دراسة تآكل وتثبيط تآكل الصلب المطاوع في محاليل حمض الكبريتيك باستخدام بول الإبل كمثبط صديق للبيئة

إعداد

عزة بنت عبدالله بن سعيد الغامدي

إشراف

د. احترام عبد الله نور

أستاذ الكيمياء الفيزيائية المشارك

بحث مقدم كجزء من متطلبات الحصول على درجة الماجستير في الكيمياء الفيزيائية

كلية التربية للبنات-الأقسام العلمية

جامعة الملك عبدالعزيز

جدة

جمادي الثاني 1429 هـ

يونيو 2008 م.

Study of the Corrosion and Corrosion Inhibition for Mild Steel in sulfuric Acid Solutions by Using Camel's Urine as Environmentally Friendly Inhibitor

by

Azzah A. Al- Ghamdi

Under Supervision of

Dr. Ehteram A. Noor

Associate professor of Physical Chemistry

A thesis submitted in partial fulfilment of the requirement for the Degree of M. Sc. In Physical Chemistry

Girls' College of Education

KING ABDULAZIZ UNIVERSITY

JEDDAH

Jomadi Al-thani 1429 H

June 2008 G

الموضوع	رقم الصفحة

قائمة الأشكال أ

قائمة الجداول ح

المستخلص د

الباب الأول: المقدمة

(1-1) تعريف التآكل و النتائج المترتبة عليه 1

(1-2) آلية التآكل الكهروكيميائية في المحاليل المائية الحمضية 2

(1-3) مخططات بوربيه و ظاهرة التآكل 3

(1-4) طرق الحماية من التآكل 6

(1-4-أ) تهيئة المعدن 6

(1-4-ب) تهيئة وسط التآكل 6

(1-4-ت) الحماية الكهروكيميائية 9

(1-5) تثبيط التآكل 10

(1-5-أ) الامتزاز و فعالية التثبيط 10

(1-5-ب) أنواع الامتزاز 10

(1-5-ت) آلية عمل المثبط 11

(1-5-ث) نماذج الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة 13

(1-6) الدراسات السابقة على تثبيط تآكل الصلب في المحاليل المائية الحمضية باستخدام مثبطات صديقة للبيئة 15

(1-7) بول الإبل بين الإسلام والعلم الحديث 32

الهدف من الدراسة 35

الباب الثاني: العملي

(2-1) المواد 37

(2-1-أ) العينات 37

(2-1-ب) المثبط 37

(2-1-ت) الكيماويات 38

(2-2) المحاليل 38

(2-3) الأجهزة 39

(2-4) طرق القياس 39

الموضوع	رقم الصفحة

(2 4 أ) **القياسات الكيميائية** 40
(2 4 ب) **القياسات الكهروكيميائية** 42
(2 4 ب 1) **قياسات أطياف المعاوقة الكهروكيميائية** 43
(2 4 ب 2) **قياسات الاستقطاب عند جهد ديناميكي** 46
(2 4 ت) **التصوير المجهري لسطح عينة الدراسة** 47
(2 5) **برامج الحاسب الآلي المستخدمة** 48

الباب الثالث: النتائج والمناقشة

الجزء الأول:

(3 1) **تأثير تركيز المثبط على تآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5 M من حمض H_2SO_4 عند درجات حرارة مختلفة** 49
(3 1 أ) **قياسات الفقد في الوزن** 49
(3 1 ب) **قياسات أطياف المعاوقة الكهروكيميائية** 55
(3 1 ت) **قياسات الاستقطاب عند جهد ديناميكي** 70
(3 1 ث) **مقارنة بين قيم نسب فعالية التثبيط المستنبطة من طرق القياس المختلفة** 83
(3 1 ج) **تعيين نموذج الامتزاز عند درجة حرارة ثابتة** 87
(3 1 ح) **دراسة شكل السطح** 92
(3 1 خ) **الملاحظات العامة المستنبطة من الجزء الأول** 99

الجزء الثاني:

(3 2) **تعيين المتغيرات الديناميكية الحرارية لتآكل الصلب المطاوع و امتزاز المثبط في أنظمة صلب مطاوع/ مثبط / 1.5 M من حمض H_2SO_4** 101
(3 2 أ) **تعيين المتغيرات الديناميكية الحرارية لتآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5 M من حمض H_2SO_4 في غياب ووجود تراكيز مختلفة من المثبط** 101
(3 2 ب) **تعيين المتغيرات الديناميكية الحرارية لامتزاز المُثبِّط على الصلب المطاوع في محلول 1.5 M من حمض H_2SO_4** 111

الموضوع **رقم الصفحة**

(3 2 ت) الربط بين آلية التثبيط و مكونات المُثبِّط 116
(3 2 ث) الملاحظات العامة المستنبطة من الجزء الثاني 121
الجزء الثالث
(3 3) تأثير بعض العوامل على تثبيط تآكل الصلب المطاوع في 122

محاليل حمض H_2SO_4 في وجود تركيز محدد لكل من UTCU و TCU عند درجة حرارة $30\ ^oC$.
(3 3 أ) تأثير تركيز الحمض 122
(3 3 ب) تأثير أنيون الحمض 127
(3 3 ت) تأثير نوع سبيكة المعدن 130
(3 3 ث) تأثير زمن الغمر 133
(3 3 ج) تأثير درجة خشونة السطح 136
(3 3 ح) الملاحظات العامة المستنبطة من الجزء الثالث 140
المراجع العربية 142
المراجع الأجنبية 143
الملخص 157
ABSTRACT I
SUMMARY II

المُستخلص

التآكل هو هدم و تلف تدريجي للمعادن يُؤثّر بشدة على نواحي مختلفة من حياتنا اليومية سواءً اقتصادية أو صحية أو أمنية.... إلخ، فالبحث و التطوير ما زال مستمراً بغرض استحداث و اكتشاف مثبطات تآكل فعَّالة و آمنة صحياً تُقلل من خطورة ظاهرة التآكل. تُلقي الدراسة الحالية بعض الإضاءة على سلوك تآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 في غياب ووجود تراكيز مختلفة من بول الإبل غير المعالج untreated camel's urine (UTCU) و بول الإبل المعالج treated camel's urine (TCU) عند درجات حرارة مختلفة (70 ^oC-30 ^oC) باستخدام القياسات الكيميائية (قياسات الفقد في الوزن) و القياسات الكهروكيميائية (قياسات المعاوقة الكهروكيميائية و قياسات الاستقطاب عند جهد ديناميكي).

أفادت النتائج المستنبطة من القياسات المختلفة أنَّ نسبة فعالية تثبيط تآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5Mمن حمض H_2SO_4 تزداد بزيادة كل من تركيز المُثبِّط (UTCU و TCU) و درجة حرارة المحلول، كما دلَّت نتائج الاستقطاب عند جهد ديناميكي أنَّ كلاً من UTCU و TCU يُثبطا تآكل الصلب بإعاقة كلاًمن العملية المصعدية و المهبطية دون أن يغيرا من آلية التفاعل المهبطي، كما دلَّت نتائج المعاوقة الكهروكيميائية على تكون طبقة حماية مسامية من المثبط (UTCU) على سطح المعدن. و من ناحية أخرى أظهر التصوير المجهري لسطح الصلب عند ظروف تجريبية مختلفة أنَّ كلاً من UTCU و TCU يُثبطا التآكل العام و التآكل التثقيبي لعينة الدراسة مُؤكداً أنَّ فعالية المُثبِّط تزداد بزيادة كل من تركيز المثبط و درجة الحرارة. و جدير بالذكر أنَّ نتائج القياسات المختلفة تُؤكد أنَّ بول الإبل غير المعالج ذو كفاءة تثبيط أعلى من بول الإبل المعالج.

أكَّدت قيم المتغيرات الديناميكية الحرارية المحسوبة لكل من تآكل الصلب و امتزاز المثبط حدوث امتزاز كيميائي لمكونات بول الإبل على سطح الصلب من محلول الدراسة ممَّا يُعزز زيادة فعالية التثبيط بزيادة درجة الحرارة. تمَّ الربط بين مكونات بول الإبل (مثل اليوريا ،حمض اليوريك ، الكرياتينين، الكبريتات، الفوسفات ، الأكسالات، الكلوريد) و أداءه كمُثبِّط، حيث يمكن اعتبار بول الإبل كحقيبة مثبطات عضوية وغير عضوية متكاملة دون أي معالجة إضافية.

كما تمَّت دراسة و مناقشة بعض العوامل (مثل تركيز الحمض، نوع أنيون الحمض، نوع سبيكة المعدن ، زمن الغمر و درجة خشونة السطح) المُؤثرة في فعالية بول الإبل كمثبط لتآكل الصلب المطاوع في المحاليل الحمضية.

المُلخَّص

أجريت الدراسة القائمة لإلقاء الضوء على تآكل عينة من الصلب المُطاوع في محلول 1.5M من حمض الكبريتيك في غياب ووجود تراكيز مختلفة من بول الإبل غير المُعالج (Untreated camel's urine, UTCU) و بول الإبل المُعالج (Treated camel's urine, TCU) كمُثبِّط صديق للبيئة عند درجات حرارة مختلفة و ذلك باستخدام القياسات الكيميائية (قياسات الفقد في الوزن) و القياسات الكهروكيميائية (قياسات كل من المعاوقة الكهروكيميائية و استقطاب الجهد الديناميكي) عند درجات حرارة مختلفة في المدى من ^{o}C 30 إلى ^{o}C 70،حيثُ عُيِّنت المتغيرات الديناميكية الحرارية لكل من تآكل الصلب المُطاوع و امتزاز المثبِّط في أنظمة **صلب مطاوع / مُثبِّط / 1.5M من حمض H_2SO_4**، كما دُرس تأثير بعض العوامل (مثل تركيز الحمض و نوع أنيون الحمض و نوع سبيكة المعدن و زمن الغمر) على فعالية بول الإبل (UTCU و TCU) كمُثبِّط للتآكل عند درجة حرارة ^{o}C 30 و ذلك باستخدام قياسات الفقد في الوزن و /أو القياسات الكهروكيميائية .

حيث تتكون الرسالة من ثلاثة أبوب كما يلي:

الباب الأول:

مُقدِّمة عامَّة تضمنت المواضيع التالية:

- تعريف التآكل و النتائج المترتبة عليه.
- آلية التآكل الكهروكيميائي في المحاليل المائية الحمضية.
- مُخططات بوربيه و ظاهرة التآكل.
- طرق الحماية من التآكل.
- تثبيط التآكل.
- الدراسات السابقة على تثبيط تآكل الصلب في المحاليل المائية الحمضية باستخدام مُثبطات صديقة للبيئة.
- بول الإبل بين الإسلام والعلم الحديث.

الباب الثاني:

العملي و تضمن تفصيلات معملية عن كل من المواد و الكيماويات و المحاليل و الأجهزة و الطرق المُستخدمة في الدراسة.

الباب الثالث:

النتائج و المُناقشة و قُسِّم إلى ثلاثة أجزاء رئيسية:

الجزء الأول:

تضمَّن الجزء الأول دراسة تأثير إضافة تراكيز مختلفة لكل من UTCU و TCU على تآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5 M من حمض H_2SO_4 عند درجات حرارة مختلفة و ذلك باستخدام قياسات الفقد في الوزن والقياسات الكهروكيميائية، كما دُرس شكل سطح عينة الدراسة عند ظروف مختلفة باستخدام التصوير المجهري للسطح ويمكن تلخيص نتائج هذا الجزء كما يلي:

- يقل معدل تآكل عينة الصلب المُطاوع في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 بزيادة تركيز كل من UTCU و TCU عند جميع درجات الحرارة في المدى من 30 ^oC إلى 70 ^oC بينما يزداد بزيادة درجة الحرارة سواءً في غياب أو ووجود تراكيز مُختلفة من المُثبِّط.
- تزداد فعالية تثبيط تآكل عينة الدراسة في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 بزيادة كل من تركيز المُثبِّط (UTCU و TCU) و درجة حرارة المحلول.
- تدُلُّ نتائج استقطاب الجهد الديناميكي على انَّ كل من UTCU و TCU يُثبِّطا تآكل عينة الصلب المطاوع بإعاقة كل من التفاعل المصعدي و المهبطي و بذلك يُصنفا كمُثبطين من النوع الخليط.
- تدلُّ نتائج فعالية التثبيط المُستنبطة من القياسات المُختلفة على توافق جيد فيما عدا نتائج الفقد في الوزن، إذ سجَّلت قيماً أعلى من تلك المحسوبة من القياسات الكهروكيميائية و أُعزى ذلك لتفاوت فترة غمر عينة الصلب المطاوع في محلول الدراسة من تقنية لأخرى.
- سجَّل نُموذج امتزاز لانجمير المُطوَّر أفضل انطباق مع نتائج التثبيط المُستنبطة من القياسات المُختلفة.
- تزداد قيمة ثابت اتزان امتزاز كل من UTCU و TCU بزيادة درجة الحرارة ممَّا يدلُّ على حدوث امتزاز ماص للحرارة .
- سجَّلت نتائج القياسات المُختلفة أنَّ بول الإبل غير المُعالج أكثر كفاءة من بول الإبل المُعالج عند جميع درجات الحرارة المدروسة.
- أكَّدت نتائج التصوير المجهري لسطح عينة الدراسة أنَّ كل من UTCU و TCU يثبطا تآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 و أنَّ فعالية التثبيط تزداد بزيادة كل من تركيز المثبط و درجة حرارة المحلول.

الجزء الثاني:

تضمَّن الجزء الثاني تعيين المتغيرات الديناميكية الحرارية لكل من تآكل عينة الصلب المطاوع و امتزاز المُثبِّط في أنظمة **صلب مطاوع / مُثبِّط / 1.5M من حمض H_2SO_4** و ذلك

باستخدام نتائج قياسات الفقد في وزن عينة الدراسة حيثُ يمكن تلخيص الملاحظات العامَّة المُستنبطة من هذا الجزء كما يلي:

- أنَّ جميع قيم طاقة تنشيط تآكل عينة الدراسة ($E^*_{app.}$) في حالة الأنظمة المُثبَّطة أقل من تلك المحسوبة لتآكل عينة الدراسة في النظام غير المُثبَّط، ممَّا يدلُّ على حدوث امتزاز كيميائي حيث تزداد فعالية التثبيط بزيادة رجة الحرارة.
- سجَّلت النتائج قيماً سالبة للتغير في طاقة عشوائية (ΔS) تآكل عينة الدراسة في غياب ووجود المُثبِّط، ممَّا يدلُّ على أنَّ آلية التآكل تتضمن تكون متراكب نشط يتطلب تجمع للجزيئات و ليس تفكك و لذلك تحدث حالة انتظام.
- تُعزز القيم المُوجبة للتغير في طاقة حرارة امتزاز ($\Delta H_{ads.}$) كل من UTCU و TCU حدوث امتزاز كيميائي لمكونات المُثبِّط على سطح الصلب المُطاوع من محلول الدراسة.
- تدلُّ القيم السالبة للتغير في الطاقة الحرة ($\Delta G_{ads.}$) لامتزاز كل من UTCU و TCU على امتزاز تلقائي قوي لمكونات المُثبِّط على سطح الصلب المُطاوع من محلول الدراسة.
- تدلُّ القيم المُوجبة للتغير في طاقة عشوائية امتزاز ($\Delta S_{ads.}$) كل من UTCU و TCU على حدوث امتزاز يصاحبه حالة عدم انتظام.
- تدلُّ القيمة المطلقة لكل من $\Delta H_{ads.}$ و $\Delta S_{ads.}$ و $\Delta G_{ads.}$ أنَّ بول الابل غير المُعالج أكثر كفاءة من بول الإبل المُعالج.

الجزء الثالث:

دُرس في هذا الجزء تأثير بعض العوامل (مثل تركيز الحمض و نوع أنيون الحمض و نوع سبيكة المعدن و زمن الغمر ودرجة خشونة السطح) على فعالية بول الإبل (UTCU و TCU) كمُثبِّط للتآكل عند درجة حرارة 30 ^{o}C و ذلك باستخدام قياسات الفقد في الوزن و /أو القياسات الكهروكيميائية و يمكن تلخيص النتائج كما يلي:

- أنَّ فعالية تثبيط تآكل الصلب المطاوع في محاليل حمض H_2SO_4 تحتوي على تركيز 10% لكل من UTCU و TCU تزداد بزيادة تركيز حمض H_2SO_4 (60M-1.5M)
- أنَّ فعالية تثبيط تآكل عينة الصلب المطاوع في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 يحتوي على تركيز 10% لكل من UTCU و TCU تزداد بزيادة كل من زمن الغمر في المحلول و درجة خشونة سطح العينة.

- أنَّ تثبيط تآكل عينة الصلب المطاوع في محاليل 1.5M لكل من حمض HCl و حمض H_2SO_4 و و حمض H_3PO_4 تحتوي على 10% لكل من UTCU و TCU يتبع الترتيب التالي:

$$HCl < H_2SO_4 < H_3PO_4$$

- أنَّ إضافة 10% لكل من UTCU و TCU يُثبطان تآكل الصلب المطاوع و الصلب المقاوم للصدأ و النحاس في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 بينما يُظهران سلوك تسريع لتآكل الألومنيوم عند نفس الظروف.
- أنَّ إضافة 10 % لكل من UTCU و TCU يُثبطان تآكل الصلب المطاوع في محلول 1.5M من حمض H_2SO_4 و أنَّ فعالية التثبيط تكون أقصى ما يمكن كلمَّا كان سطح العينة خشناً.

Corrosion is the deterioration or destruction process of metals which has severe impact on our life in many sides, such as economy, safety, health etc. Research and development on corrosion inhibitors are carried out in a continuous mode to control such destructive phenomenon. The thesis gives some light on the corrosion of mild steel in 1.5M of H_2SO_4 in absence and presence of different concentrations of untreated camel's urine (UTCU) and treated camel's urine (TCU) by using chemical measurements (weight loss, **WL**) and electrochemical measurements (electrochemical impedance spectroscopy, **EIS**, and potentiodynamic polarization, **PDP**) at different temperatures (30 ^oC-70^oC).

The data obtained from WL, EIS and PDP measurements revealed that the percentage inhibition efficiency of mild steel corrosion in 1.5M of H_2SO_4 increases with the increase of both inhibitor (UTCU & TCU) concentration and solution temperature. Potentiodynamic polarization measurements (PDP) indicated that both UTCU and TCU inhibit mild steel corrosion in 1.5M of H_2SO_4 by retarding both the anodic and the cathodic reactions and they can be classified as mixed type corrosion inhibitors without changing the mechanism of hydrogen evolution. While impedance measurements indicated the formation of protective porous film of inhibitor (UTCU) on mild steel surface. Modified Langmiur adsorption isotherm gave the best fitting to the experimental data of inhibition obtained from different measurements. The surface

morphology of mild steel in absence and presence of inhibitor revealed that UTCU and TCU inhibit both the general and pitting corrosion of mild steel in 1.5M of H_2SO_4 and emphasizing that inhibitor efficiency increases with the increase of both inhibitor concentration and solution temperature. All data represent that UTCU is more effective than TCU as corrosion inhibitor.

The obtained thermodynamic parameters for mild steel corrosion and inhibitor adsorption showed that the constituents of both UTCU and TCU were adsorbed chemically on mild steel surface and the adsorption process becomes more stable with increasing inhibitor concentration and solution temperature. Good correlation between camel's urine constituents (*urea*, *uric* acid, *creatinine*, *phosphate*, *sulphate*, *oxalate* and *chloride*) and its inhibitory action with which camel's urine must be handled as a package of organic and inorganic inhibitors without any further treatment.

The effect of some factors (e. g. acid concentration, acid's anion, the type of metal alloy, immersion time and the degree of surface roughness) on the efficiency of camel's urine as corrosion inhibitor was evaluated and discussed.

The present study was carried out to give some light on the corrosion of mild steel in 1.5M of H_2SO_4 in absence and presence of different concentrations of untreated camel's urine (UTCU) and treated camel's urine (TCU) by using chemical measurements (weight loss, **WL**) and electrochemical measurements (electrochemical impedance spectroscopy, **EIS**, and potentiodynamic polarization, **PDP**) at different temperatures (30^oC-70^oC). Thermodynamic parameters for both mild steel corrosion and inhibitor adsorption in **mild steel / inhibitor / 1.5M H_2SO_4** systems were evaluated. Moreover, the effect of some factors (e. g. acid concentration, acid's anion, metal alloy type, immersion time and the degree

of surface roughness) on the efficiency of camel's urine as corrosion inhibitor was studied by using weight loss and/or electrochemical measurements.

The thesis consists of three chapters.

CHAPTER (I)

General introduction deals with the following subjects:

- Definition of corrosion and Its consequences
- The electrochemical mechanism of corrosion in aqueous acid solutions
- Porbaix diagrams and corrosion phenomenon
- methods of corrosion protection
- corrosion inhibition
- Previous studies on the corrosion inhibition of steel in aqueous acid solutions by Using environmentally friendly inhibitors
- Camel's Urine Between Islam and the Present Science

CHAPTER(II)

The experimental details deal with the materials, chemicals, solutions, instruments and methods of measurement used in the present study.

CHAPTER (III)

Results and discussion which is divided into three main parts as follows:

PART (1)

In this part, the effect of different concentrations of UTCU and TCU on the corrosion of mild steel in 1.5M of H_2SO_4 at different temperatures (30 ^oC-70 ^oC) were studied by using **WL**, **EIS** and **PDP** measurements. The surface morphology of the studied specimen under different conditions was investigated. The obtained results can be summarized as follows:

- It was found that the corrosion rate of mild steel in 1.5M of H_2SO_4 decreases with increasing concentration of both UTCU and TCU at all studied

temperatures, while it increases with temperature increase either in absence or presence of different concentrations of inhibitor (UTCU and TCU).

- It was observed that the percentage inhibition efficiency (IE%) increases with the increase of both the concentration inhibitor (UTCU and TCU) and the solution temperature.
- The ptentiodynamic polarization measurements (PDP) indicated that both UTCU and TCU inhibit mild steel corrosion in 1.5M of H_2SO_4 by retarding both the anodic and the cathodic reactions and they can be classified as mixed type corrosion inhibitors.
- IE% values obtained from different measurements are in good agreement except that obtained from **WL** measurements as the latter gives IE% values higher than that obtained from electrochemical measurements. This behavior was attributed to the difference in the required immersion time by each technique.
- Modified Langmiur adsorption isotherm gave the best fitting to the experimental data of inhibition obtained from different measurements.
- The equilibrium constant of adsorption ($K_{ads.}$) was found to increase with temperature increase indicating the occurrence of endothermic adsorption process.
- The obtained results from different measurements revealed that UTCU is more effective than TCU at all studied temperatures.
- The surface morphology of mild steel in absence and presence of inhibitor revealed that UTCU and TCU inhibit both the general and pitting corrosion of mild steel in 1.5M of H_2SO_4 and the inhibition efficiency increases with the increase of both inhibitor concentration and solution temperature.

PART (2)

In this part, thermodynamic parameters for both mild steel corrosion and inhibitor adsorption in **mild steel / inhibitor / 1.5M H_2SO_4** systems were evaluated by using the data of **WL** measurements. The general remarks obtained from this part can be summarized as follows:

- All values of the apparent activation energy ($E^{*}_{app.}$) for mild steel corrosion in inhibited solutions were lower than that for the uninhibited solution indicating the occurrence of chemisorption process and hence the inhibitor efficiency increases with increasing temperature.
- The negative values for the energy change of entropy (ΔS^{*}) for mild steel corrosion indicated that the corrosion mechanism involves the formation of an activated complex requires association rather than dissociation which leads to more order system.
- The positive values of the heat of adsorption ($\Delta H_{ads.}$) for both UTCU and TCU emphasize the occurrence of chemisorption process for the inhibitor constituents on mild steel surface.
- The negative values of free energy change ($\Delta G_{ads.}$) indicated strong and spontaneous adsorption for the inhibitor constituents on mild steel surface.
- According to the absolute values for $\Delta H_{ads.}$, $\Delta S_{ads.}$ and $\Delta G_{ads.}$, the UTCU is more effective than the TCU.
- Good correlation between the inhibitor constituents and it inhibitory action was obtained.

PART (3)

In part (3), the effect of some factors (e. g. acid concentration, acid's anion, metal alloy type, immersion time and degree of surface polishing) on the efficiency of camel's urine as corrosion inhibitor was studied by using weight loss and/or electrochemical measurements. The obtained results can be given as below:

- It was found that the inhibition efficiency of mild steel corrosion in H_2SO_4 solutions containing 10% of both UTCU and TCU increases with the increase of acid concentration (1.5M- 6.0M)

- It was observed that the inhibition efficiency of mild steel corrosion in 1.5M H_2SO_4 containing 10% of both UTCU and TCU increases with the increase of immersion time.
- The inhibition of mild steel corrosion in 1.5M of HCl, H_2SO_4 and H_3PO_4 solutions containing 10% of each inhibitor (UTCU and TCU) can be written in the following increasing order:

$$HCl < H_2SO_4 < H_3PO_4$$

- The addition of 10% for each inhibitor (UTCU and TCU) inhibited the corrosion of mild steel , stainless steel and copper in 1.5M H_2SO_4 with different extent, while an acceleration behavior was observed in the case of aluminum.
- The addition of 10% for each inhibitor (UTCU and TCU) inhibited the corrosion of mild steel in 1.5M H_2SO_4 and maximum inhibition efficiency was observed with surfaces having high degree of roughness as compared with that obtained with fine surfaces.

(لاتوجد خاتمه)