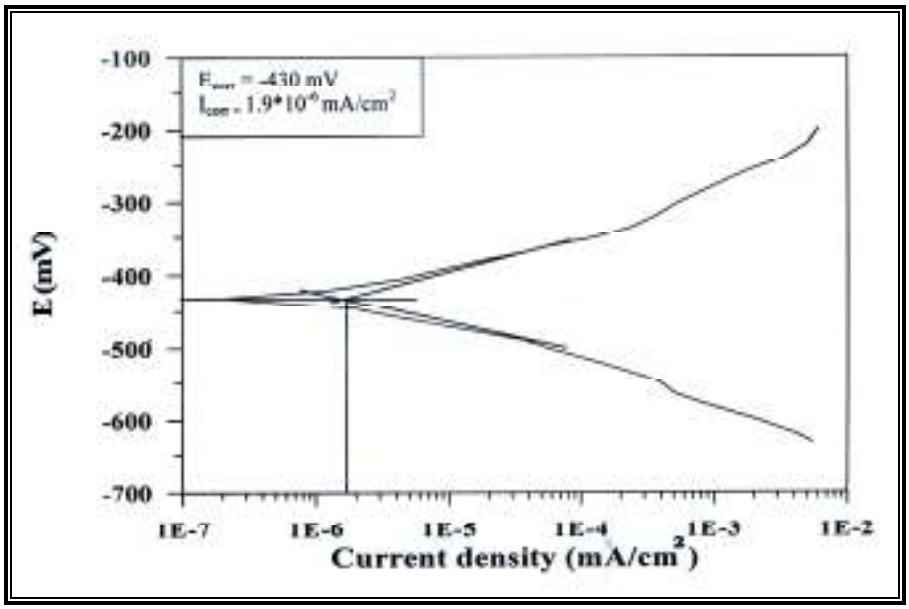

شكل (3): تاثير فترة التعرض لماء الحنفية للفقدان بالوزن لعينات الفولاذ واطئ الكاربون بوجود وعدم وجود مثبط عند درجة حرارة (25°C).



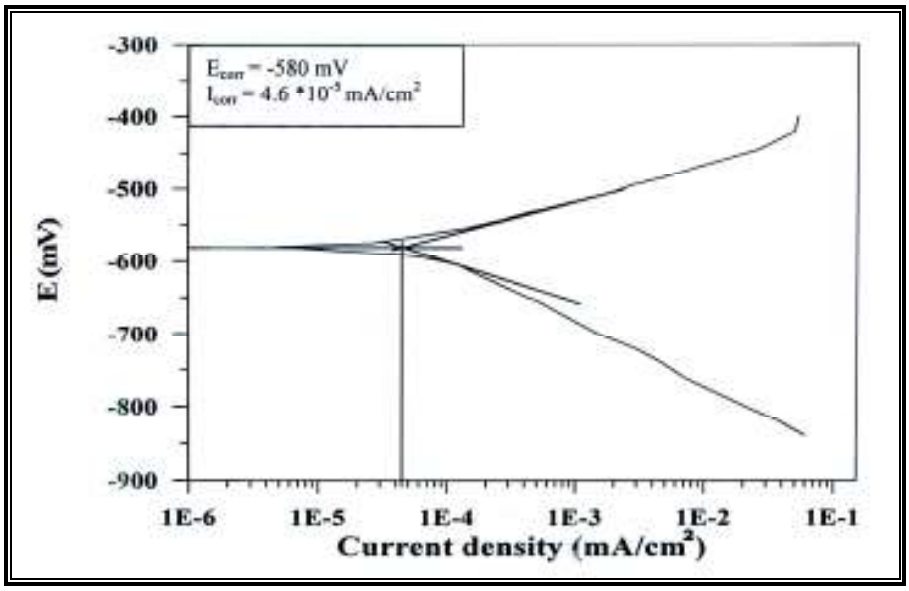

شكل (4): يوضح تاثير فترة التعرض لمحلول (1M) من حامض (HCl) في الوزن المفقود لعينات الفولاذ واطئ الكاربون بوجود وعدم وجود مثبط عند درجة حرارة (25°C).



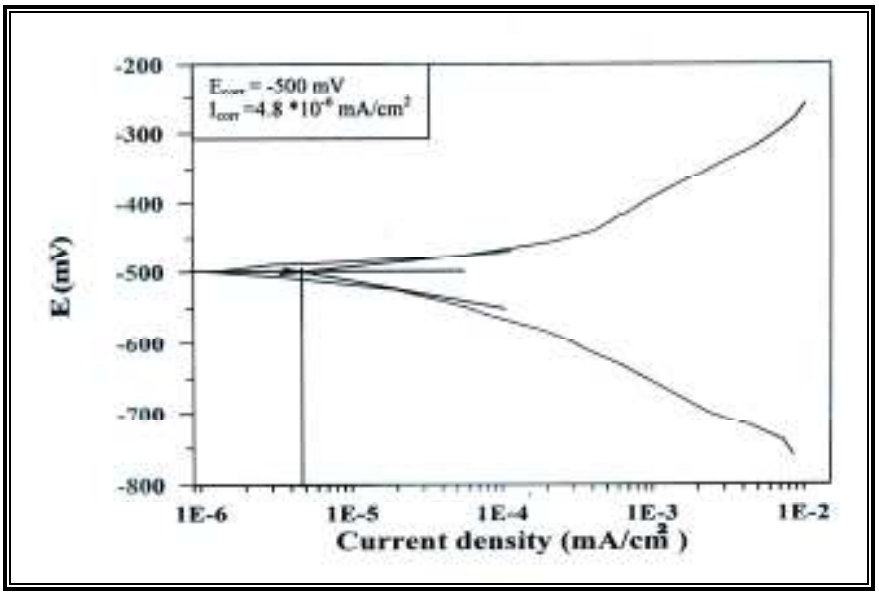

شكل (5): منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في ماء الحنفية.



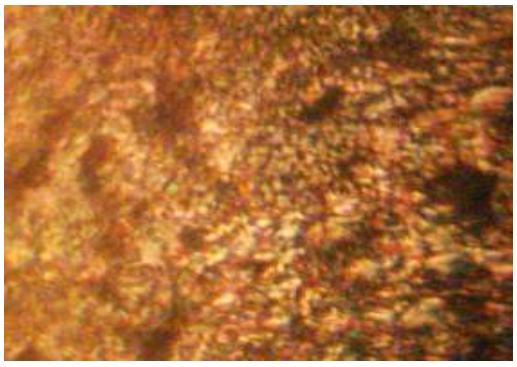

شكل (6): منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في ماء الحنفية الحاوي على (3%) حجماً من المثبط عند درجة حرارة (25°C).



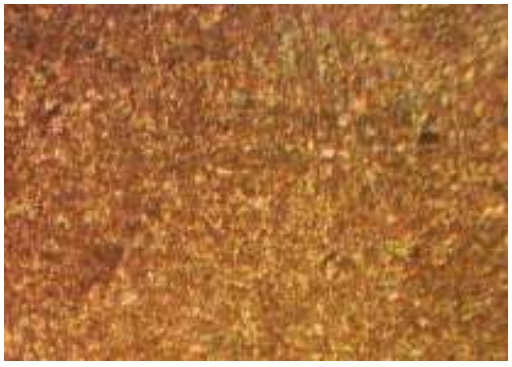

شكل (7): منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في محلول (1M) من حامض HCl عند درجة حرارة (25°C).



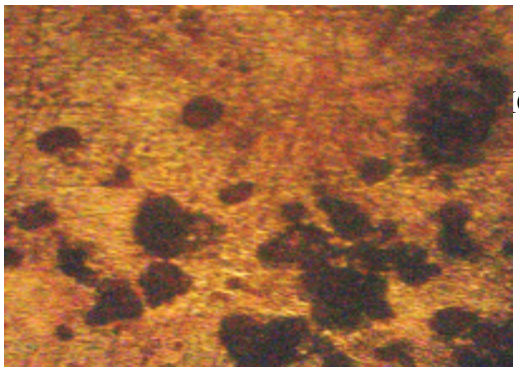

شكل (8): منحنيات الاستقطاب لعينة الفولاذ واطئ الكاربون في محلول (1M) في حامض HCl الحاوي على (3%) حجماً من المثبط عند درجة حرارة (25°C).



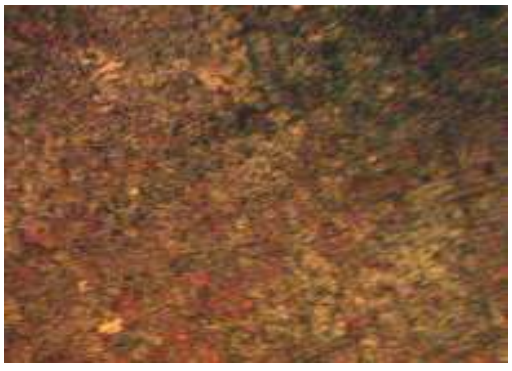
شـكل (9-a): عينـة الفـولاذ واطـئ الكـاربون المغمـور فـي مـاء الحنفيـة (400X).



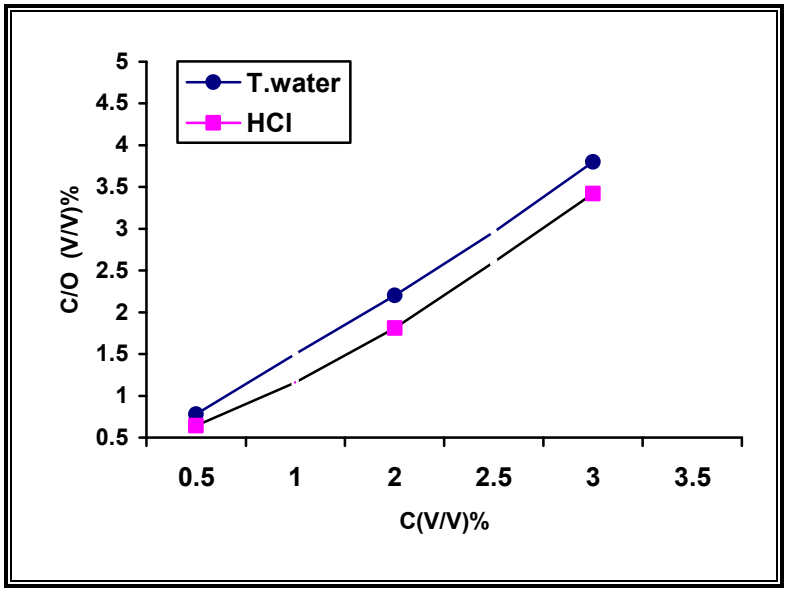
شـكل (9-b): عينـة الفـولاذ واطـئ الكـاربون المغمـور فـي مـاء الحنفيـة مـع المثبط (400X).



شـكل (9-c): عينـة الفـولاذ واطـئ الكـاربون المغمـور فـي محلـول HCl (400X).



شـكل (9-d): عينـة الفـولاذ واطـئ الكـاربون المغمـور فـي محلـول HCl مـع المثبط(400X).




شكل (10): يوضح علاقة Langmair للامتزاز على سطح الفولاذ واطئ الكاربون في ماء الحنفية وحامض