



## تثبيط تآكل C-Steel L80 باستخدام البولي اكريل امايد مع الثايوفين -2

### كاربوكسي الديهايد

مظر جواد كاظم العبيدي<sup>1</sup> ، فرح خلف حمود الجبوري<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>قسم الكيمياء ، كلية العلوم، جامعة كركوك، كركوك، العراق.

<sup>1</sup>[mutharjawad@yahoo.com](mailto:mutharjawad@yahoo.com), <sup>2</sup>[farah\\_aljibory2003@yahoo.com](mailto:farah_aljibory2003@yahoo.com)

### الملخص

في هذا البحث استخدمت خمسة اوزان ثابتة (0.5)غم من البولي اكريل امايد ومزجها مع خمسة احجام مختلفة من ثايوفين-2-كاربوكسيل ديهايد (0.5,1,1.5, 2, 2.5) مل للحصول على خمسة تركيز من المثبط في 50 مل من 15% HCl وبعدها تم غمر سبائك (C-Steel L80) بالمحظول المحضر وتم حساب الاوزان المفقودة لدرجات حرارية مختلفة (40, 60, 80, 90) مل وازمنة مختلفة (6, 3, 4,5) ساعة ، ومن الاوزان المفقودة تم حساب الكفاءة ومساحة السطح المغطى (θ) وبعدها حسبت الثوابت термодинاميكية ولوحظ ان بزيادة تركيز المثبط يقل التآكل.

**الكلمات الدالة:** ثايوفين -2- كاربوكسي الديهايد ، التآكل ، C-Steel L80 ، مثبطات التآكل.



## Inhibiting of C - steelL80 Corrosion by Using of Polyacrylamide and Thiophene -2- Carboxaldehyde

Muthar J. K. Al-Obaidi<sup>1</sup>, Farah Kh. H. Al-Juboory<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Department of Chemistry, College of Science, Kirkuk University, Kirkuk, Iraq.

<sup>1</sup>[mutharjawad@yahoo.com](mailto:mutharjawad@yahoo.com), <sup>2</sup>[farah\\_aljibory2003@yahoo.com](mailto:farah_aljibory2003@yahoo.com)

### Abstract

In this research Five steady weights (0.5) g. of polyacrylamide were mixed with five different volumes of thiophene-2-carboxildehyde (0.5, 1, 1.5, 2 and 2.5) ml to obtain five concentrations of inhibitor in (50)ml of 15% HCl. (C-Steel L80) bars were immersed in the prepared solution and the lost weights were calculated in different temperatures (40,60, 80 and 90) °C at different times (3, 4, 5 and 6)hrs. the covered surface area ( $\theta$ )and the efficiency were calculated from the lose weights; then the thermodynamic constants were calculated. It was observed that the less corrosion was obtained by increasing the inhibitor concentration.

**Key words:** thiophene-2-carboxildehyde, Corrosion, C-Steel L80, inhibitors

## 1. المقدمة

ان محليل حامض الهيدروكلوريك تستعمل في عمليات صناعية عديدة، بعضها مهم في حقول الكبس الحامضي للفولاذ وفي التطهيف الكيميائي والمعالجة وانتاج النفط الخام وتحميض ابار النفط، و بسبب الهجوم العدائي للمحاليل الحامضية تم استعمال المثبطة لتقليل التآكل على السطوح المعدنية [1] .

عرف في فرميليا (Vermilyea) التآكل بأنه عملية نزع او ازالة ذرات او جزيئات من سطح مادة صلبة مثل سطح فلز او سبيكة. [2] وعرف (Evans) التآكل بأنه سلسلة من العمليات الكهروكيميائية (Electrochemical) وعمليات الديناميكية الحرارية (Thermodynamic) والحركية (Kinetic) التي تشمل انتقال الكترونات ضمن الدائرة [3]. التآكل هو تدمير المعادن والسبائك بالتفاعلات الكيميائية والكهروكيميائية مع اوساطها. وهو ظاهرة طبيعية لا يمكن ان تلغى لكن يمكن ان يسيطر عليها وتوقف باستعمال التقنيات الوقائية الملائمة كاستعمال المثبطة [4] .

المثبطة تمنح دوراً جيداً في عملية تثبيط التآكل، وان المثبطة العضوية التي تحتوي على ذرات غير متجانسة مثل الاوكسجين والنتروجين والكربون والفسفور تظهر التثبيط التآكري الافضل بتكوين غشاء وقائي على سطح المعدن [5] .

ويكون ترتيب كفاءة تثبيط التآكل للمركبات التي تحتوي ذرات غير متجانسة كالتالي:



ان تطبيق او استعمال البوليمرات كمثبطة تآكل جذبت باحثين عددة فالمركبات البوليمرية مهمة كمثبطة تآكل في صمامات التحبيض [6] تتعرض المعادن في العديد من العمليات للمواد الحامضية وتعتبر الحامض من اهم مسببات التآكل للمواد المعدنية. وعند تعرض المعدن للتأثير الحامضي يمكن التقليل والتحكم من حدة التآكل الحامضي عن طريق المثبطة (مثبطة التآكل) [7] .

## 2. الجزء العملي

### 1.2 المواد والاجهزه المستخدمة:-

1- بولي اكريلاميد 2- ثايفين-2- كاربوكسي الديهايد 3- حامض الهيدروكلوريك 4- حمام مائي 5- ميزان حساس

### 2.2 مواصفات الـ C-Steel L80

يتكون الفولاذ الكاربوني L80 C-Steel بنسب معينة من المعادن الآتية

$Cr=0.0190$ ,  $Mn=1.41$ ,  $Si=0.353$ ,  $C=0.263$ ,  $Ni =0.159$ ,  $P =0.03$ ,  $S =0.001$ ,  $Fe=balance$

### 3. تحضير حامض الهيدروكلوريك المستخدم:-

تم تحضير حامض الـ HCl بتركيز 15% بعد تخفيف الحامض التجاري ذو التركيز 28% بالماء المقطر

#### -:L80 Carbon Steel 4.2

استخدام قطع C-SteelL80 المحضرة والمقطعة مسبقاً الى قطع بأبعاد مترابطة لقياس الخسارة بالوزن بعد تنظيفها و-scalingها جيداً بواسطة ورق الصقل الخاص بالمعادن وغسلها بـالأسيدون وحامض الهيدروكلوريك المخفف وتجفيفها جيداً وبعدها تم حساب أوزان سبائك الـC-SteelL80.

#### -:HCl + P.A.M + Thiophene-2-carboxildehyde 5.2

تم إذابة خمسة أوزان ثابتة 0.5g من p.a.m وخمسة أحجام مختلفة من الثايفين-2-كاربوكسي الديهايد 1, 1.5, 2, 2.5, 5ml من حامض الهيدروكلوريك للحصول على خمسة تركيزات مختلفة من المثبط [8].

#### - طريقة اختبار الفقدان بالوزن: 6.2

تم تحضير القطع المعدنية الموزونة مسبقاً والمحاليل المحضرة لمثبط التآكل مع عينة أخرى من دون إضافة المثبط للحصول على محلول Blank ، ثم غمر القطع المعدنية في المحلول وتركها بالحمام المائي لمدة ثلاثة ساعات ضمن درجات حرارية مختلفة °C (40, 60, 80, 90) وبعد انتهاء الزمن المحدد تم إخراج القطع المعدنية وتنظيفها جيداً وغسلها بـالأسيدون وحامض الهيدروكلوريك المخفف لإزالة الشوائب والترسبات من على سطح السبيكة وبعد التجفيف التام تم إعادة وزن القطع لمعرفة وزن المادة المفقودة للسبيكة.

ثم كررت العملية وذلك بعمر السبائك في المحاليل وتركها بالحمام المائي لمدة (3, 4, 5, 6) ساعات وبنفس الدرجات الحرارية السابقة °C (40, 60, 80, 90). [10,9].

#### 3. النتائج والمناقشة

تستخدم المثبطات الكيميائية لقليل نسبة عمليات التآكل بشكل متعدد في استخراج النفط والصناعات التحويلية حيث كانت المثبطات دائماً تعتبر خط الدفاع الأول ضد التآكل. وقد خصص عدد كبير من الدراسات العلمية لموضوع مثبطات التآكل. ومع ذلك فإن اغلب المثبطات التي عُرفت تمت من التجارب العملية سواء في المختبرات او في الحقل. وان القواعد والمعادلات والنظريات لتوجيه تطوير المثبط أو استعماله محدودة جداً [10].

#### قياسات الخسارة بالوزن :-

في هذا البحث استخدم الـ Thiophene-2-carboxildehyde كمثبط للتآكل كما تم توضيح ذلك في طريقة العمل. وبعد الحصول على الأوزان المفقودة واجراء الحسابات المطلوبة والوصول الى الأشكال البيانية يتبيّن من **الشكل 1** منحنيات خسارة الوزن مقابل الزمن لـ Thiophene-2-carboxildehyde في غياب وجود تركيزات مختلفة من مركب الـ P.A.M و C-SteelL80 في 40°C. (تم الاحتفاظ ببقية الأشكال) وقد تم الحصول على منحنيات مماثلة للمركب. فمن الواضح أن خسارة الوزن من C-Steel في وجود هذا البوليمر تتناسب خطياً مع الزمن، وأقل بكثير من تلك التي تم الحصول عليها في محلول البلازاك blank solution. فبزيادة الزمن يزداد التآكل، ولكن

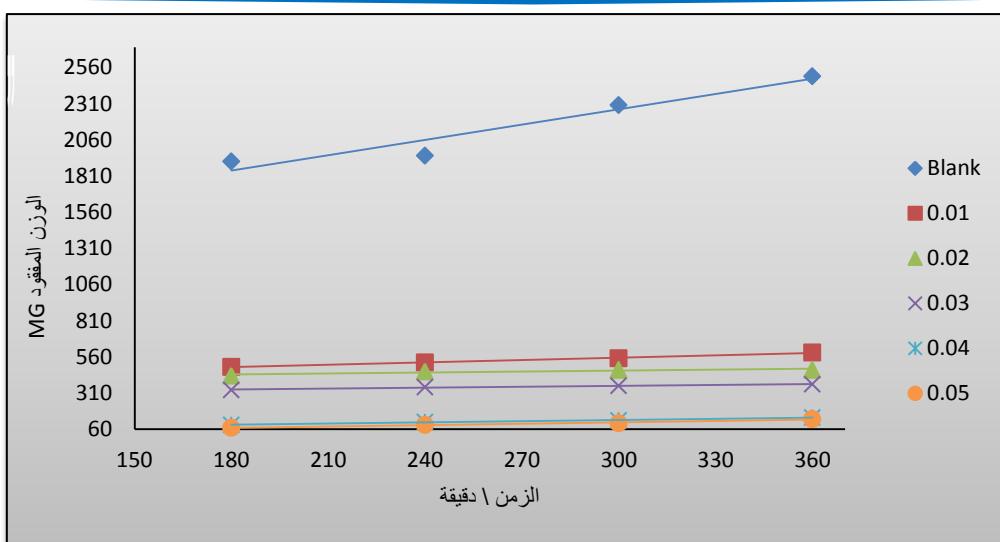
تختلف نسب التآكل بزيادة تراكيز المادة المثبتة عند المقارنة بين التركيز عند زمن 3 ساعات فنلاحظ الفرق كبير جداً بقيم الأوزان المفقودة، هذا يدل على ايجابية المثبت لقليل التآكل وبمقارنة المنحنيات مع بعضها لاحظنا ان الفرق كبير عند وجود المثبت وعدم وجوده وايضا عند زيادة تراكيز المثبت. الخطوط التي تم الحصول عليها تشير إلى عدم وجود غشاء غير قابل للذوبان أثناء التآكل، وأن المثبت قد أمتز أولاً على سطح المعدن، وبعد ذلك أعاد عملية التآكل [11]. وقد تم الحصول على منحنيات مماثلة لدرجات الحرارة الأخرى. من **الجدول 1** نلاحظ قيم الاوزان المفقودة للفولاذ الكاربوني بوجود غياب مثبت التآكل (P.A.M) و (Thiophene-2-carboxildehyde) بتراكيز مختلفة ودرجات حرارية وازمنة مختلفة في حامض الهيدروكلوريك بتركيز 15% وان قيم الاوزان المفقودة تزداد مع زيادة درجات الحرارة و زمن الغمر في الحامض وهذا يدل على ان الحرارة والزمن لها تأثير مباشر على المثبت المستخدم فتعمل الحرارة تعمل على تقليل او اذابة البوليمر فتقلل من تشكيل الطبقة الواقية على السطح. وتم حساب كفاءة نسبة التثبيط (الكافاءة) وتعطية السطح المعامل ( $\theta$ ) التي تمثل مساحة السطح المغطى بواسطة مثبتات التآكل وذلك باستخدام المعادلات التالية [12].

$$\text{الوزن المفقود} = \text{الوزن قبل الغمر} - \text{الوزن بعد الغمر}$$

$$\text{الكافاءة} = 100 \times \frac{\text{الوزن المفقود للبلانك} - \text{الوزن المفقود للعينة}}{\text{الوزن المفقود للبلانك}}$$

$$\frac{\text{الوزن المفقود للبلانك} - \text{الوزن المفقود للعينة}}{\text{الوزن المفقود للبلانك}} = \theta$$

ونلاحظ في **الجدول 1** ان قيم الكفاءة ومساحة السطح المغطى قد تزداد مع زيادة تراكيز المثبت المستخدم ولكن تقل مع ارتفاع درجات الحرارة ومع زيادة زمن الغمر للسيبيكة. فعند دراسة نتائج الجدول لاحظنا ان الكفاءة تقل مع زيادة زمن الغمر للسيبيكة. اما عند مقارنة كفاءة المثبت لدرجات الحرارة المختلفة نلاحظ انخفاض نسب الكفاءة فكلما زادت درجة الحرارة قلت الكفاءة ومساحة السطح المغطى.



**الشكل 1:** الوزن المفقود مقابل الزمن لتأكل C\_steel L80 في HCl بتركيز 15% عند درجة حرارة 40 °م باستخدام تراكيز مختلفة من ( Thiophene-2-carboxildehyde و P.A.M كمانع تأكل)

#### تأثير درجة الحرارة:-

تم دراسة تأثير ارتفاع درجة الحرارة على معدل تأكل C-Steel L80 في 15% من حامض الهيدروكلوريك في غياب وجود تراكيز مختلفة من المثبط لغرض معرفة مدى تأثير مثل هذه المواد كمثبطات للتآكل باستخدام قياسات خسارة الوزن [13]. ان معدلات التآكل  $R_{corr}$  قد تم حسابها باستخدام المعادلة التالية:-

$$R_{corr} = \frac{\Delta W}{St} \quad (1)$$

حيث

$\Delta W$  = خسارة الوزن من السبيكة.

$S$  = مساحة السبيكة (cm<sup>2</sup>).

$t$  = زمن الغمر بالحامض (بالدقيقة).

عند الرجوع إلى **الجدول 1** الذي استخدم ال ( Thiophene-2-carboxildehyde و P.A.M ) كمثبط تآكل يلاحظ زيادة الوزن المفقود وبالتالي زيادة معدل التآكل مع ارتفاع درجة الحرارة. هذا يشير إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يقلل من عملية التثبيط ويتم الحصول على أعلى كفاءة تثبيط عند 40°C بثبوت تركيز المثبط. وان لدرجة الحرارة تأثير سلبي فهي تزيد من معدل التآكل الحامضي وايضا تؤثر على عمل المثبط وقد حسبت قيم طاقة التنشيط  $Ea$  لعملية التآكل باستخدام معادلة أرينبيوس [14]

$$\log R_{corr} = \log A - \frac{Ea}{2.303 RT} \quad (2)$$

حيث:

$R_{corr}$  = معدل التآكل من خسارة الوزن،  $A$  = ثابت أرينيوس،  $R$  = الثابت العام للغازات،  $T$  = درجة الحرارة المطلقة.  
مخطط أرينيوس بوجود تراكيز مختلفة من ال (P.A.M) و Thiophene-2-carboxildehyde كمثبط للتآكل وبأزمنة مختلفة (3, 4, 5, 6) ساعات على التوالي. المنحنيات المماثلة تم الحصول عليها وتم الحصول على قيم  $Ea$  من ميل الخطوط المستقيمة والمدرجة في الجداول 2, 3, 4, 5. ان زيادة طاقات التشيسط بوجود المثبط تعزى إلى الانخفاض الملحوظ في عملية امتراز المثبط على سطح المعدن مع ارتفاع درجات الحرارة وثبوت طاقة التشيسط مع زيادة في درجة الحرارة لكل تركيز من المثبط وزيادة مماثلة في معدل التفاعل بسبب المساحة الكبيرة من المعدن المعرضة للحامض. وايضا تزداد طاقة التشيسط مع زيادة زمن الغمر. ان زيادة تراكيز المثبط تعمل على رفع قيم طاقات التشيسط [15].

الامتراز الآيزوثيرمي:-

ان قيم مساحة تغطية السطح المعدنية ( $\theta$ ) في تراكيز مختلفة من المثبطات المستخدمة عند درجات حرارة مختلفة مذكورة في الجدول 1. ان قيم مساحة السطح المغطى ( $\theta$ ) التي وجدت تزداد مع زيادة تركيز المواد البوليميرية المضافة وتتلاشى مع ارتفاع درجات الحرارة من 40-90°C. فالمثبط يعمل على زيادة مساحة السطح المغطى لمدى معين من تراكيز المثبط ودرجات الحرارة عندما يحدث امتراز أحادي الطبقة على سطح الفولاذ ، وايزوثيرم امتراز لانجميور والذي يعبر عنه كالتالي [16]

$$\log \frac{\theta}{1-\theta} = \log A + \log C - \frac{\Delta H}{2.303 RT} \quad (3)$$

حيث:

$A$  = ثابت مستقل،  $C$  = تركيز المثبط،  $\Delta H$  = حرارة الامتراز.  
ومن العلاقة بين  $\log \frac{\theta}{1-\theta}$  و  $\Delta H$  (1/T) بتراكيز مختلفة من مثبط التآكل (P.A.M) و Thiophene-2-carboxildehyde تم الحصول على منحنيات مماثلة لجميع الازمنة (3,4,5,6) ساعات. تم الحصول على علاقة خطوط مستقيمة هذا يعني أنه امتراز المثبط لسيكة ال C-Steel L80 ، يطبع أيزوثيرم امتراز لانجميور [17]. ويمكن حساب قيم حرارة الامتراز  $\Delta H$  من ميل الخط المستقيم ( $-\Delta H/2.303R$ ) والمبيبة في الجداول 2, 3, 4, 5. القيم الموجبة من  $\Delta H$  تعكس السلوك الماصل للحرارة للمثبط المستخدم على سطح الفولاذ الكاربوني. وايضا نلاحظ نقصان بقيم  $\Delta H$  مع زيادة تركيز المثبط. وزيادة في قيم  $\Delta H$  مع زيادة زمن الغمر لسيكة ال C-Steel L80. ونلاحظ من الجداول ان قيم  $\Delta H$  بانخفاض مستمر مع زيادة تركيز المثبط و لا تتأثر بارتفاع درجات الحرارة.[15]

## المتغيرات الترمودينميكية :-

ويمكن صياغة أيزوثيرم امتراز لانجمير على النحو التالي:

$$\frac{C}{\theta} = \frac{1}{K} + C \quad (4)$$

حيث،  $K$  ثابت الاتزان لعملية الامتراز ،  $C$  = تركيز المثبط.

و عند الرسم ( $\log C \theta V_s \log C$ ) للمثبط (Thiophene-2-carboxildehyde) و P.A.M كمثال على ذلك لأيزوثيرم الامتراز. و تم الحصول على منحنيات لهذا البوليمر. الخطوط المستقيمة  $A$  مع قيمة ميل الوحدة تبين أن امتراز ال (P.A.M) و (Thiophene-2-carboxildehyde) على سطح السبيكة يتبع لانجمير Langmuir. من هذه النتائج يمكن أن نفترض أنه لا يوجد تفاعل بين الاصناف الممتزرة. ويمكن حساب ثابت التوازن ( $K$ ) لامتراز من المعاملة بالمثل لمضاد اللوغاريتم المعروضة و المدرجة في الجداول 2, 3, 4, 5. حيث نلاحظ أن قيم  $K$  ثابتة مع تغير تركيز المثبط ولكنها تتغير مع تغير درجات الحرارة حيث تقل مع زيادة درجات الحرارة. وأيضا تقل مع زيادة زمن الغمر بالحامض [16]. ومن المتغيرات الترمودينميكية لعملية الامتراز يمكن الحصول على  $(\Delta G)_{ads}$  و الانتربي  $(\Delta S)_{ads}$  و P.A.M (  $\Delta S$  ) و  $\Delta G = \Delta H - T\Delta S$  ومن العلاقات الترمودينميكية (Thiophene-2-carboxildehyde) من العلاقات الترمودينميكية.

$$K = \exp \frac{-\Delta G_{ads}}{RT} \quad (5)$$

$$\Delta G = \Delta H - T\Delta S \quad (6)$$

وبالنظر إلى القيم المحسوبة ل  $\Delta G_{ads}$  و  $\Delta S_{ads}$  على مدى درجة الحرارة (40, 60, 80, 90)°C لكل تركيز من تراكيز المثبط المستخدم في الجداول. القيم السالبة لل  $\Delta G_{ads}$  تشير إلى امتراز تلقائي للمثبط المستخدم (P.A.M) و (Thiophene-2-carboxildehyde) على سطح الفولاذ الكاربوني وانخفاض قيمة  $\Delta S_{ads}$  مع الارتفاع في درجات الحرارة. وهذا يؤدي إلى الزيادة العالية بقيم الامترازية للمثبط على سطح السبيكة. حيث تكون قيم  $\Delta G_{ads}$  ثابتة مع تغير التراكيز للمثبط ولكنها تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة. وأيضا تزداد مع زيادة زمن الغمر بالحامض. أما قيم  $\Delta S_{ads}$  فتتغير مع تغير تراكيز المثبط اي تقل مع زيادة تركيز المثبط وتقل مع ارتفاع درجات الحرارة. وثابتة مع تغير زمن غمر السبيكة بالحامض [18].

## ميكانيكية التثبيط:-

ان العمل التثبيطي ل (P.A.M) و Thiophene-2-carboxildehyde نحو تآكل C في 15% HCl باستخدام طريقة الخسارة بالوزن يمكن أن يعزى إلى عدة عوامل بما في ذلك البنية او التركيب وعدد وأنواع موقع الامتراز وطبيعة الجزيئية وطبيعة سطح المعدن والقدرة على تشكيل المعقادات. أن آلية تثبيط ال (P.A.M) و Thiophene-2-carboxildehyde هي نتيجة لتشكيل المعقد بين ايون  $Fe^{+2}$  والمثبط [19]. ان المعقد الذي تكون يمتر على سطح المعدن وبالتالي يعزل المعدن من مواد الهجوم التآكلية. وأيضا يمكن تفسيره على اساس او قاعدة الامتراز على سطح

المعدن. وجد بأن عملية الامتياز تعتمد على عدد المواقع الفعالة في الجزيئات وكثافة الشحنة وحجم الجزيئية والاستقرار لهذه المشتقات فبالمحاليل الحامضية. يفترض أن الامتياز يتم بشكل رئيسي من خلال ذرة النيتروجين للمجموعة الأمينية (المراكز النشطة) . يفضل نقل زوج الإلكترونات الوحيد للنيتروجين إلى السطح لتشكيل تنسيق نوعي ترابطي من خلال وجود المدارات شاغرة في ذرة الحديد منخفضة الطاقة. يبدو الطابع القطبي في الجزء المتغير لجزيئه المثبت أن له تأثير بارز على كثافة شحنة الإلكترون لجزيئه [19].

#### 4. الاستنتاجات

ان استخدام البوليمرات والمواد العضوية التي تحتوي على ذرات مغایرة من (N , O , S) تعد من اكفاء المثبتات لـ C-Steel L80 وقد تم استخدام قياس الفقدان بالوزن لتقدير عمل المثبت وكفاءته على تثبيط تآكل الـ C-Steel L80 بالوسط الحامضي (15% HCl) وقد وجدت الكفاءة تتناسب من (60% - 90%) حسب تركيز المثبت ودرجة الحرارة.

2. درجة الحرارة و زمن الغمر تأثير كبير على عمل المثبت وعلى التآكل.

3. تركيز المثبت يلعب دور كبير في تقليل التآكل.

**جدول 1:** معدل تأثير التثبيط لـ P.A.M ( Thiophene-2-carboxildehyde ) على تآكل الـ C-Steel L-80 ( عند HCl %15 )

ازمنة ودرجات حرارية مختلفة في

عند زمن 6 ساعة			عند زمن 5 ساعة			عند زمن 4 ساعة			عند زمن 3 ساعة			الوزن المفقود gm	حجم الحامض	T °C	التركيز
θ	الكافاءة %	الوزن المفقود gm	θ	الكافاءة %	الوزن المفقود gm	θ	الكافاءة %	الوزن المفقود gm	θ	الكافاءة %	الوزن المفقود gm				
-----	-----	1.18	-----	-----	1.15	-----	-----	1.12	-----	-----	1.09	Blank			
0.918	91.8	0.1	0.9322	93.22	0.08	0.9482	94.82	0.06	0.9732	97.32	0.030.	30.0			
0.9262	92.62	0.09	0.9491	94.91	0.06	0.9655	96.55	0.04	0.9821	98.21	0.020.	50.0			
0.9344	93.44	0.08	0.9661	96.61	0.04	0.9441	94.41	0.03	0.991	99.1	0.010.	70.0			
0.9426	94.26	0.07	0.9745	97.45	0.03	0.9827	98.27	0.02	0.991	99.1	0.010.	90.0	50ml	40	
0.9508	95.08	0.06	0.983	98.3	0.02	0.9913	99.13	0.01	0.991	99.1	0.010.	110.			
-----	-----	1.26	-----	-----	1.24	-----	-----	1.21	-----	-----	1.18	Blank			
0.8897	88.97	0.14	0.912	91.2	0.11	0.9354	93.54	0.08	0.9568	95.68	0.050.	30.0			
0.9133	91.33	0.11	0.928	92.8	0.09	0.9516	95.16	0.06	0.9655	96.55	0.040.	50.0			
0.9291	92.91	0.09	0.944	94.4	0.07	0.9596	95.96	0.05	0.9655	96.55	0.040.	70.0			
0.9527	95.27	0.6	0.96	96	0.05	0.9677	96.77	0.04	0.9741	97.41	0.030.	90.0	50ml	60	
0.9606	96.06	0.05	0.976	97.6	0.03	0.9758	97.58	0.03	0.9913	99.13	0.010.	110.			
-----	-----	2.3	-----	-----	2.1	-----	-----	1.88	-----	-----	1.85	Blank			
0.9023	90.23	0.21	0.9103	91.03	0.19	0.9096	90.96	0.16	0.913	91.3	0.140.	30.0			
0.9116	91.16	0.19	0.9198	91.98	0.17	0.9152	91.52	0.15	0.9378	93.78	0.10.	50.0			
0.9209	92.09	0.17	0.9339	93.39	0.14	0.9378	93.78	0.11	0.944	94.4	0.090.	70.0			
0.9348	93.48	0.14	0.9433	94.33	0.12	0.9491	94.91	0.09	0.9503	95.03	0.080.	90.0	50ml	80	
0.9441	94.41	0.12	0.9528	95.28	0.1	0.9604	96.04	0.07	0.9689	96.89	0.050.	110.			
-----	-----	2.5	-----	-----	2.3	-----	-----	1.95	-----	-----	1.91	Blank			
0.8857	88.57	0.28	0.8879	88.79	0.26	0.8909	89.09	0.23	0.8901	89.01	0.20.	30.0			
0.8938	89.38	0.26	0.9003	90.03	0.23	0.9004	90.04	0.21	0.9065	90.65	0.170.	50.0			
0.9061	90.61	0.23	0.9137	91.37	0.2	0.9146	91.46	0.18	0.934	93.4	0.120.	70.0			
0.9142	91.42	0.21	0.9181	91.81	0.19	0.9336	93.36	0.14	0.9505	95.05	0.090.	90.0	50ml	90	
0.9346	93.46	0.16	0.9396	93.96	0.14	0.9478	94.78	0.11	0.9615	96.15	0.070.	110.			

**جدول 2: الثوابت الحرارية للمثبط Thiophene-2-carboxildehyde و P.A.M عند زمن 3 ساعة و تراكيز مختلفة**

$\Delta S$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta G$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta H$ (KJmol <sup>-1</sup> )	Ea (KJmol <sup>-1</sup> )	K (KJmol <sup>-1</sup> )	درجة الحرارة K°	التركيز
50.82	$-16 \times 10^3$	-93	245	$4.76 \times 10^2$	313	0.02
48.36	$-16.2 \times 10^3$			$3.57 \times 10^2$	333	
48.17	$-17.1 \times 10^3$			$3.44 \times 10^2$	353	
46.02	$-16.8 \times 10^3$			$2.63 \times 10^2$	363	
48.78	$-15.4 \times 10^3$	-130	273	$3.84 \times 10^2$	313	0.03
46.15	$-15.5 \times 10^3$			$2.63 \times 10^2$	333	
44.39	$-15.8 \times 10^3$			$2.27 \times 10^2$	353	
43.44	$-15.9 \times 10^3$			$1.81 \times 10^2$	363	
49.26	$-15.6 \times 10^3$	-179	287	$4.16 \times 10^2$	313	0.04
45.1	$-15.2 \times 10^3$			$2.43 \times 10^2$	333	
43.4	$-15.5 \times 10^3$			$2 \times 10^2$	353	
41.1	$-15.1 \times 10^3$			$1.51 \times 10^2$	363	
49.1	$-15.6 \times 10^3$	-235	310	$4.16 \times 10^2$	313	0.05
45.54	$-15.4 \times 10^3$			$2.7 \times 10^2$	333	
42.67	$-15.3 \times 10^3$			$1.85 \times 10^2$	353	
39.29	$-14.5 \times 10^3$			$1.25 \times 10^2$	363	
51.17	$-16.3 \times 10^3$	-281	310	$5.26 \times 10^2$	313	0.06
48.1	$-16.3 \times 10^3$			$3.7 \times 10^2$	333	
42.26	$-15.2 \times 10^3$			$1.81 \times 10^2$	353	
40.27	$-14.9 \times 10^3$			$1.4 \times 10^2$	363	

**جدول 3: الثوابت الحرارية للمثبط Thiophene-2-carboxildehyde و P.A.M عند زمن 4 ساعة و تراكيز مختلفة**

$\Delta S$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta G$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta H$ (KJmol <sup>-1</sup> )	Ea (KJmol <sup>-1</sup> )	K (KJmol <sup>-1</sup> )	درجة الحرارة K°	التركيز
58.09	$-18.5 \times 10^3$	-317	346	$1.25 \times 10^3$	313	0.02
54.1	$-18.3 \times 10^3$			$7.69 \times 10^2$	333	
47.82	$-17.2 \times 10^3$			$3.57 \times 10^2$	353	
45.4	$-16.8 \times 10^3$			$2.7 \times 10^2$	363	
57.06	$-18.2 \times 10^3$	-338	354	$1.11 \times 10^3$	313	0.03
51.23	$-17.4 \times 10^3$			$5.55 \times 10^2$	333	
46.35	$-16.7 \times 10^3$			$3.03 \times 10^2$	353	
42.87	$-15.9 \times 10^3$			$1.96 \times 10^2$	363	
60.24	$-19.2 \times 10^3$	-344	390	$1.66 \times 10^3$	313	0.04
48.51	$-16.5 \times 10^3$			$4 \times 10^2$	333	
44.63	$-16.1 \times 10^3$			$2.43 \times 10^2$	353	
43.12	$-1 \times 10^3$			$2.04 \times 10^2$	363	
57.98	$-18.5 \times 10^3$	-352	392	$1.25 \times 10^3$	313	0.05
48.79	$-16.6 \times 10^3$			$4.16 \times 10^2$	333	
43.47	$-15.7 \times 10^3$			$2.12 \times 10^2$	353	
43.38	$-16.1 \times 10^3$			$2.12 \times 10^2$	363	
57	$-18.2 \times 10^3$	-356	402	$1.11 \times 10^3$	313	0.06
57.18	$-19.4 \times 10^3$			$1.11 \times 10^3$	333	
45.7	$-16.5 \times 10^3$			$2.77 \times 10^2$	353	
43.92	$-16.3 \times 10^3$			$2.27 \times 10^2$	363	

جدول رقم 4: الثوابت термодинамическая للمثبط Thiophene-2-carboxildehyde و P.A.M عند زمن 5 ساعة

## وتركيز مختلفة

$\Delta S$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta G$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta H$ (KJmol <sup>-1</sup> )	Ea (KJmol <sup>-1</sup> )	K (KJmol <sup>-1</sup> )	درجة الحرارة K°	التركيز
52.81	$-16.7 \times 10^3$	-168	279	$6.25 \times 10^2$	313	0.03
51.14	$-17.2 \times 10^3$			$5 \times 10^2$	333	
47.68	$-17 \times 10^3$			$3.33 \times 10^2$	353	
45.81	$-16.8 \times 10^3$			$2.7 \times 10^2$	363	
51.64	$-16.4 \times 10^3$	-235	350	$5.55 \times 10^2$	313	0.05
48.84	$-16.5 \times 10^3$			$4 \times 10^2$	333	
43.18	$-15.7 \times 10^3$			$2.17 \times 10^2$	353	
42.32	$-15.6 \times 10^3$			$1.81 \times 10^2$	363	
51.61	$-16.4 \times 10^3$	-246	352	$5.55 \times 10^2$	313	0.07
47.61	$-16.1 \times 10^3$			$3.44 \times 10^2$	333	
43.77	$-15.7 \times 10^3$			$2.12 \times 10^2$	353	
40.92	$-15.1 \times 10^3$			$1.53 \times 10^2$	363	
52.51	$-16.7 \times 10^3$	-264	354	$6.25 \times 10^2$	313	0.09
47.25	$-16 \times 10^3$			$3.33 \times 10^2$	333	
43.44	$-15.6 \times 10^3$			$2.08 \times 10^2$	353	
41.14	$-15.2 \times 10^3$			$1.56 \times 10^2$	363	
57.24	$-18.2 \times 10^3$	-281	354	$1.11 \times 10^2$	313	0.11
47.8	$-16.2 \times 10^3$			$3.57 \times 10^2$	333	
43.96	$-15.8 \times 10^3$			$2.22 \times 10^2$	353	
41.37	$-15.3 \times 10^3$			$1.63 \times 10^2$	363	

جدول 5: الثوابت термодинامическая للمثبط Thiophene-2-carboxildehyde و P.A.M عند زمن 6 ساعة وتركيز

## مختلفة

$\Delta S$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta G$ (KJmol <sup>-1</sup> )	$\Delta H$ (KJmol <sup>-1</sup> )	Ea (KJmol <sup>-1</sup> )	K (KJmol <sup>-1</sup> )	درجة الحرارة K°	التركيز
49.04	$-15.4 \times 10^3$	-49	212	$3.84 \times 10^2$	313	0.02
47.45	$-15.5 \times 10^3$			$2.7 \times 10^2$	333	
46.39	$-16.8 \times 10^3$			$3.12 \times 10^2$	353	
46.13	$-16.8 \times 10^3$			$2.63 \times 10^2$	363	
45.79	$-14.4 \times 10^3$	-67	218	$2.56 \times 10^2$	313	0.03
44.24	$-14.8 \times 10^3$			$2.12 \times 10^2$	333	
44	$-15.6 \times 10^3$			$2.08 \times 10^2$	353	
42.51	$-15.5 \times 10^3$			$1.69 \times 10^2$	363	
43.85	$-13.8 \times 10^3$	-74	220	$2.04 \times 10^2$	313	0.04
43.32	$-14.5 \times 10^3$			$1.88 \times 10^2$	333	
42.28	$-15 \times 10^3$			$1.66 \times 10^2$	353	
40.65	$-14.8 \times 10^3$			$1.38 \times 10^2$	363	
42.8	$-13.5 \times 10^3$	-99	229	$1.81 \times 10^2$	313	0.05
44.44	$-14.9 \times 10^3$			$2.22 \times 10^2$	333	
41.64	$-14.8 \times 10^3$			$1.58 \times 10^2$	353	
39.39	$-14.4 \times 10^3$			$1.19 \times 10^2$	363	
42.45	$-13.4 \times 10^3$	-112	241	$1.75 \times 10^2$	313	0.06
44.4	$-14.9 \times 10^3$			$2.22 \times 10^2$	333	
41.32	$-14.7 \times 10^3$			$1.53 \times 10^2$	353	
39.91	$-14.6 \times 10^3$			$1.29 \times 10^2$	363	

- [1] S. Fouda, H. Mostafa, F. El-Taib, G. Elewady, “*Synergistic influence of iodide ions on the inhibition of corrosion of carbon steel in sulphuric acid by some aliphatic amines*”, Corros. Sci., 47, 1988 (2004).
- [2] M. finsgar, S. Fassbender, F. Nicolini, I. milosev, “*polyethyleneimine as a corrosion inhibitor for ASTM 430 stainless steel in near-neutral chloride media*”, Materials Chem., and phys., 116, 198 (2009).
- [3] M. Moustafa, Y. Issa, W. El-Hawary, ” *Synthesis and analytical application of the Complex es of 4-methyleseculetin azo compounds with some transition metal ions*”, spectroscopy Lett., 32(5), 829 (1999).
- [4] M. Barbosa, “*the pitting resistance of AISI 316 stainless steel passivated in diluted nitric acid*”, Corros. Sci., 23, 1292 (1983).
- [5] M. Abdallah, “*Corrosion inhibition of steel by 1-phenyl 5-mercaptop1,2,3,4-tetrazole in acidic environments*”, Corros. Sci., 46, 1981 (2004).
- [6] B. Obot, O. Egbedi, A. Umoren, E. Ebenso, “*Synergistic and antagonistic effects of anions and Ipomoea invulcrata as green corrosion inhibitor for aluminium dissolution in acidic medium*”, Electrochemical Sci., 7, 994 (2010).
- [7] M. Abdallah, “*Corrosion behavior of 304 stainless steel in sulphuric acid solutions and its inhibition by some substituted pyrazolones Mater*”, Chem. Phys., 82, 786 (2003).
- [8] M. Abdallah, S .Khairou, “*Sildenafil citrate (Viagra) as a corrosion inhibitor for carbon steel in hydrochloric acid solutions*”, Monatshefte fur Chemie, 143, 1379 (2012).
- [9] M. Abdallah, E. Helal, A. Fouda, “*Amino pyrimidine derivatives as inhibitors for corrosion of 1018 carbon steel in nitric acid solutions*”, Corros. Sci., 48, 1639 (2006).

- [10] M. finsgar, S. Fassbender, F. Nicolini, I. milosev, “*polyethyleneimine as a corrosion inhibitor for ASTM 420 stainless steel in near-neutral saline media*”, *corrosion sci.*, 52, 525 (2009).
- [11] G. El- Mahdy, S. Mohamed, “*Inhibition of acid corrosion of pure aluminium with 5-benzylidine-1-methyl-2-methyl thio-imidazole-4-one Corrosion*”, *Corros. Sci.*, 51, 436 (1995).
- [12] I. Putilova, S. Balezin, V. Barannik, “*Metallic Corrosion Inhibitors*”, Pergamory Oxford, 34, 77 (1960).
- [13] M. Abdallah, S. Fouda, S. Shama, E. Afifi, “*Azodyes as corrosion inhibitors for dissolution of C-steel in hydrochloric acid solution*”, *African journal of pure and applied chem.*, 2, 083 (2008).
- [14] T. Makhlouf, W. Wahdan, “*Thermodynamic parameters of the synergistic effect of some thiols and halide ions on the acid corrosion of mild steel*”, *Polish J. Chem.*, 69, 1042 (1995).
- [15] A. Satapathy, G. Gunasekaran, S. Sahoo, P. Rodrigues, “*Corrosion inhibition by Justiciagendarussa plant extract in hydrochloric acid solution*”, *Corros. Sci.*, 51, 2848 (2009).
- [16] S. Abd El-Rehim, M. Ibrahim, K. Khaled, “*4 - Aminoantipyrine as an inhibitor of mild steel corrosion in HCl solution*”, *J. Appl. Electrochem.*, 29, 593 (1999).