

استخدام البولي اكريل اميد كمثبط تآكل لل (C-Steel L80) في وسط حامضي

غسان برهان يعقوب³

عبدالله سليم خزعل²

مظر جواد كاظم¹

¹جامعة تكريت/كلية العلوم ²جامعة تكريت/كلية العلوم/قسم الكيمياء ³شركة نفط الشمال/قسم البحوث والسيطرة

النوعية

mutharjawad@yahoo.com¹

abdslem@gmail.com²

Ghassan7jul@yahoo.com³

تاريخ قبول البحث: 2016/1/11

تاريخ استلام البحث: 2015/10/18

المخلص

تم استخدام البولي اكريل اميد كمثبط لتآكل ال C-Steel L80 في 50ml من 15% HCl حيث استخدمت خمسة أوزان مختلفة من مثبط التآكل (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5)gm وتم اذابته في 50ml من HCl للحصول على خمسة تراكيز مختلفة من المثبط (1, 2, 3, 4, 5)% بعدها تم غمر السبائك بالمحلول المحضر وتم حساب الأوزان المفقودة لدرجات حرارية مختلفة (40, 60, 80, 90) °C وأزمنة مختلفة (3, 4, 5, 6) ساعة ومن الأوزان المفقودة تم حساب الكفاءة ومساحة السطح المغطى (θ) وبعدها حسب الثوابت الترموديناميكية ولوحض ان بزيادة الزمن ودرجات الحرارة يزداد تآكل ال C-Steel L80 وان اعلى نسبة كفاءة للمثبط تكون عند زمن 3 ساعة ودرجة حرارة 40 °C.

الكلمات الدالة: بولي اكريل اميد ، التآكل ، ال C-Steel L80 ، المثبطات ، بولي اكريل اميد = P.A.M

Use of poly acryl amide Corrosion inhibitors for the C-Steel L80 in acid medium

Muthar Jawad K.¹

Abdullah Saleem K.²

Ghassan B. Yaqoob³

¹Tikrit University/College Of Science

[¹mutharjawad@yahoo.com](mailto:mutharjawad@yahoo.com)

²Tikrit University/College Of Science/Chemistry Department

[²abdslem@gmail.com](mailto:abdslem@gmail.com)

³North Oil Company/Research and Quality Control Department

[³Ghassan7jul@yahoo.com](mailto:Ghassan7jul@yahoo.com)

Received date:18/10/2015

Accepted date:11/1/2016

Abstract

This study included the use of poly acryl amide as corrosion inhibitor of the C-Steel in 50ml of 15% HCl were used five different weights (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5) gm of polymer to obtain different concentrations of the inhibitor and from weight lost in different temperature and times were obtained the inhibitor efficiency and covered surface area with polymer and then calculated the thermodynamic constants. It was noted that in increase of time and temperatures increases corrosion. The highest efficiency of the inhibitor has been recorded at the time of 3 hours and a temperature of 40 °C.

Key words: Poly acryl amide (P.A.M), Corrosion, C-Steel L80, inhibitors

1. المقدمة:- (Introduction)

التآكل ظاهرة لازمت البشرية منذ القدم منذ ان بدأ الانسان اشباعاً لحاجاته لصنع الادوات والمعادن التي يستعملها في تأمين حاجاته من مأوى ومأكل، حيث تتعرض هذه الادوات واللوازم للتآكل بسبب احتواء الوسط الخارجي على عوامل تحث على التآكل وهذه المواد مثل الأوكسجين والرطوبة والملوثات وغيرها. [1]

ان اهمية دراسة التآكل دائماً تتركز على ثلاث عوامل رئيسية:-

العامل الاول والجوهري هو العامل الاقتصادي والذي يتضمن الحد والتقليل من الخسائر التي يسببها التآكل والتي تصل الى بلايين الدولارات سنويا.

والعامل الثاني هو تحسين او توفير السلامة للمعدات حيث يؤدي التآكل الى عواقب عكسية وخيمة كانهجار المراحل او الابرار او سقوط الطائرات او الالوعية المعدنية الواقعة تحت تأثير الضغوط... الخ

اما العامل الثالث فهو الحفاظ على موارد المعادن لان المصدر العالمي للمعادن يكون محدود. المفقود منها يسبب خسارة عالية من احتياطات الطاقة المرتبطة من انتاج وتصنيع الهياكل والتراكيب المعدنية. [2]

تتعرض المعادن في العديد من العمليات للمواد الحامضية وتعتبر الحوامض من اهم مسببات التآكل للمواد المعدنية. وعند تعرض المعدن للتأثير الحامضي يمكن التقليل والتحكم من حدة التآكل الحامضي عن طريق المثبطات (مثبطات التآكل). [3]

عُرف التآكل من قبل الباحث الشهير فيرميليا (Vermilyea) بأنه عملية نزع او ازالة ذرات او جزيئات من سطح مادة صلبة مثل سطح فلز أو سبيكة. وعرف العالم ايفانز (Evans) التآكل بأنه سلسلة من العمليات الكهروكيميائية (Electrochemical) وعمليات الديناميكية الحرارية (Thermodynamic) والحركية (Kinetic) التي تشمل انتقال الالكترونات ضمن الدائرة [4]. وينجم عن تكوين الخلايا المغلقة (خلايا التآكل) على سطح الفلز او السبيكة التحطم التدريجي لسطح ذلك الفلز او تلك السبيكة. إذا استمرت تلك العمليات على سطح المادة فأنها لا تلبث أن تتسرب تدريجياً الى باطن وعموم هيكل المادة الصلبة التي تعاني التآكل [5]. قد توسع تعريف التآكل في يومنا هذا حتى اصبح يشمل مواد اخرى غير الفلزات والسبائك مثل متعددات الجزيئات (البوليمرات) ومركبات كيميائية كثيرة ويشمل ايضاً الزجاج والمبادلات الايونية والسمنت المسلح (الكونكريت) [6]. يُعرف التآكل بمعناه الواسع بأنه ميل الفلز (أو ميل الفلزات التي تشمل عليها السبيكة) للعودة الى تكوين المركبات او الخامات التي وجد فيها اصلاً في الطبيعة [7].

2. الجزء العملي :- (Experimental Part)

1.2 مواصفات ال C-Steel L80 :-

يتكون الفولاذ الكربوني C-Steel L80 بنسب معينة من المعادن الاتية

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

2.2 تحضير حامض الهيدروكلوريك المستخدم HCl:-

تم تحضير حامض ال HCl بتركيز 15% بعد تخفيف الحامض التجاري ذو التركيز 30% بالماء المقطر اعتماداً

$$\text{على } N_1 V_1 = N_2 V_2 .$$

3.2 تحضير قطع ال Carbon Steel L80:-

تم استخدام قطع ال C-Steel المحضرة والمقطعة مسبقاً الى قطع بأبعاد متقاربة لقياس الخسارة بالوزن بعد تنضيفها

وصقلها جيداً بواسطة ورق الصقل الخاص بالمعادن وغسلها بالأسيتون وحامض الهيدروكلوريك المخفف وتجفيفها جيداً

وبعدها تم حساب أوزان سبائك ال C-Steel.

4.2 تحضير محلول HCl + P.A.M:-

تم إذابة خمسة اوزان مختلفة من (0.5, 1, 1.5, 2, 2.5)gm في 50ml من حامض الهيدروكلوريك للحصول على

خمسة تراكيز مختلفة من المثبط (0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05) على التوالي [8].

5.2 طريقة اختبار الفقدان بالوزن:-

تم تحضير القطع المعدنية الموزونة مسبقاً والمحاليل المحضرة لمثبط التآكل مع عينة اخرى من دون اضافة المثبط

للحصول على محلول Blank ، ثم تم غمر القطع المعدنية في المحلول وتركها بالحمام المائي لمدة ثلاث ساعات ضمن

درجات حرارية مختلفة °C (40, 60, 80, 90) وبعد انتهاء الزمن المحدد تم اخراج القطع المعدنية وتنظيفها جيداً وغسلها

بالأسيتون 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 بغمر السبائك في المحاليل وتركها بالحمام المائي لمدة (4, 5, 6)ساعات وبنفس الدرجات

الحرارية السابقة °C (40, 60, 80, 90). [9]

3.النتائج والمناقشة:- (Results and Discussion)

تستخدم المثبطات الكيميائية لتقليل نسبة عمليات التآكل بشكل متنوع في استخراج النفط والصناعات التحويلية كانت المثبطات دائما تعتبر خط الدفاع الأول ضد التآكل. وقد خصص عدد كبير من الدراسات العلمية لموضوع مثبطات التآكل. ومع ذلك فأن اغلب المثبطات التي عُرِفَت نمت من التجارب العملية سواء في المختبرات او في الحقل. القواعد والمعادلات والنظريات لتوجيه تطوير المثبط أو استعماله محدودة جدا[10].

1.3 قياسات الخسارة بالوزن:-

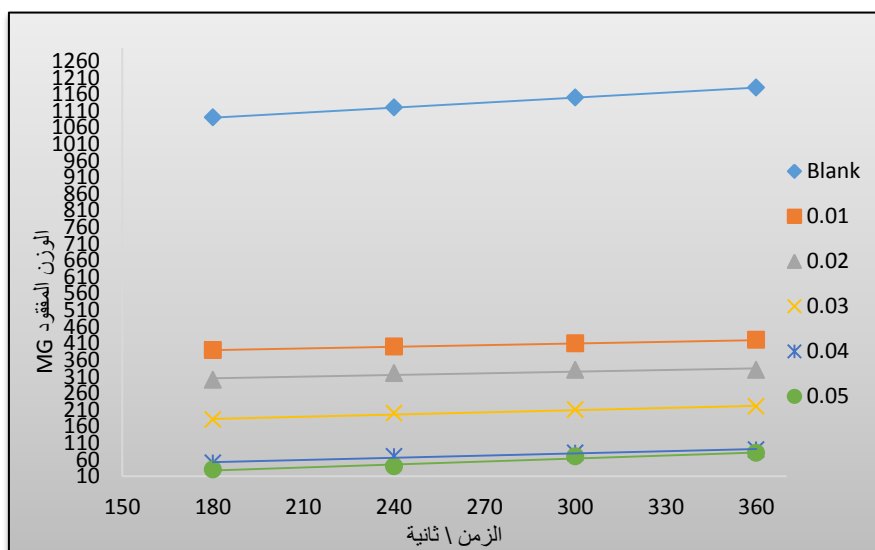
تم في هذا البحث استخدام Poly acryl amide كمثبط للتآكل كما تم توضيح ذلك في طريقة العمل. وبعد الحصول على الأوزان المفقودة واجراء الحسابات المطلوبة والوصول الى الأشكال البيانية يتبين من **الشكل (1)** منحنيات خسارة الوزن مقابل الزمن لسبيكة C-Steel في غياب وجود تراكيز مختلفة من مركب ال (P.A.M) في 40°C . (تم الاحتفاظ ببقية الأشكال) وقد تم الحصول على منحنيات مماثلة للمركب. فمن الواضح أن خسارة الوزن من C-Steel في وجود هذا البوليمر يتناسب خطيا مع الزمن، وأقل بكثير من تلك التي تم الحصول عليها في محلول البلانك blank solution . فزيادة الزمن يزداد التآكل، ولكن تختلف نسب التآكل بزيادة تراكيز المادة المثبطة عند المقارنة بين التركيز 0.01 و التركيز 0.05 عند زمن 3 ساعة فنلاحظ الفرق كبير جداً بقيم الأوزان المفقودة هذا يدل على ايجابية المثبط لتقليل التآكل وبمقارنة المنحنيات مع بعضها لاحظنا ان الفرق كبير عند وجود المثبط وعدم وجوده وايضا عند زيادة تراكيز المثبط. الخطوط التي تم الحصول عليها تشير إلى عدم وجود غشاء غير قابل للذوبان أثناء التآكل، وأن المثبط قد أمتز أولاً على سطح المعدن، وبعد ذلك أعاق عملية التآكل[11]. وقد تم الحصول على منحنيات مماثلة لدرجات الحرارة الاخرى. من **الجدول (1)** نلاحظ قيم الاوزان المفقودة للفولاذ الكربوني بوجود وغياب مثبط التآكل (P.A.M) بتركيز مختلفة ودرجات حرارية وازمنة مختلفة في حامض الهيدروكلوريك بتركيز 15%. فان قيم الاوزان المفقودة تزداد مع زيادة درجات الحرارة وزمن الغمر في الحامض هذا يدل على ان الحرارة والزمن لها تأثير مباشر على المثبط المستخدم فتعمل على تقليل امتزاز المثبط على سطح السبيكة وكذلك الحرارة تعمل على تقليل او اذابة البوليمر فنقلل من تشكيل الطبقة الواقية على السطح. وتم حساب كفاءة نسبة التثبيط (الكفاءة) وتغطية السطح المعامل (θ) الذي تمثل مساحة السطح المغطى بواسطة مثبطات التآكل وذلك باستخدام المعادلات التالية[12].

الوزن المفقود = الوزن قبل الغمر – الوزن بعد الغمر

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

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

ونلاحظ في الجدول (1) ان قيم الكفاءة ومساحة السطح المغطى قد تزداد مع زيادة تراكيز المثبط المستخدم ولكن تقل مع ارتفاع درجات الحرارة ومع زيادة زمن الغمر للسبيكة. فعند دراسة نتائج الجدول لاحظنا ان الكفاءة تقل مع زيادة زمن الغمر للسبيكة. فعند اضافة 0.05 من المثبط (P.A.M) تكون الكفاءة 97.24 عند زمن 3 ساعة ولكن تقل تدريجيا وينفس التركيز عند زيادة زمن الغمر ففي زمن 4 ساعة الكفاءة 96.42 وعند زمن 5 ساعة 93.91 اما عند 6 ساعة فتكون الكفاءة 93.22 فمن هنا نلاحظ تأثير زمن الغمر على كفاءة التثبيط. اما عند مقارنة كفاءة المثبط لدرجات الحرارة المختلفة نلاحظ انخفاض نسب الكفاءة فكلما زادت درجة الحرارة قلت الكفاءة ومساحة السطح المغطى.



الشكل (1-3)

الوزن المفقود مقابل الزمن لتآكل C_steel L80 في HCl بتركيز 15% عند درجة حرارة 40 م باستخدام تراكيز مختلفة

من P.A.M كمانع تآكل

2.3 تأثير درجة الحرارة:-

تم دراسة تأثير ارتفاع درجة الحرارة على معدل تآكل Steel - C في 15% من حامض الهيدروكلوريك في غياب ووجود تراكيز مختلفة من المركبات البولي اكريل امايد وبتراكيز مختلفة لغرض معرفة مدى تأثير مثل هذه المواد كمنشطات للتآكل باستخدام قياسات خسارة الوزن [13]. ان معدلات التآكل R_{corr} قد تم حسابها باستخدام المعادلة التالية:-

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

حيث

ΔW = خسارة الوزن من السبيكة.

S = مساحة السبيكة (cm^2).

t = زمن الغمر بالحامض (بالدقيقة).

عند الرجوع الى **الجدول (1)** الذي استخدم ال P.A.M كمنشط تآكل يكشف عن زيادة الوزن المفقود وبالتالي زيادة معدل التآكل مع ارتفاع درجة الحرارة. هذا يشير إلى أن ارتفاع درجة الحرارة يقلل من عملية التنشيط ويتم الحصول على أعلى كفاءة تنشيط عند $40^\circ C$ بثبوت تركيز المثبط. وان لدرجة الحرارة تأثير سلبي فهي تزيد من معدل التآكل الحامضي وايضا تؤثر على عمل المثبط. وقد حسبت قيم طاقة التنشيط E_a لعملية التآكل باستخدام معادلة أرينيوس [14]

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

حيث:

R_{corr} = معدل التآكل من خسارة الوزن.

A = ثابت أرينيوس.

R = الثابت العام للغازات.

T = درجة الحرارة المطلقة.

مخطط أرينيوس ($\log R_{corr}$ vs $1/T$) بوجود تراكيز مختلفة من ال P.A.M كمنشط للتآكل وبأزمنة مختلفة (3, 4, 5, 6 ساعات على التوالي). المنحنيات المماثلة تم الحصول عليها وتم الحصول على قيم E_a من ميل الخطوط

المستقيمة والمدرجة في الجدول (2)، (3)، (4)، (5). ان زيادة طاقات التنشيط بوجود المثبط تعزى إلى الانخفاض الملموس في عملية امتزاز المثبط على سطح المعدن مع ارتفاع درجات الحرارة وثبوت طاقة التنشيط مع زيادة في درجة الحرارة لكل تركيز من المثبط وزيادة مماثلة في معدل التفاعل بسبب المساحة الكبيرة من المعدن المعرضة للحمض. وايضا تزداد طاقة التنشيط مع زيادة زمن الغمر. ان زيادة تراكيز المثبط تعمل على رفع قيم طاقات التنشيط [15].

3.3 الامتزاز الأيزوثيرمي:-

ان قيم مساحة تغطية السطوح المعدنية (θ) في تراكيز مختلفة من المثبطات المستخدمة عند درجات حرارة مختلفة المذكورة في الجدول رقم (1). ان قيم مساحة السطح المغطى (θ) التي وجدت تزداد مع زيادة تركيز المواد البوليمرية المضافة وتتنخفض مع ارتفاع في درجات الحرارة من $40-90^{\circ}\text{C}$. فهو يعمل على زيادة مساحة السطح المغطى لمدى معين من تراكيز المثبط ودرجات الحرارة عندما يحدث امتزاز أحادي الطبقة على سطح الفولاذ، وايزوثيرم امتزاز لانجميور وقد يعبر عنه كالآتي [16]

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

حيث:

A = ثابت مستقل.

C = تركيز المثبط.

ΔH = حرارة الامتزاز.

ومن العلاقة بين ($\log \theta / 1 - \theta$ Vs $1/T$) بتراكيز مختلفة من مثبط التاكل P.A.M. تم الحصول على منحنيات مماثلة لجميع الازمنة (3 و 4 و 5 و 6) ساعات. تم الحصول على علاقة خطوط مستقيمة هذا يعني أنه امتزاز مركبات ال P.A.M لسبيكة ال Steel - C، يطيع أيزوثيرم امتزاز لانجميور [17]. ويمكن حساب قيم حرارة الامتزاز ΔH من ميل الخط المستقيم ($-\Delta H/2.303R$) والمبينة في الجداول (2)، (3)، (4)، (5). القيم الموجبة من ΔH تعكس السلوك الماص للحرارة للمثبط المستخدم على سطح الفولاذ الكاربوني. وايضا نلاحظ نقصان بقيم ΔH مع زيادة تركيز المثبط.

وزيادة في قيم ΔH مع زيادة زمن الغمر لسبيكة ال C-Steel. ونلاحظ من الجداول ان قيم ΔH بانخفاض مستمر مع زيادة تركيز المثبط و لانتأثر بارتفاع درجات الحرارة.[15]

4.3 المتغيرات الترموداينمكية:-

ويمكن صياغة أيزوثيرم امتزاز لانجميور على النحو التالي:

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

حيث، K = ثابت الاتزان لعملية الامتزاز، C = تركيز المثبط.

ويمثل الرسم ($\log C/\theta$ Vs $\log C$) للمثبط P.A.M كمثل على ذلك لأيزوثيرم الامتزاز. وتم الحصول على منحنيات لهذا البوليمر. الخطوط المستقيمة A مع قيمة ميل الوحدة تبين أن امتزاز ال P.A.M على سطح Steel - C يتبع لانجميور Langmuir. من هذه النتائج يمكن أن نفترض أنه لا يوجد تفاعل بين الاصناف الممتازة. ويمكن حساب ثابت التوازن (K) للامتزاز الامتصاصي من المعاملة بالمثل لمضاد اللوغاريتم المعروضة و المدرجة في الجداول (3)، (2)، (4)، (5). حيث نلاحظ ان قيم K ثابتة مع تغير تراكيز المثبط ولكنها تتغير مع تغير درجات الحرارة حيث تقل مع زيادة درجات الحرارة. وايضا تقل مع زيادة زمن الغمر بالحامض.[16]

ومن المتغيرات الترموداينمكية لعملية الامتزاز يمكن الحصول على $(\Delta G)_{ads}$ والانتروبي $(\Delta S)_{ads}$ من P.A.M العلاقات الترموداينمكية.

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

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

وبالنظر إلى القيم المحسوبة ل ΔG_{ads} و ΔS_{ads} على مدى درجة الحرارة $(40, 60, 80, 90)^\circ C$ لكل تركيز من تراكيز المثبط المستخدم في الجداول. القيم السالبة لل ΔG_{ads} تشير إلى امتزاز تلقائي للمثبط المستخدم P.A.M على سطح

الفولاذ الكربوني وانخفاض قيمة ΔS_{ads} مع الارتفاع في درجات الحرارة. وهذا يؤدي الى الزيادة العالية بقيم الامتزازية لل P.A.M على سطح سبيكة ال C-Steel. حيث تكون قيم ΔG_{ads} ثابتة مع تغير التراكيز للمثبت ولكنها تزداد مع ارتفاع درجات الحرارة. وايضا تزداد مع زيادة زمن الغمر بالحامض. اما قيم ΔS_{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]

5.3 ميكانيكية التثبيط:-

ان العمل التثبيطي ل P.A.M نحو تآكل C -Steel في HCl 15% باستخدام طريقة الخسارة بالوزن يمكن أن يعزى إلى عدة عوامل بما في ذلك البنية او التركيب وعدد وأنواع مواقع الامتزاز وطبيعة الجزيئة وطبيعة سطح المعدن والقدرة على تشكيل المعقدات. أن آلية تثبيط ال P.A.M هي نتيجة لتشكيل المعقد بين ايون Fe^{+2} وال P.A.M. ان المعقد الذي تكون يمتاز على سطح المعدن وبالتالي يعزل المعدن من مواصلة الهجوم التآكلي. وايضا يمكن تفسيره على اساس او قاعدة الامتزاز على سطح المعدن. قد وجد بأن عملية الامتزاز تعتمد على عدد المواقع الفعالة في الجزيئات وكثافة الشحنة وحجم الجزيئة والاستقرار لهذه المشتقات في المحاليل الحامضية. يفترض أن الامتزاز 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 لجزيئة المثبط أن له تأثير بارز على كثافة شحنة الإلكترون للجزيئة[19].

4.الإستنتاجات:- (Conclusion)

1. ان استخدام البوليمرات والمواد العضوية التي تحتوي على ذرات مغايرة من (N , O , S) تعد من اكفا المثبطات لل C-Steel L80 وقد تم استخدام قياس فقدان بالوزن لتقييم عمل المثبط وكفاءته على تثبيط تآكل ال C-Steel L80 بالوسط الحامضي (HCl 15%) وقد وجدت الكفاءة تتناسب من (60% - 90%) حسب تركيز المثبط ودرجة الحرارة.

2. لدرجة الحرارة وزمن الغمر تأثير كبير على عمل المثبط وعلى التآكل.

3. تركيز المثبط يلعب دور كبير في تقليل التآكل.

جدول (1)

معدلات تأثير التثبيط ل P.A.M على تآكل ال (C_Steel-L80) عند ازمدة ودرجات حرارية مختلفة في 15% HCl

عند زمن 6 ساعة			عند زمن 5 ساعة			عند زمن 4 ساعة			عند زمن 3 ساعة											
θ	الكفاءة %	الوزن gm المفقود	θ	الكفاءة %	الوزن gm المفقود	θ	الكفاءة %	الوزن gm المفقود	θ	الكفاءة %	الوزن gm المفقود	حج م الح ام ض	T °C	الترك يز						
----- 0.644 0.7203 0.8135 0.9237 0.9322	----- 64.4 72.03 81.35 92.37 93.22	1.18 0.42 0.33 0.22 0.09 0.08	----- 0.6434 0.713 0.8173 0.9304 0.9391	----- 64.34 71.3 81.73 93.04 93.91	1.15 0.41 0.33 0.21 0.08 0.07	----- 0.6428 0.7142 0.8214 0.9375 0.9642	----- 64.28 71.42 82.14 93.75 96.42	1.12 0.4 0.32 0.2 0.07 0.04	----- 0.642 2 0.816 5 0.834 8 0.954 1 0.972 4	----- 64.22 81.65 83.48 95.41 97.24	1.09 0.39 0.3 0.18 0.05 0.03	50 ml	40 °C	Blank 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05						
0.6507 0.6984 0.7936 0.9206 0.9285	65.07 69.84 79.36 92.06 92.85	1.26 0.44 0.38 0.26 0.1 0.09	0.6451 0.6935 0.7903 0.9274 0.9516	64.51 69.35 79.03 92.74 95.16	1.24 0.44 0.38 0.26 0.09 0.08	0.6528 0.7024 0.8016 0.9338 0.9586	65.28 70.24 80.16 93.38 95.86	1.21 0.42 0.36 0.24 0.08 0.05	0.652 5 0.703 3 0.805 0.949 1 0.966 1	65.25 70.33 80.5 94.91 96.61	1.18 0.41 0.35 0.23 0.06 0.04			50 ml	60 °C	Blank 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05				
0.7826 0.8086 0.8608 0.9478 0.9521	78.26 80.86 86.08 94.78 95.21	2.3 0.5 0.44 0.32 0.12 0.11	0.7666 0.7952 0.8523 0.9523 0.9571	76.66 79.52 85.23 95.23 95.71	2.1 0.49 0.43 0.31 0.1 0.09	0.75 0.7765 0.8404 0.9521 0.9574	75 77.65 84.04 95.21 95.74	1.88 0.47 0.42 0.3 0.09 0.08	0.756 7 0.789 1 0.854 0.956 7 0.967 5	75.67 78.91 85.4 95.67 96.75	1.85 0.45 0.39 0.27 0.08 0.06					50 ml	80 °C	Blank 0.01 0.02 0.03 0.04 0.05		
0.764 0.812 0.852 0.944	76.4 81.2 85.2 94.4	2.5 0.59 0.47 0.37 0.14	0.7608 0.7956 0.8434 0.9478	76.08 79.56 84.34 94.78	2.3 0.55 0.47 0.36 0.12	0.7333 0.7641 0.8205 0.9435	73.33 76.41 82.05 94.35	1.95 0.52 0.46 0.35 0.11	0.743 4 0.774 8	74.34 77.48 82.72 95.28	1.91 0.49 0.43 0.33 0.09							50 ml	90 °C	Blank 0.01 0.02 0.03

0.948	94.8	0.13	0.9565	95.65	0.1	0.9538	95.38	0.09	0.827 2 0.952 8 0.963 3	96.33	0.07			0.04 0.05
-------	------	------	--------	-------	-----	--------	-------	------	--	-------	------	--	--	--------------

جدول (2)

الثوابت الترموديناميكية للمثبط P.A.M عند زمن ثابت 3 ساعة وتراكيز مختلفة

ΔS (KJmol ⁻¹)	ΔG (KJmol ⁻¹)	ΔH (KJmol ⁻¹)	Ea (KJmol ⁻¹)	K (KJmol ⁻¹)	درجة الحرارة	التركيز
3.2 3.02 1.9 1.8	-885 -886 -566 -557	120	44	2.19 2.09 1.56 1.53	40°C 60°C 80°C 90°C	0.01
3.1 2.9 1.9 1.8	-885 -886 -566 -557	111	55	2.19 2.09 1.56 1.53	40°C 60°C 80°C 90°C	0.02
3.05 2.8 1.8 1.7	-885 -886 -566 -557	72	109	2.19 2.09 1.56 1.53	40°C 60°C 80°C 90°C	0.03
3.0 2.8 1.7 1.6	-885 -886 -566 -557	57	135	2.19 2.09 1.56 1.53	40°C 60°C 80°C 90°C	0.04
2.8 2.7 1.6 1.5	-885 -886 -566 -557	17	158	2.19 2.09 1.56 1.53	40°C 60°C 80°C 90°C	0.05

جدول (3)

الثوابت الترموديناميكية للمثبت P.A.M عند زمن ثابت 4 ساعة وتراكيز مختلفة

ΔS (KJmol ⁻¹)	ΔG (KJmol ⁻¹)	ΔH (KJmol ⁻¹)	Ea (KJmol ⁻¹)	K (KJmol ⁻¹)	درجة الحرارة	التركيز
3.1	-885	107	51	2.19	40°C	0.01
2.9	-874			2.07	60°C	
1.8	-542			1.53	80°C	
1.7	-531			1.5	90°C	
3.0	-885	76	70	2.19	40°C	0.02
2.8	-874			2.07	60°C	
1.7	-542			1.53	80°C	
1.6	-531			1.5	90°C	
3.0	-885	57	109	2.19	40°C	0.03
2.7	-874			2.07	60°C	
1.6	-542			1.53	80°C	
1.6	-531			1.5	90°C	
2.9	-885	44	126	2.19	40°C	0.04
2.7	-874			2.07	60°C	
1.6	-542			1.53	80°C	
1.5	-531			1.5	90°C	
2.9	-885	24	172	2.19	40°C	0.05
2.6	-874			2.07	60°C	
1.6	-542			1.53	80°C	
1.5	-531			1.5	90°C	

جدول رقم (4)

الثوابت الترموديناميكية للمثبط P.A.M عند زمن ثابت 5 ساعة وتراكيز مختلفة

ΔS (KJmol ⁻¹)	ΔG (KJmol ⁻¹)	ΔH (KJmol ⁻¹)	Ea (KJmol ⁻¹)	K (KJmol ⁻¹)	درجة الحرارة	التركيز
3.2 2.9 1.8 1.8	-870 -851 -525 -513	143	57	2.16 2.03 1.51 1.48	40°C 60°C 80°C 90°C	0.01
3.1 2.9 1.8 1.7	-870 -851 -525 -513	116	67	2.16 2.03 1.51 1.48	40°C 60°C 80°C 90°C	0.02
3.1 2.8 1.7 1.7	-870 -851 -525 -513	105	101	2.16 2.03 1.51 1.48	40°C 60°C 80°C 90°C	0.03
3.0 2.8 1.7 1.6	-870 -851 -525 -513	86	130	2.16 2.03 1.51 1.48	40°C 60°C 80°C 90°C	0.04
2.9 2.7 1.6 1.6	-870 -851 -525 -513	68	134	2.16 2.03 1.51 1.48	40°C 60°C 80°C 90°C	0.05

جدول رقم (5)

الثوابت الترموديناميكية للمشبط P.A.M عند زمن ثابت 6 ساعة وتركيز مختلفة

ΔS (KJmol ⁻¹)	ΔG (KJmol ⁻¹)	ΔH (KJmol ⁻¹)	Ea (KJmol ⁻¹)	K (KJmol ⁻¹)	درجة الحرارة	التركيز
3.2 2.9 1.9 1.7	-870 -839 -516 -477	155	63	2.16 2.01 1.5 1.44	40°C 60°C 80°C 90°C	0.01
3.2 2.9 1.9 1.7	-870 -839 -516 -477	134	68	2.16 2.01 1.5 1.44	40°C 60°C 80°C 90°C	0.02
3.2 2.9 1.9 1.7	-870 -839 -516 -477	93	78	2.16 2.01 1.5 1.44	40°C 60°C 80°C 90°C	0.03
3.2 2.9 1.9 1.7	-870 -839 -516 -477	88	88	2.16 2.01 1.5 1.44	40°C 60°C 80°C 90°C	0.04
3.2 2.9 1.9 1.7	-870 -839 -516 -477	84	91	2.16 2.01 1.5 1.44	40°C 60°C 80°C 90°C	0.05

5. المصادر (References)

- [1] M. Abdallah, "Corrosion inhibition of steel by 1-phenyl 5-mercapto 1,2,3,4-tetrazole in acidic environments", Corros. Sci., 2004, 46: 1981.
- [2] M. Abdallah, "Corrosion behavior of 304 stainless steel in sulphuric acid solutions and its inhibition by some substituted pyrazolones Mater", Chem. Phys., 2003, 82: 786.
- [3] 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, 2010, 7 : 994.
- [4] M. Barbosa, "the pitting resistance of AISI 316 stainless steel passivated in diluted nitric acid", corros. Sci., 1983, 23: 1292.

- [5] M. Abdallah, S. Khairou, "Sildenafil citrate (Viagra) as a corrosion inhibitor for carbon steel in hydrochloric acid solutions", Monatshefte fur Chemie, 2012, 143: 1379.
- [6] M. Abdallah, E. Helal, A. Fouda, "Amino pyrimidine derivatives as inhibitors for corrosion of 1018 carbon steel in nitric acid solutions", Corros. Sci., 2006, 48: 1639.
- [7] 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., 2009, 52: 525.
- [8] 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 phy., 2009, 116 : 198.
- [9] A. Fouda, M. Mousa, F. Taha, G. Elewady, "Synergistic influence of iodide ions on the inhibition of corrosion of carbon steel in sulphuric acid by some aliphatic amines", Corros. Sci., 2004, 47: 1988.
- [10] 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., 2008, 2: 083.
- [11] A. Satapathy, G. Gunasekaran, S. Sahoo, P. Rodrigues, "Corrosion inhibition by Justicia gendarussa plant extract in hydrochloric acid solution", Corros. Sci., 2009, 51: 2848.
- [12] S. Abd El-Rehim, M. Ibrahim, K. Khaled, "4 - Aminoantipyrine as an inhibitor of mild steel corrosion in HCl solution", J. Appl. Electrochem., 1999, 29 : 593.
- [13] M. Abdallah, "Corrosion behavior of 304 stainless steel in sulphuric acid solutions and its inhibition by some substituted pyrazolones Mater", Chem. Phy., 2003, 82: 786.
- [14] G. El- Mahdy, S. Mohamed, "Inhibition of acid corrosion of pure aluminium with 5-benzylidene-1-methyl-2-methyl thio-imidazole-4-one Corrosion", Corros. Sci., 1995, 51: 436.
- [15] F. Bensajjay, S. Alehyen, M. El-A Chouri, S. Kertit, "Corrosion Inhibition of steel by 1-phenyl 5-mercapto 1,2,3,4- tetrazole in acidic environments", Anti-corros. Meth. & Mater., 2003, 50 : 402.
- [16] I. Putilova, S. Balezin, V. Barannik, "Metallic Corrosion Inhibitors" Pergamory Oxford, 1960, 34-77.
- [17] I. Putilova, S. Balezin, V. Barannik, T. Baba, "Effect of organic Inhibitors on the polarization characteristics of mild steel in acid solution", Corros. Sci., 1962, 2: 22.



- [18] T. Makhoulf, W. Wahdan, “Thermodynamic parameters of the synergistic effect of some thiols and halide ions on the acid corrosion of mild steel”, Polish J. Chem., 1995, 69 : 1042,.
- [19] 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., 2004, 47: 1988.