

توضيح أغشية رقيقة من سداسي ميثيل ديسيلوكسان المتبلرة بلازماً على الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L لتحسين خواصه السطحية

م. أحمد خضر^١ أ.د. محمد سلامة^٢ أ.د. مصطفى الموالي^٣

^١طالب دكتوراه - قسم هندسة التصميم الميكانيكي - كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية - جامعة دمشق.

^٢أستاذ دكتور عميد كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق.

^٣أستاذ دكتور في كلية الهندسة الميكانيكية والكهربائية في جامعة دمشق.

المخلص

جرى توضيح أغشية رقيقة من سداسي ميثيل ديسيلوكسان المتبلرة بلازماً باستخدام تقنية توضيح البخار الكيميائي المعزز بالبلازما (pp-HMDSO) باستخدام تقنية توضيح البخار الكيميائي المعزز بالبلازما (PECVD)، وجرى دراسة تأثير هذه الأغشية من ناحية تحسين حماية السطوح الموضَّع عليها (وهي الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L) من التآكل، وذلك في وسط مخرَّش من محلول 0.9% NaCl، وقياس القساوة الميكروية، حيث رُسِّبت الأغشية الرقيقة من HMDSO على ركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L وعلى ركائز من السليكون بهدف تحليل مورفولوجية هذه الأغشية بمجهر القوة الذرية Atomic Force Microscope (AFM)، إضافة إلى توضيح هذه الأغشية على مجاوب بلورة من مادة الكوارتز Quartz Crystal Microbalance (QCM)، وذلك ضمن الشروط المحددة نفسها بهدف قياس ثخانتها، كما أجريت الاختبارات الكهروكيميائية باستخدام تقنية الاستقطاب تافل لدراسة مقاومتها للتآكل الكهروكيميائي، وتم كذلك إجراء اختبار القساوة الميكروية على هذه الركائز والعينات المرجعية. وبعد غمر الركائز (الموضَّع عليها الأغشية الرقيقة المنوه عنها أنفاً) لمدة عشرة أيام في الوسط المخرَّش، أظهرت النتائج خواصاً واعدة للحماية من التآكل لهذه الأغشية الرقيقة pp-HMDSO (موضوع البحث).

الكلمات المفتاحية: أغشية رقيقة، البلمرة البلازمية، HMDSO، التآكل الكهروكيميائي، PECVD، قساوة ميكروية، مجهر القوة الذرية (AFM) Atomic Force Microscope، مجاوب بلورة من الكوارتز QCM.



حقوق النشر: جامعة دمشق -

سورية، يحتفظ المؤلفون بحقوق

النشر بموجب الترخيص

CC BY-NC-SA 04

Plasma-polymerized hexamethyldisiloxane thin films deposited on SS316L stainless steel to improve its surface properties

Ahmad khder¹

Mohammad Slamh²

Mostfa Almoalde³

¹postgraduate student, Mechanical Design Engineering Department, Mechanical and Electric Engineering, Damascus University.

²Professor and Dean Mechanical and Electrical Engineering College , Damascus University.

³Professor in Mechanical and Electrical Engineering, Damascus University.

Abstract

Thin films of plasma polymerized hexamethyldisiloxane (pp-HMDSO) were deposited using plasma enhanced chemical vapor deposition (PECVD), and study the effect of these films was studied in terms of improving the protection of the surfaces placed on them (which was stainless steel SS316L) from corrosion, in A knurled medium of 0.9% NaCl solution, and micro-hardness analysis, where pp-HMDSO thin films were deposited on SS316L stainless steel and silicon substrates for morphological analysis by Atomic Force Microscope (AFM) and on a quartz crystal microbalance (QCM) transponder, within Specific conditions for measuring film's thickness. Electrochemical tests were conducted using Tafel polarization technique to study film's corrosion resistance, and micro-hardness test was also performed on these substrates and reference samples, after immersion of the substrates(which were deposited with above mentioned thin films) for ten days in abrasive media. The results showed promising anti-corrosion properties of pp-HMDSO thin films.

Keywords: Thin Films, Plasma polymerization, HMDSO, Electrochemical corrosion, PECVD, atomic force microscope (AFM), Quartz crystal microbalance QCM.



Copyright: Damascus University- Syria, The authors retain the copyright under a CC BY- NC-SA

١ - المقدمة:

على الفولاذ، في محلول من كبريتات الصوديوم 0.1m Na₂SO₄.

سنقوم في هذا العمل بتوضيح أفلام رقيقة متبلرة بلازماً من مادة HMDSO وذلك على ركازات مختلفة وهي الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L stainless steel لدراسة خواص التآكل الكهروكيميائي والقساوة المكروية لهذه الأفلام، وعلى السليكون لدراسة الخواص المورفولوجية وعلى بلورات الكوارتز لتقدير ثخانة هذه الأفلام.

٢ - الطرائق التجريبية:

وُضعت الأغشية الرقيقة pp-HDMSO في فراغ المهبط المجوف ذي التردد 13.56 MHz (Plasma Consult GmbH PlasCon HCD-L 300 System) منخفض الضغط حيث بلغ الضغط الأولي $P=1 \times 10^{-5}$ mbar، وذلك في شروط التشغيل التالية:

- الاستطاعة الراديوية المطبقة تساوي 300 واط.
- معدل تدفق HDMSO يساوي 12 sccm.
- درجة حرارة المبخر 70°C.
- زمن التوضيح 30 دقيقة .
- ضغط التوضيح الكلي يساوي 12 Pa.
- تدفق غاز الأرجون 40 sccm.
- تدفق غاز الهليوم 50 sccm.

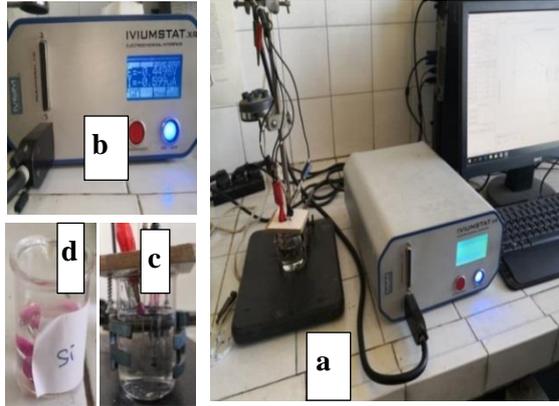
يبين الشكل (١) مخطط كتلي تمثيلي للبنية التجريبية المستخدمة من أجل عملية التوضيح وتشخيص البلازما. يتألف المنبع HCD-L 300 من أنبوبين متمحورين بطول 30cm، حيث الأنبوب الداخلي هو المهبط المجوف والأنبوب الخارجي يُشكل المصعد، وكلا الأنبوبين مزودان بتقوَب متمحورة و متراففة مع بعضها منتجةً 30 نفثاً بلازماً (plasma jet). تطبق الاستطاعة الراديوية (٣٠٠ واط كحد أعظمي) عند 13.56MHz على المهبط. يتم تقريب حجرة العمليات ذات الأبعاد (50 x 50 x 50 cm³)، وذلك قبل إجراء عملية التوضيح إلى ضغط أولي يساوي $P=10^{-5}$ mbar باستخدام مضخة أولية (Alcatel 2063 C2) ومضخة

تعدُّ طريقة توضيح البخار الكيميائي المعزز بالبلازما (PECVD) إحدى التطبيقات التقانية والصناعية الهامة للأغشية الرقيقة المتبلرة بلازماً، حيث تستخدم بشكلٍ واسعٍ لتحضير أغشية رقيقة شبه السليكونية (Si:O_x:C_y:H_z) للبوليميرات البلازمية (plasma polymers) المعتمدة على المونوميرات العضوية السليكونية (organosilicon) مثل سداسي ميثيل ثنائي السيلوكسان (CH₃)₆-Si₂-O [2-1]. وُجد أن هذه الأغشية ذات بنية لابلورية (amorphous) وخالية من التقوَب الإبرية (pinhole free) [3]، وتتمتع هذه الأغشية بخواص ميكانيكية جيدة [2-4]، ولهذه الأسباب يمكن توظيف هذه الأغشية في تطبيقات تقنية عديدة مثل استخدامها كأغشية مقاومة للخدش-scratch (scratch-resistant) [1]، كما ويمكن أن توضع هذه الأغشية على ركائز من السيراميك و السليكون [5-6].

دُرست خواص التآكل للأغشية الرقيقة الموضَّعة على الفولاذ بواسطة PECVD في المزيج O₂/HMDSO ضمن محلول 0.1m KCl [7]. وُجد كل من Gengenbach and Griesser [8] أن الأغشية الرقيقة pp-HMDSO تتمتع باستقراره جيدة جداً على المدى الطويل عندما تتقدم في الهواء بعد التوضيح. وُضِع كل من Yeong-Muetal [9] pp-HMDSO على سطح من معدن Mg من أجل الحماية من التآكل في محلول 0.9% NaCl. كما حضر كل من الباحثين Mater Mascagni وآخرين [10] أغشية رقيقة من pp-HMDSO/O₂ موضَّعة على سطح سبيكة الألمنيوم 2024 من أجل الحماية من التآكل في محلول 3.5% NaCl. درس كل من Abourayana, Zreiba وآخرين [11] خواص التآكل لمادة pp-HMDSO/benzene المرسبة على سبيكة الألمنيوم 6061، وذلك في محلول 3.5% NaCl. درس Angelini وآخرون [12] أداء التآكل للأغشية الرقيقة pp-HMDSO/O₂ الموضَّعة

الركازات في المحلول لمدة ١٠ أيام وفي درجة حرارة الغرفة 25°C . استنتجت البارامترات الحدية i_{corr} , E_{corr} من منحنيات تافل (Tafel plots).

أجريت تجارب القساوة وحساب القساوة الميكروية للأغشية باستخدام جهاز القساوة الميكروية نوع Galileo الشكل (٣) المزود بالهرم الماسي بزاوية 136° وذلك لقياس قساوة فيكرز الميكروية للغشاء الموضَّع.



الشكل (٢) (a) منظومة اختبار وقياس التآكل الكهروكيميائي (b) جهاز iviumstat.xr لتحليل التآكل (c) خلية ثلاثية الأقطاب (d) العينات المختبرة



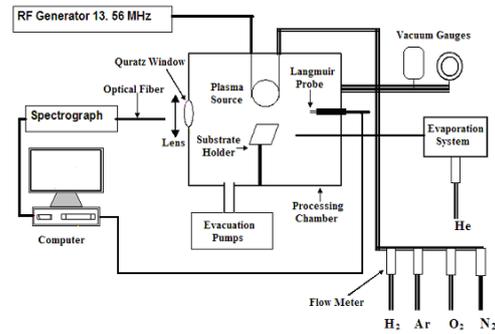
الشكل (٣) جهاز قياس القساوة الميكروية نوع Galileo

٣- النتائج والمناقشة:

٣-١ حساب ثخانة الغشاء:

حُسبت ثخانة الغشاء الرقيق pp-HMDSO الموضَّع على ركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L بطريقة توضيح البخار الكيميائي المعزز بالبلازما (PECVD)، وبتطبيق شروط التوضيح السابقة نفسها على المقياس الميكروي لبلورة الكوارتز Quartz crystal microbalance QCM لمراقبة عملية التوضيح الشكل

(Alcatel RSV 301B) Root يتكون نظام تبخير HMDSO من مقياس تدفق سائل كتلي (Lintec-LM-2100A)، ومن مبخِّر (Lintec-VU 410) مسخن إلى الدرجة 70°C . يُحمَل بخار HMDSO إلى حجرة البلازما بغاز الهليوم، من خلال أنبوب مسخن إلى الدرجة 50°C . استخدمت غازات تجارية من الأرجون و الهليوم بنقاوة (99.999 %) ومادة HMDSO من شركة Sigma-Aldrich وبنقاوة 98%. وضَّعت الأغشية على ركائز من شرائح ميكروية من الكوارتز من أجل قياس ثخانة الغشاء الرقيق. تم وضع العينات على حامل ركازة، وعلى مسافة 4.5cm تحت المنبع.

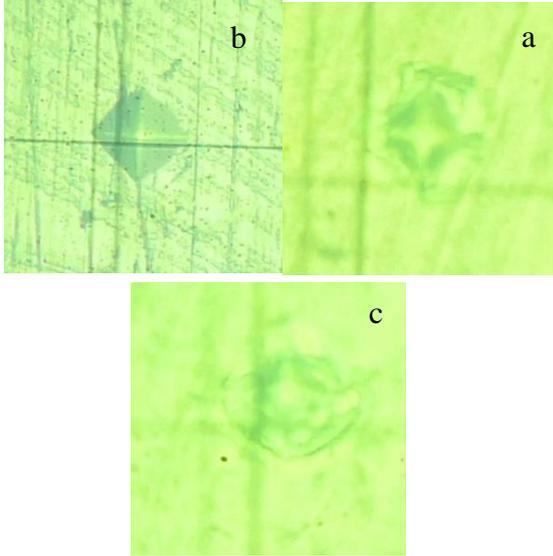


الشكل (١) مخطط كتلي تمثيلي لمنظومة البلازما، ومنظومة التوضيح وبنية تشخيص البلازما

قبل البدء بعملية التوضيح جرى تنظيف جميع الركائز بالكحول والماء المقطر لضمان نظافة السطح من أية بقايا وأوساخ ودهون، وذلك قبل البدء في توضيح أغشية رقيقة من pp-HMDSO، وبعد ذلك يتم التعامل مع العينات والحرص على عدم تلويثها ومسكها باليد.

استعملت طريقة الاستقراء تافل لاستنتاج قيم التآكل الكهروكيميائي لأغشية pp-HMDSO الموضَّعة على ركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L بالمنظومة الموضحة في الشكل (٢-a) والمكونة من جهاز iviumstat لتحليل التآكل الشكل (٢-b) واستخدمت خلية تقليدية ثلاثية الأقطاب بسعة 300ml الشكل (٢-٢) (c)، وأخذت قياسات التآكل للعينات الشكل (٢-d) بعد وضعها في وسط مكون من محلول ملحي (NaCl % 0.9 المكافئ للسائل الفيزيولوجي)، حيث تم وضع هذه

ومثيلاتها المرجعية، وتلك الموضَّع عليها الغشاء بعد وضعها في المحلول الملحي.



الشكل (٥) أثر الهرم المطبوع (a) على الركائز الموضَّع عليها الغشاء (b) على الركائز المرجعية (c) على الركائز الموضَّع عليها الغشاء بعد وضعها في المحلول الملحي.

بينت النتائج الموضحة في الجدول (١) والجدول (٢) قيم القساوة الميكروية المقاسة للركائز المذكورة سابقاً حيث أجريت ثلاثة قياسات لكل ركيزة، وتم حساب المتوسط الحسابي وكانت قيمة القساوة الميكروية للغشاء الموضَّع بلازماً من HMDSO تساوي 577.76HV بينما للركائز المرجعية كانت قساوتها 371.22HV أي أن قساوتها الميكروية قد ازدادت بمقدار أكثر من مرة ونصف.

الجدول (١) قيمة القساوة الميكروية لركائز SS316L

الأقطار			القساوة HV	العينة
dm	d2	d1		
10.75	11.35	10.12	401	SS316L
11.2	11.1	10.93	381.8	
11.55	11.12	11.9	354.7	
			371.22	المتوسط الحسابي

الجدول (٢) قيمة القساوة الميكروية لركائز SS316L الموضَّع عليها

الأقطار			القساوة HV	العينة
dm	d2	d1		
10.95	11.74	10.15	573.8	SS316L HDMSO
12.93	12.5	13.37	554.5	
12.38	11.81	12.94	605	
			577.76	المتوسط الحسابي

(4)، حيث كان Saurbrey [7] أول من اقترح استخدام حساب ثخانة الغشاء الموضَّع وذلك من خلال علاقته:

$$d_f = \frac{N_q \rho_q}{\rho_f f_0^2} \Delta f \quad (1)$$

حيث:

d_f : ثخانة الغشاء الرقيق

f_0 : التواتر التجاوبي لبلورة الكوارتز المطلية بالذهب، $(f_0=6.0 \text{ MHz})$ ، Au

ρ_q : كثافة الكوارتز (2.65 g cm^{-3}) .

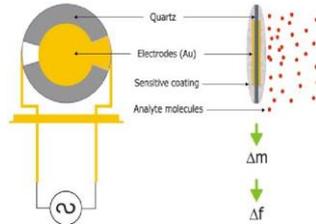
N_q : ثابت اهتزاز الكوارتز $1.67 \times 10^{-5} \text{ Hz.cm}$

ρ_f : كثافة المادة المراد توضيغها.

Δf : تغيير تواتر الاهتزاز لبلورة الكوارتز.

إن كثافة الغشاء الموضَّع بلازماً من HMDSO تساوي تقريباً 1.8 g/cm^3 وذلك حسب دراسة كل من S. Saloum وآخرين [14]، ومن تعويض القيم جميعها بالعلاقة السابقة باعتبار أن قيمة $\Delta f(\text{HMDSO}) = 4.4 \text{ kHz}$ تكون قيمة ثخانة الغشاء الموضَّع من HMDSO:

$$d_f(\text{HMDSO}) = 300 \text{ nm}$$

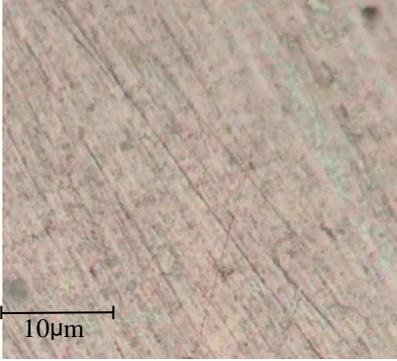


الشكل (4) المقياس المكروي لبلورة الكوارتز Quartz crystal microbalance QCM

٣-٢ القساوة الميكروية:

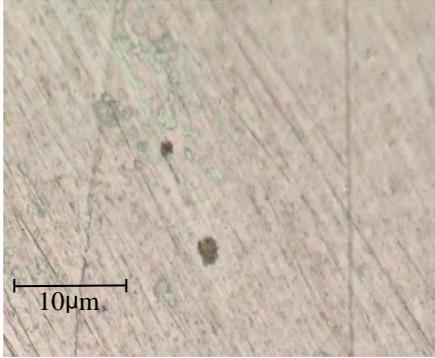
تم قياس القساوة الميكروية لركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L بطريقة فيكزر، وذلك عند حمولة 50 g_f وزمن تطبيق للحمل قدره 15s وقياس بعدي أثر الهرم المطبوع على الركيزة والموضحة بالشكل (٥)، إذ جرى قياس القساوة الميكروية لكل من الركائز الموضَّع عليها الغشاء

يؤكد النتائج التي استنتجت من اختبار القساوة الميكروية المناقشة سابقاً.



الشكل (٦) صورة للأغشية الرقيقة pp-HMDSO الموضّعة على

ركائز من SS316L باستخدام المجهر الضوئي



الشكل (٧) صورة للأغشية الرقيقة pp-HMDSO الموضّعة على ركائز من SS316L بعد وضعه لمدة عشرة أيام في المحلول الفيزيولوجي NaCl 0.9 %، وذلك باستخدام المجهر الضوئي. استخدم مجهر القوة الذرية (AFM) Atomic Force Microscope من أجل رسم تضاريس السطح للركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L الموضع عليها سداسي ميثيل ديسيلوكسان، ومثيلاتها المرجعية، إضافة إلى الركائز الموضوعة في المحلول الفيزيولوجي. يوضح الشكل (٨) المورفولوجية السطحية للعينات المذكورة سابقاً بأبعاد (5×5µm²)، حيث نلاحظ أن عملية التوضيع التي نفذت على ركائز الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L قد جعلت من السطح ذي خشونة معتدلة بالنسبة إلى سطح الركائز المرجعية، مما يدل على زيادة قدرة ارتباطها في أماكن الزرع ومن ناحية أخرى تتمتع هذه الأغشية بتوافقية حيوية عالية كونها كونه مواد سليكونية عضوية، ولذلك ينصح باستخدامها لتغليف الأدوات الجراحية.

أما قيمة القساوة الميكروية للركائز بعد وضعها في المحلول الملحي NaCl 0.9% لمدة عشرة أيام بدرجة حرارة الغرفة فكانت حسب الجدول (٣).

الجدول (٣) قيمة القساوة الميكروية لركائز SS316L الموضع

عليها HMDSO بعد وضعها في محلول 0.9%NaCl

الأقطار			القساوة HV	العينة بعد
dm	d2	d1		
10.93	11.65	10.2	577.8	SS316L HMDSO
12.98	12.45	13.5	556.5	
12.28	11.75	12.8	590.8	
			575	المتوسط الحسابي

وتعطى نسبة تدهور الغشاء في هذا الوسط من العلاقة [7]:

$$DR(\%) = \left(1 - \frac{HV^s}{HV^0}\right) \times 100 \quad (2)$$

حيث:

HV^0 القساوة المقاسة للغشاء pp-HMDSO الموضّع على ركازة SS316L.

HV^s القساوة المقاسة لركائز SS316L المطلية بعد غمرها لمدة عشرة أيام في المحلول الملحي. من التعويض في العلاقة السابقة نجد أن قيمة التدهور لهذه الأغشية تساوي 4% فقط.

٣-٢ تحليل المورفولوجية:

يظهر الشكل (٦) الصور المجهرية الضوئية للأغشية الرقيقة pp-HMDSO الموضّعة على ركائز من SS316L، بينما يبين الشكل (٧) سطح هذا الغشاء بعد وضعه مدة عشرة أيام في محلول فيزيولوجي NaCl 0.9%. تتمتع النقر المتشكلة على السطح بأشكال غير منتظمة وبأحجام تتراوح بين 0.5µm و 5µm، وتم تقدير نسبة توزع النقر على السطح (كمؤشر على تدهور الأغشية الرقيقة pp-HMDSO بسبب مهاجمة الأوساط المخرشة) باستخدام برنامج "Gwyddion" فكانت 2% في المحلول المذكور سابقاً، مما يعطينا فكرة واضحة عن عمر الغشاء الرقيق من HMDSO في هذا الوسط، وهذا

يوضح الجدول (٤) قيم الخشونة السطحية لكل من العينات المرجعية، وتلك الموضَّع عليها HMDSO وثلاثة الموضوعة في المحلول المذكور آنفاً.

الجدول(٤) قيم الخشونة السطحية

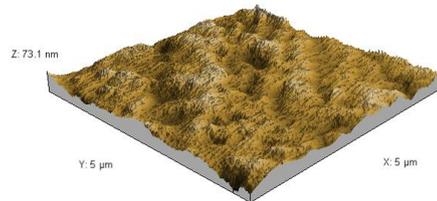
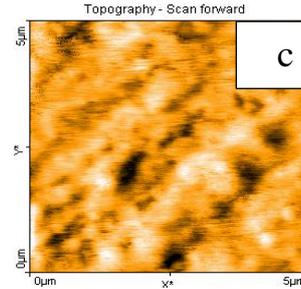
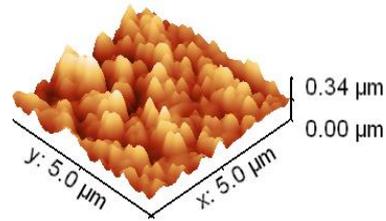
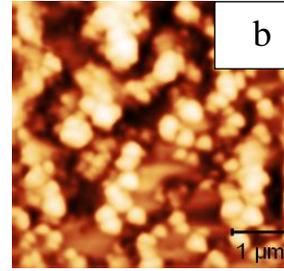
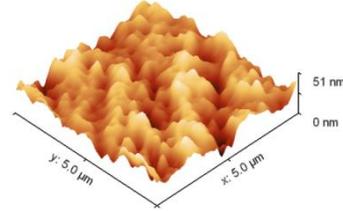
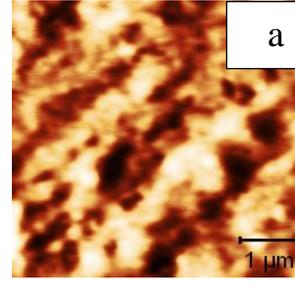
Sample	Roughness (RMS) (nm)
الركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L	7
الركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L الموضَّع عليها سداسي ميثيل ديسيلوكسان	49.7
الركائز المغلفة الموضوعة في المحلول الفيزيولوجي	63.8

٣-٣ التوصيف الكهروكيميائي:

أجريت قياسات الاستقطاب في خلية كهروليته تقليدية Cell-4EL بثلاثة إلكترودات الشكل (٢-c)، حيث استخدم فيها إلكترود الكالومل المشبع (SCE) وإلكترود بلاتين كإلكترود مرجعي ومساعد على الترتيب. يأخذ إلكترود العمل شكل اسطوانة بمساحة سطحية للمقطع العامل تساوي 0.7 cm^2 ، وكان معدل المسح 200 mV/s في المجال الواقع بين القيمتين -1000 ، 400 mV وبخطوة 10 mV . سمح بزمن استقرار 30 دقيقة قبل تسجيل كل منحنى. تبين الأشكال (6)، (7)، (8) منحنيات الاستقطاب تافل للفولاذ المقاوم للصدأ SS316L العاري والفولاذ المطلي بـ pp-HMDSO وذلك بعد غمرهما في محلول $0.9\% \text{ NaCl}$ ($\text{pH}=5$) والمقارنة فيما بينها وذلك على الترتيب ولمدة عشرة أيام في درجة حرارة 25°C . يمكن تحديد كل من كثافة تيار التآكل (I_{corr}) ومقاومة الاستقطاب (R_p) باستخدام برنامج "IviumSoft". ومن الممكن أيضاً تقدير نسبة الحماية $(P_i(\%))$ باستخدام المعادلة [15-16]:

$$P_i(\%) = \left(1 - \frac{i_{\text{corr}}}{i_{\text{corr}}^0}\right) \times 100 \quad (3)$$

حيث I_{corr} و I_{corr}^0 هما كثافة تيار التآكل للفولاذ المطلي بـ pp-HMDSO والفولاذ العاري بالترتيب.



الشكل (٨) صور، باستخدام مجهر القوى الذرية (AFM) لكلٍ من (a) الركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L (b) الركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L الموضَّع عليها سداسي ميثيل ديسيلوكسان (c) الركائز المغلفة الموضوعة في المحلول الفيزيولوجي.

الجدول (٥) القيم المستنتجة من برنامج IviumSoft
لتحليل معدل التآكل للعينة SS316L بعد وضعها في المحلول

	Model data	Tafel data	Pol. Res.
E. corr V	-0.6312	-0.6103	-0.6262
i cor. A	9.007E-06	4.707E-06	4.87E-06
I cor. A/cm ²	6.005E-06	3.138E-06	3.247E-06
Rp Ohm	1.129E04	1.487E04	1.027E04
ba V/dec	1.167	0.461	
bc V/dec	0.293	0.248	
C. Rate mm/y	0.06974	0.03645	0.03771

الجدول (٦) القيم المستنتجة من برنامج IviumSoft
لتحليل معدل التآكل للعينة SS316L/HDSMO بعد وضعها في المحلول

	Model data	Tafel data	Pol. Res.
E. corr V	-0.6629	-0.6571	-0.6574
i cor. A	2.628E-06	1.927E-06	2.16E-06
I cor. A/cm ²	1.752E-06	1.284E-06	1.44E-06
Rp Ohm	2.577E04	3.031E04	2.315E04
ba V/dec	0.448	0.349	
bc V/dec	0.239	0.219	
C. Rate mm/y	0.02035	0.01492	0.01672

وتكون قيمة الحماية حسب العلاقة ٣

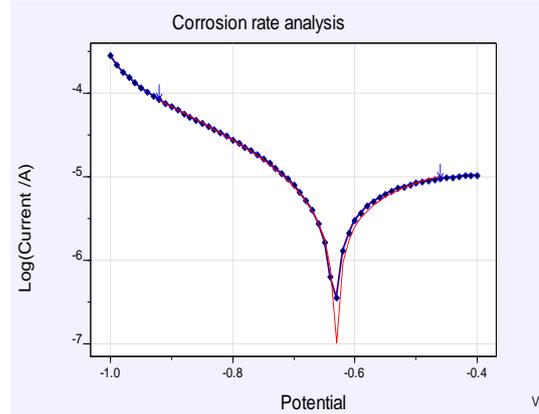
$$P_i(\%) = \left(1 - \frac{1.927E - 06}{4.707E - 06}\right) \times 100$$

$$P_i(\%) = 59\%$$

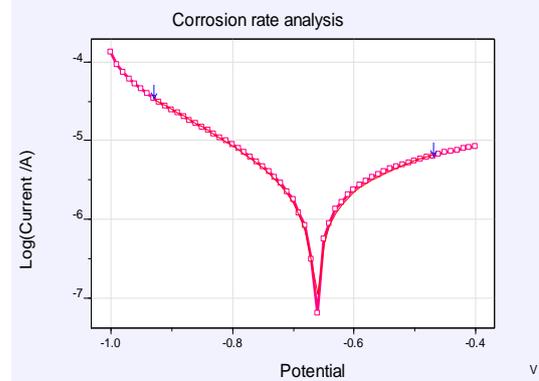
٤- الاستنتاجات الممكنة من البحث:

(١) وُظفت تقنية توضيح البخار الكيميائي المعزز بالبلازما (PECVD) لتحضير أغشية رقيقة من مادة سداسي ميثيل ديسيلوكسان HMDSO على ركائز من الكوارتز (QCM) وذلك لحساب ثخانة الغشاء الموضَّع) وعلى ركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L وعلى ركائز من السليكون.

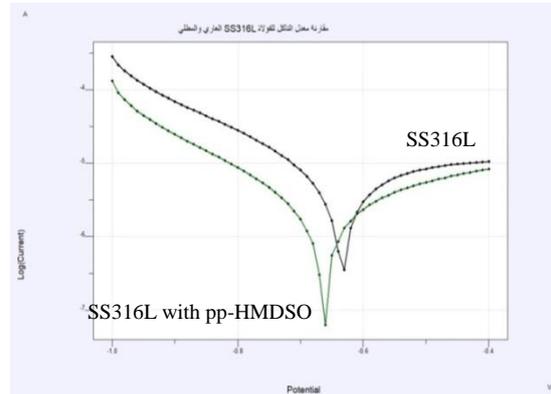
(٢) نُوقشت نتائج خواص هذا الغشاء من حيث زيادة مقاومته للتآكل، وذلك بالنسبة للأغشية الموضَّعة على ركائز من الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L/HMDSO ومثيلاتها المرجعية، حيث بينت هذه الدراسة أن مقاومة التآكل لأغشية



الشكل (6) اختبار الاستقطاب الكمويدناميكي لتحليل معدل التآكل للفولاذ المقاوم للصدأ SS316L في محلول 0.9% NaCl.



الشكل (7) اختبار الاستقطاب تافل لتحليل معدل التآكل للفولاذ المقاوم للصدأ SS316L المطلي HMDSO-pp في محلول 0.9% NaCl



الشكل (٨) مقارنة منحنيي الاستقطاب الكمويدناميكي لتحليل معدل التآكل للفولاذ المقاوم للصدأ SS316L العاري والمطلي HMDSO بعد وضعها في محلول 0.9% NaCl

وتوضح الجداول (٥)، (٦) كلاً من قيم كمون التآكل E_{corr} وكثافة تيار التآكل i_{corr} ومقاومة التآكل R_p ومعدل التآكل $C.Rate$.

HMDSO الموضّعة على الفولاذ المقاوم للصدأ SS316L، في وسط فيزيولوجي، أن هذه الأغشية تتمتع بمقاومة تأكل أعلى مقارنةً مع ركائز الفولاذ نفسها SS316L.

(٣) أوضحت هذه الدراسة ازدياد قيم القساوة الميكروية بشكل ملحوظ حيث كانت قيمتها (371HV) للفولاذ المقاوم للصدأ SS316L، أما قيمتها من أجل البنية المركبة HMDSO/ SS316L لأغشية من المعزز بالبلازما (PECVD) كانت (577.76HV) وأصبحت قيمتها بعد وضعها في المحلول (571HV) وقيمة التدهور لهذه الأغشية تساوي 4% فقط.

(٤) وُجد تحسن واضح وكبير من ناحية مقاومة التآكل حيث ازدادت هذه المقاومة من ($1.49 \times 10^4 \text{ Ohm}$) إلى ($3.031 \times 10^4 \text{ Ohm}$)، ولوحظ أن تيار التآكل قد انخفضت قيمته من ($4.7 \times 10^{-6} \text{ A}$) إلى ($1.93 \times 10^{-6} \text{ A}$)، ويتعلق هذا بتغطية العيوب السطحية وتشكل طبقة واقية مقاومة للتآكل.

(٥) نتيجةً لزيادة مقاومة التآكل، وخاصة ضمن الأوساط المشابهة للأوساط الفيزيولوجية وزيادة القساوة السطحية فإن توضيح غشاء من مادة HMDSO يؤدي إلى زيادة المواءمة الحيوية، وبالتالي تقبل الجسم للزرعات المصنعة من الفولاذ المقاوم للصدأ الموضّع عليه أغشية من مادة HMDSO .

مسرد المصطلحات:

- SS316L: الفولاذ المقاوم للصدأ نوع (316L)
- pp-HMDSO: سداسي ميثيل ديسيلوكسان المتبلرة بلازماً.
- (PECVD): توضيح البخار الكيميائي المعزز بالبلازما
- Quartz Crystal Microbalance (QCM) مجاوب بلورة الكوارتز
- P: الضغط الأولي والضغط أثناء التجربة (mbar)
- f_0 : التواتر التجاوبي لبلورة ما ($f_0=6.0 \text{ MHz}$)
- ρ_q : كثافة الكوارتز (2.65 g cm^{-3})
- N_q : ثابت اهتزاز الكوارتز ($1.67 \times 10^{-5} \text{ Hz.cm}$)
- A : مساحة البلورة المطلية بالغشاء (cm^2)
- d_f : ثخانة الغشاء الرقيق (nm)
- ρ_f : كثافة المادة المراد ترسيبها (g/cm^3)
- a,b,c: أبعاد الخلية الأولية (Å)
- E_{corr} : كمون التآكل (V)
- i_{corr} : لوغاريتم تيار التآكل (A)
- R_p : مقاومة التآكل (Ohm)
- C: Rate: معدل التآكل (mm/y)

Reference

- [1] Wrobel A.M and Wertheimer M.R, Plasma-polymerized organosilicones and organometallics Plasma Deposition, Treatment, and Etching of Polymers ed R d'Agostino (London: Academic), 1990, p.163
- [2] Zajickova L, Bursikova V, Janca J. Proceedings of the ICCP and 25th EPS Conference, Praha, Czech Republic, 22C, 1998, p. 2781.
- [3] Gaur S, Vergason G, Society of Vacuum Coaters, 43rd Annual Technical Conference Proceedings-Denver, April 15-20, 2000, p.267.
- [4] Cremona A, et al. J. Appl. Phys. 2005 ; 97 : 023533.
- [5] Lieberman M.A, Lichtenberg A.J, Principles of Plasma Discharges and Materials Processing, Wiley, New York, 1994.
- [6] Bonizzoni G, Vassallo E, Vacuum 2002;64: 327.
- [7] S. Saloum, M. Naddaf and B. Alkhaled, " Plasma polymerized Hexamethyldisiloxane thin films for corrosion protection" Vacuum 82 (2008) 742.
- [8] T. R. Gengenbach and H. J. Griesser, Polymer 40 (1999) 5079.
- [9] Y.-M. Ko, H.-C. Choe, S.-C. Jung and B.-H. Kim, Prog. Org. Coat. 76 (2013) 1827.
- [10] D. B. T. Mascagni et al., Mater. Res. 17 (2014) 1449.
- [11] H. M. Abourayana, N. A. Zreiba and A. M. Elamin, Int. J. Chem. Mol. Nucl. Mater. Metall. Eng. 5 (2011) 117.
- [12] E. Angelini, R. d'Agostino, F. Fracassi, S. Grassini and F. Rosalbino, Surf. Interface Anal. 34 (2002) 155.
- [13] Saurbrey G. Z Phys 1959; 155: 206.
- [14] S Saloum, S Abou Shaker , M.Nidal Alkafri , Asmhan Obaid , Rokayya Hussin. Effect of surface modification on the properties of plasma-polymerized hexamethyldisiloxane thin films. Surf Interface Anal. 2019;51:754–762.
- [15] S.-M. Yang, Y.-Y. Chang, D.-Y Wang, D.-Y Lin and W. Wu, J. Alloys Compd. 440 (2008) 375.
- [16] K. Nozawa and K. Aramaki, Corros. Sci. 41 (1999) 57.