

دراسة الاستجابة الوظيفية لمتراكبات نترات السيليلوز وسيليكات الصوديوم المدعمة بدقائق
اوكسيد المغنيسيوم تجاه تثبيط التآكل المعدني في الانابيب النفطية

عبد الحميد رحيم مهدي الصراف محمد عبدالله ياسين

جامعة بغداد/ كلية التربية للعلوم الصرفة - ابن الهيثم

بغداد- العراق

الخلاصة

بهدف تحديد انسب الطلاءات المترابطة لتثبيط التآكل المعدني في الانابيب النفطية، أجريت دراسة الصلادة السطحية، مقاومة البلى، قوة الالتصاق، مقاومة التآكل الكهروكيميائي بطريقة الاستقطاب (تافل)، الموصلية الحرارية وكذا التصوير المجهرى بمجهر القوة الذرية على مجموعتين من الطلاءات المترابطة، المجموعة الأولى نترات السيليلوز المدعمة بمسحوق (MgO) النانوي مرة بالنسب الوزنية (1،0.0، 3 و 5%) و (MgO) المايكرو مرة أخرى بالنسب (0.0، 3، 5 و 7%) والثانية تمثلت بسيليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق (MgO) النانوي فقط وبالنسب السابقة الذكر وقد أظهرت النتائج بان هنالك تحسن عالي في الخواص الترابولوجية (Tribology) والالتصاقية والحرارية للطلاءات المترابطة، مع تفوق واضح لطلاءات مترابطة نترات السيليلوز على طلاءات مترابطة سيليكات الصوديوم اذا ما قورنت بالنماذج غير المدعمة لتوفير طبقة حماية للفولاذ من خطر التآكل.

الكلمات المفتاحية: التآكل الكهروكيميائي، تآكل الانابيب النفطية، نترات السيليلوز و سيليكات الصوديوم.

Study the Functional Response of Nitrocellulose and Sodium Silicate Reinforced by Magnesium Oxide Particles Composites Towards Inhibiting Metal Corrosion in Oil Pipelines

AbdulHameed Raheem Mahdi Al-Sarraf Mohammed Abdullah Yaseen

University of Baghdad / Collage of Education for Pure Science-Ibn Al Haitham

Baghdad-Iraq

E-mail :MO_199345@yahoo.com

Abstract

To determine the best composite coatings for inhibiting the metallic corrosion in the oil pipelines, the Surface Hardness, Wear Resistance, Adhesion Strength, Electrochemical Corrosion Resistance by Polarization method (Tafel), Thermal Conductivity and Atomic Force Microscopy (AFM), were applied in this work by using two groups of composite coatings. The first group is nitrocellulose reinforced by nano Powder of MgO at (0.0, 1, 3 and 5%), and Micro Powder of MgO by weight percentages (0.0, 3, 5 and 7%). and The Second represented by sodium silicate reinforced by nano powder of MgO only by applied the same percentages above. The results showed that there was high improvement in the Tribological, adhesion and thermal properties of composite coatings, with clear superiority for composite coatings of nitro cellulose on composite coatings of sodium silicate when compared to non-reinforced coatings to provide a protective layer for steel from hazard of corrosion.

Key Words: Electrochemical Corrosion, Corrosion in Oil Pipelines, Nitrocellulose and Sodium Silicate.

قام الباحث (العباسي، 2015) بتحضير مادة طلاء متراكبة بأساس سيراميكي (سيليكات الصوديوم) المدعمة بالكرافيت المايكروي مرة والكاربون النانوي مرة أخرى بهدف تشكيل حاجز وقائي يفصل بطانة ابراج التكرير في مصافي النفط عن الأبخرة والغازات الحامضية والقاعدية الناتجة عن المكونات النفطية ، كذلك معرفة نسب التدعيم الوزنية المناسبة ما بين (5%-1) لتحديد افضل نسبة تؤدي الى الحد من قدرة هذه الابخرة الحمضية والقلوية على تآكل مادة البرج وكذلك معرفة الخصائص الميكانيكية والكيميائية والحرارية للطلاءات السيراميكية المحضرة. حيث اظهرت نتائج الفحوصات بان زيادة نسبة مواد التدعيم المايكروية وكذلك النانوية يقود الى تحسين الخصائص الميكانيكية لسليكات الصوديوم. ايضاً فان المقاومة الكهروكيميائية للتآكل أعطت نتائج ايجابية للعينات المطلية اذا ما قورنت بمثيلاتها من دون طلاء تحديداً تلك المطلية بسليكات مدعمة بنسبة تدعيم 3% من مسحوق الكرافيت. وبشكل عام فإن التدعيم بدقائق الكرافيت وكذلك بمسحوق الكاربون النانوي يُعد واحداً من العوامل التي تعمل على خفض التوصيلية الحرارية للفولاذ حيث يزداد هذا الإنخفاض بزيادة نسبة المادة المدعمة لها. قام الباحث (Thair et al, 2016) باستخدام طلاء متراكب البولي أستر غير المشبع والمدعم بالكاولين العراقي بهدف حماية خطوط الأنابيب الناقلة للنفط الخام من التآكل ونسبة (75% بولي استر +25 كاولين) ومقارنة العينات المطلية بالطلاء المدعم مع غيرها من العينات غير المطلية وكذلك المطلية بـ 100% بولي استر. حيث تم اجراء التحليلات التركيبية بواسطة حيود الاشعة السينية (XRD)، المجهر الالكتروني الماسح (SEM). كذلك فقد تم التحقق من سلوك التآكل للسطوح المعاملة بالمقارنة مع غير المعاملة وذلك من خلال استخدام تقانة استقطاب الجهد الديناميكي المغلق في (3.5M) من محلول كلوريد الصوديوم والنفط الخام حيث أعطت نتائج الفحوصات دلالة واضحة على تحسن معاملات

يواجه الكثير من المختصين والعاملين في القطاع النفطي العديد من المشاكل المتعلقة بالعمل، ولعل من أهم وأبرز المشاكل التي يواجهونها هي مشكلة التآكل، التي تعاني منها الصناعات النفطية عن باقي الصناعات الكيماوية، لتوفر الأسباب التي تقود الى حدوث مثل هذه المشكلة تحت عوامل وظروف محددة، والتي ينتج عنها انفجارات وحرائق خطيرة مؤدية الى خسائر مادية كبيرة ولا تقتصر الخسائر في هذه المنشآت على الجانب الاقتصادي، وانما في حياة الاشخاص العاملين فيها أيضاً. وبشكل عام فان التآكل في المنشآت والأنابيب الناقلة للنفط الخام من المشاكل بالغة التعقيد والسبب في ذلك يعود الى تعدد مكونات النفط الخام، الامر الذي يجعل من الصعوبة بمكان ان نغطي جميع العوامل التي تسبب التآكل، وبالتالي معرفة تأثيراتها مجتمعة. ليس فقط من خلال توضيح تأثير الرطوبة الناتجة عن وجود نسبه من الماء في النفط الخام و الاملاح المعززة لحدوث التآكل، وانما وجود انواع مختلفة من الاحماض التي يمكن ان تسبب حدوث مشاكل متفارقة من التآكل مما يخلق تحدياً في ايجاد حلول لهذه المشاكل (الكيلاني، 2008). حظيت مشكلة التآكل بالأهتمام الكبير والواسع من قبل العديد من الباحثين بغية الوصول الى الحلول الناجعة والكفيلة للحد من هذه المشكلة، وهذا يتضح جلياً لنا من خلال الابحاث المنجزة والتي عملت على ايجاد الحلول المناسبة للحد من مشكلة التآكل والآثار المترتبة عنها من خلال اجراء العديد من الطرق الهندسية الحديثة التي تضمن معالجة المشكلة باقل تكلفة ووقت ممكنين. إن خطر التآكل يكمن في تنوع أشكاله وتعدد أسبابه ولهذا تنوعت وتعددت طرق وأساليب الحماية منه (Al-Abdullatif, 2007) ومن الطرق الأكثر شيوعاً في حماية الانابيب من خطر التآكل والتي اعتمدها الكثير من الباحثين هي طريقة الحماية بالطلاءات المترابطة بوصفها كواحدة من الطرق الفعالة في الحماية لما لها من خصائص متميزة. فقد أجريت العديد من الأبحاث بخصوص الحماية من التآكل إذ

الى داخل السلاسل البوليميرية على العكس من المساحيق المايكروية والتي تنتشر بشكل بيني داخل المادة الأساس للمترابك، واستناداً لهذه المعطيات تم تحديد نسب المضافات التدعيمية خلال هذا البحث. جدول(1) التركيب الكيميائي (%) للفولاذ منخفض الكربون

التآكل المتوقعة من خلال نتائج الاستقطاب

كاربون (C)	نحاس (Cu)	ألومنيوم (Al)	سيلكون (Si)	كروم (Cr)	نيكل (Ni)
0.15	0.01	0.01	0.02	0.07	0.04

المستحصلة.

اما الدراسة الحالية فالهدف منها هو دراسة الاستجابة الوظيفية لمترابكات نترات السيليلوز وسيليكات الصوديوم تجاه تثبيط التآكل المعدني في الانابيب النفطية والنتاج عن المياه و الأملاح وبعض الغازات المصاحبة للمنتجات النفطية المنقولة عبر تلك الأنابيب باستخدام نماذج الطلاءات المترابكة .

المواد وطرائق العمل

المواد المستخدمة

استخدمت فولاذ منخفض الكربون (St 37)

كمعدن مراد حمايته من التآكل باستخدام نموذجين من الطلاءات المترابكة بعد ان تم تهيئة الفولاذ بتقطيع العينات أجريت عملية الكرنبة الصلبة للعينات باستخدام (فحم الكوك+كاربونات الباريوم) كمادة منشطة للتفاعل) و طلاء المعدن بطبقة أولية من أكسيد الحديد (عراقي المنشأ) والممزوج مع مركب (هيدرات الهيدرازين 80%) بغية تهيئة سطح العينات للطلاءات المترابكة وهي مادة سيليكات الصوديوم (Sodium Silicate) أو كما يُعرف بماء الزجاج الرمز الكيميائي لها (Na_2SiO_3) مصنعة محلياً من بقايا او مهملات الزجاج للشركة العامة لصناعة الزجاج والسيراميك والتي عُزرت بدقائق مسحوق أكسيد المغنيسيوم النانوي أمريكي المنشأ حيث يمتاز المسحوق بحجم دقائق (20nm)، أبيض اللون. اما النموذج الثاني للطلاء المترابك هو طلاء نترات السيليلوز المصنوع من شركة (National Paints) اردني المنشأ والمدعم باوكسيد المغنيسيوم المايكروي ذو الحجم الدائقي (20µm) هندي المنشأ، وايضاً نماذج أخرى منه مدعمة باوكسيد المغنيسيوم النانوي. وتجدر الإشارة ان للمساحيق النانوية دور مهم في تحسين خواص المواد المترابكة حيث تتغلغل

الأجهزة المستخدمة

- 1- جهاز قياس الصلادة السطحية (Shore-D) للطلاءات المدعمة الماني المنشأ
- 2-جهاز قياس مقاومة البلى (Wear) بتسليط حمل مقداره (500غم) وسرعة دوران (500دورة / دقيقة) ونصف قطر إنزلاق (1.5cm) ولمدة (15sec) عراقي المنشأ .
- 3- مجهر القوة الذرية (AFM) الماني المنشأ .
- 4-جهاز قياس التآكل الكهروكيميائي بطريقة (Tafel) الماني المنشأ.
- 5-جهاز قوة الإلتصاق (نوعه Posi Test AT- M أمريكي المنشأ .
- 6-جهاز قياس التوصيلية الحرارية (Lee's Disk) (بريطاني المنشأ).

طريقة العمل

1-مرحلة التهيئة للطلاء المترابك.

- هيئت عينات العمل وذلك من خلال تقطيع نموذج من أنبوب فولاذي (St37) بوساطة جهاز (CNC) الماني المنشأ في الشركة العامة للصناعات الفولاذية الى نموذجين من الأبعاد لعينات مربعة الشكل ذات الأبعاد (15*15*3mm) و (30*30*3mm) بعد ان تمت عملية التقطيع جرى تنعيم العينات الفولاذية بواسطة ماكينة تنعيم (روسية المنشأ) في نفس الشركة. إذ تم اعتماد هذه الأبعاد لتتناسب مع متطلبات الأجهزة الفاحصة لها. وقد تم التعامل مع هذه العينات كآلاتي:

وتم خلط المزيج داخل بيكر زجاجي بواسطة جهاز (Hot Plate Stirrer) وصولاً الى حالة التجانس. صُبت السيليكات المدعمة على العينات المخصصة لها بعد ان تم وضع العينات على حامل مصمم خصيصاً لهذا العمل ووزعت السيليكات المدعمة بشكل متساوي على جميع أجزاء سطح العينة وتركت العينة وصولاً للجفاف التام، الشكل (3) يبين صورة العينات المطلية بسيليكات الصوديوم المدعمة.

الطلاء بنترات السيليلوز المدعمة

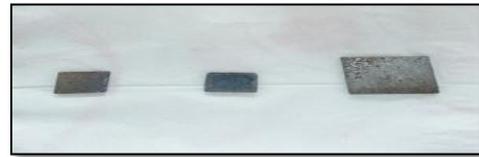
طلبت مجموعة من العينات بطبقة من نترات السيليلوز المدعمة باوكسيد المغنيسيوم النانوي المجفف وبنسبة تدعيم (0.0، 1، 3، 5%) مرة. وكذلك التدعيم باوكسيد المغنيسيوم المايكروي المجفف ايضاً عند حرارة (200 س°) وبنسب تدعيم (0.0، 3، 5، 7%) ، كما تم إضافة مسحوق (سترات الألمنيوم Aluminum Citrate) بنسبة (0.75 غم) مع كلا المسحوقين (النانوي والمايكروي) بهدف تشتيت المسحوق ضمن المادة الأساس ومنع تكثفه، إذ تم خلط الطلاء المدعم باستخدام خلاط كهربائي (نوع RW-20) للحصول على توزيع متجانس لدقائق التدعيم. تمت عملية الطلاء وذلك باستخدام فرشاة الطلاء الإعتيادية وتوزيع الطلاء على السطح وبعدها يتم ترك العينة لغرض الجفاف، الشكلين (4 و 5) يوضحان صور العينات المطلية بنترات السيليلوز المدعمة.



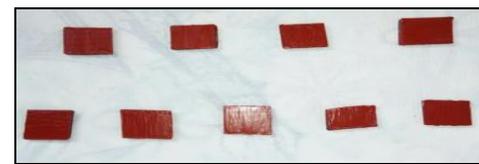
شكل (3) صورة فوتوغرافية لنماذج من عينات فولاذية مطلية بطبقة من سيليكات الصوديوم المدعمة باوكسيد المغنيسيوم النانوي.

أجريت عملية الكرنبة الصلبة للعينات للفولاذية كما موضح في الشكل (1). (في مختبرات الجامعة التكنولوجية-قسم العلوم التطبيقية)، باستخدام فرن كهربائي حيث غمرت العينات الموضوعه داخل صندوق فولاذي ضمن مزيج الكرنبة المتكون من (فحم الكوك+كاربونات الباريوم) واضيف الى كل (100غم) من الكاربون مانسبته (4 غم) من مسحوق كاربونات الباريوم. جرت عملية الكرنبة لمدة (1.5hr) وحرارة (950 س°) بغية تهيئة سطح العينة الفولاذية لمرحلة الطلاء.

بعد ان تم كرنبة العينات جرت عملية طلاء العينات بطبقة من أوكسيد الحديد كطبقة طلاء أولية مقاومة للصدأ، كما مبين بالشكل (2) حيث اضيف لمادة الطلاء مركب كيميائي يدعى (بالهيدرازين هايدريت 80%) بواقع (0.25 غم) من الهيدرازين لكل (100غم) من أوكسيد الحديد حيث يعمل هذا المركب على اقتناص الاوكسجين من الطلاء والتخلص منه.



شكل (1) صورة فوتوغرافية نماذج العينات المكرنية.



شكل (2) صورة فوتوغرافية للعينات المكرنية المطلية باوكسيد الحديد الأحمر.

2-مرحلة الطلاء المترابك

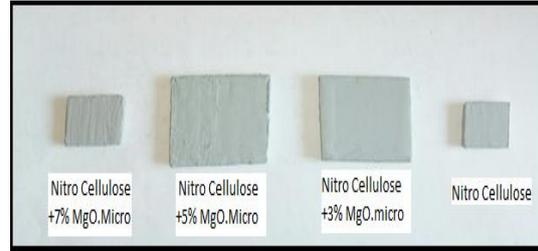
الطلاء بسيليكات الصوديوم المدعمة

طلبت مجموعة من العينات بطبقة من سيليكات الصوديوم (ماء الزجاج) والمدعم بمسحوق أوكسيد المغنيسيوم النانوي المجفف بدرجة حرارة (200 س°) بهدف التخلص من الرطوبة في المسحوق، فقد تم التدعيم بنسبة (0.0، 1، 3، 5%)

المتتمثلة بسيليكات الصوديوم حيث تدخل هذه الدقائق في الفراغات البينية والمسامات الدقيقة التي تتكون اثناء عملية تحضير المادة المترابكة، وبالتالي يؤدي ذلك الى زيادة مساحة التماس بين المادة الأساس ومادة التدعيم وبالنتيجة الحصول على مترابك ذو مقاومة عالية تجاه الغرز والخدش نتيجة الزيادة في مقاومة التشوه اللدن (سعيد و رفيق، 2011) اما في حالة نترات السيليلوز فنلاحظ أيضا ارتفاع في قيم الصلادة السطحية في حالتي التدعيم النانوي والمايكروي على حدٍ سواء حيث تصل اعلى قيمة للصلادة في النترات المدعمة نانويًا عند نسبة التدعيم 3% وهي 87.1، وقيمتها عند النترات المدعمة مايكروياً هي 87.5 عند نسبة التدعيم 5% بالمقارنة مع قيمة الصلادة للنترات غير المدعمة ذات القيمة 84.6 ان سبب الزيادة الحاصلة في قيم الصلادة ناتج عن الدور الذي تلعبه دقائق التدعيم في اعانتها لحركة الإخلاعات كذلك المشاركة مع الطور الأساس في تحمل الاجهادات المسلطة وهذا يؤكد على ماجاء به الباحث (Higgins, 1973). وبعدها يلاحظ هبوط في قيم الصلادة لنترات السيليلوز المدعم باوكسيد المغنيسيوم النانوي عند نسبة التدعيم 5% حيث تهبط قيمة الصلادة الى 86 وكذلك زيادة التدعيم المايكروي للنترات يؤدي الى الهبوط في قيمة الصلادة لها عند نسبة التدعيم 7% حيث بلغت 83.7، ان سبب هبوط الصلادة هذا يعود الى الزيادة الحاصلة بنسبة المواد المألثة والتي تؤدي الى تكون مناطق خالية من الطور الأساس اي عدم قدرة جميع المواد الرابطة على تغطية المادة المألثة وبالتالي تكون هذه المنطقة هشة يسهل اختراقها، كما ان لعملية الخلط تلعب دوراً مهماً في تجانس المواد مع بعضها. وهذا يتفق مع الباحث (Gowda, et al., 2015).



شكل (4) صورة فوتوغرافية لنماذج من عينات فولاذية مطلية بطبقة من نترات السيليلوز المدعم باوكسيد المغنيسيوم النانوي.



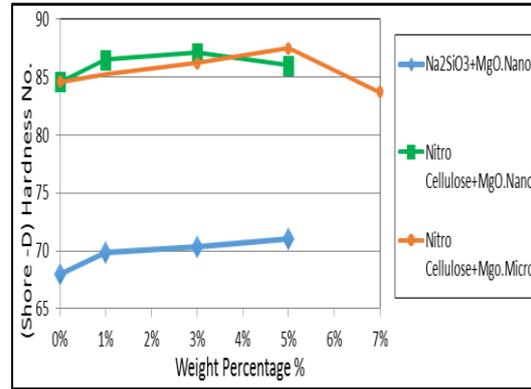
شكل (5) صورة فوتوغرافية لنماذج من عينات فولاذية مطلية بطبقة من نترات السيليلوز المدعم باوكسيد المغنيسيوم المايكروي.

النتائج والمناقشة

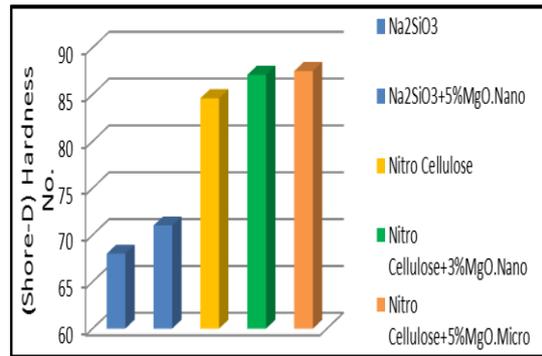
1- اختبار الصلادة السطحية Hardness:

يتضح من خلال قيم النتائج المستحصلة من اختبار الصلادة السطحية شكل (6) وجدول (2) لمادتي الطلاء المترابك سيليكات الصوديوم ونترات السيليلوز تحسناً في قيم الصلادة السطحية مع زيادة نسبة التدعيم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم النانوي للسيليكات وكذلك التدعيم بمسحوق المغنيسيا النانوي مرة والمايكروي مرة أخرى لمادة طلاء نترات السيليلوز. فعند زيادة النسبة الوزنية لمضافات التدعيم أدت هذه الزيادة الى رفع قيم الصلادة لسيليكات الصوديوم من 68 في حالة السيليكات غير المدعمة وصولاً الى اعلى قيمة لها وهي 71 عند نسبة التدعيم الوزنية 5% وهي نسبة التدعيم الأمثل لسيليكات الصوديوم المدعمة شكل (7). ان ارتفاع قيم الصلادة هذا يعود الى ان الخواص الميكانيكية للمواد المترابكة تتحسن ويشكل ملحوظ عند استخدام المضافات التدعيمية ذات الحجوم الصغيرة (النانوية) وبذلك يساعد حجمها الدقائقي الصغير على الدخول والتغلغل داخل المادة الأساس

معدل البلى للسيليكا المدعمة بالمقارنة مع السيليكا غير المدعمة التي تكون تحت تأثير التشوه اللدن والتي تعاني تكسراً في طبقاتها الداخلية خلال اختبار البلى، حيث انخفض معدل البلى من الصوديوم غير المدعمة إلى $(7.7282 * 10^{-6} \text{ gm/cm})$ في حالة سيليكا الصوديوم غير المدعمة عند التدعيم بنسبة 5% $(0.4246 * 10^{-6} \text{ gm/cm})$ لطلاء متراكب سيليكا الصوديوم. إذ تعمل دقائق أكسيد المغنيسيوم النانوية ذات الصلادة العالية كعوائق تشوه المادة الأساس وتحسن من متانة الجسم المتراكب (Samal and Bal, 2008) كذلك هو الحال في طلاء نترات السيليلوز المدعم نانويًا مرة ومايكروياً مرة أخرى حيث يبرز دور التدعيم في خفض معدلات البلى فقد لوحظ بدأ معدل البلى بالإنخفاض بشكل طردي مع رفع نسبة التدعيم الوزنية لأوكسيد المغنيسيوم النانوي والميكروي فقد سجل معدل البلى مامقـداره $(5.0955 * 10^{-6} \text{ gm/cm})$ عند نترات السيليلوز غير المدعم وبعدها بدأ بالإنخفاض أكثر وصولاً إلى قيمته الأمثل وهي $(0.6794 * 10^{-6} \text{ gm/cm})$ عند نسبة التدعيم النانوي 3% وكما مبين في الشكل (9). وكذلك الحال عند التدعيم الميكروي حيث كانت قيمة معدل البلى $(1.1040 * 10^{-6} \text{ gm/cm})$ وهي الأمثل من بين التدعيم الميكروي عند نسبة التدعيم 5%. ومن ملاحظة الشكل (9) نلاحظ تفوق التدعيم النانوي على التدعيم الميكروي عند نسبة 3%، في تحسين مقاومة البلى لمادة نترات السيليلوز وقد يعزى التأثير الإيجابي في إضافات الدقائق النانوية في الصفات الترابولوجية إلى قدرة الدقائق النانوية على خفض معدل البلى بشكل ملحوظ وبهذا نستنتج بان مقاومة البلى الإلتصاقية ترتبط وبشكل وثيق مع مدى تماسك ومتانة الطلاء المتراكب فهنا يبرز دور الحجم الدقائقي للتدعيم باوكسيد المغنيسيوم النانوي ولان المدعّمات النانوية وبحكم حجمها الصغير فانها تنتشر ضمن المادة الأساس وبشكل منتظم وبذلك فهي تقلل من المسافة بين جزيئات المادة الأساس



شكل (6) تأثير نسبة المواد المضافة على الصلادة السطحية لمتراكبات الطلاء المحضرة.



شكل (7) قيم الصلادة السطحية للطلاءات المتراكبة عند النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

جدول (2) قيم الصلادة السطحية للطلاءات المتراكبة عند النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس الغير مدعمة.

نوع الطلاء المتراكب		الصلادة السطحية
سيليكا الصوديوم	غير المدعم	68
	المدعم بنسبة 5%MgO (Nano)	71
نترات السيليلوز	الغير مدعم	84.6
	المدعم بنسبة 3%MgO (Nano)	87.1
	المدعم بنسبة 5%MgO (Micro)	87.5

2- اختبار معدل البلى Wear Rate

يتضح لنا من خلال نتائج اختبار فحص مقاومة البلى شكل (8) وجدول (3) انخفاض في معدل البلى للطلاءات المتراكبة (سيليكا الصوديوم المدعمة ونترات السيليلوز المدعمة)، حيث ينخفض

3-اختبار التآكل

الكهروكيميائي Electrochemical Corrosion

تبين النتائج المستخرجة من

الشكل (10) وجدول (4) من اختبار التآكل

الكهروكيميائي بطريقة استقطاب (تافل) تغييراً في

كثافة تيار التآكل وجهد التيار للطلاءات المترابطة

حيث يلاحظ انخفاض ملحوظ في قيم تيار التآكل

وجهد التيار لجميع الطلاءات بالمقارنة مع تيار

وجهد التآكل (للفلوآذ منخفض الكربون) المراد

حمايته من التآكل الناتج عن المياه المصاحبة

للمنتجات النفطية. حيث تشير المعلومات العملية ان

كثافة تيار التآكل لطلاء سيليكات الصوديوم غير

المدعم انخفضت الى $(0.12230 \mu A/cm^2)$ وجهد $(-325.3mv)$ وكما واضح في

الشكل (11) بالمقارنة مع قيمتها للفلوآذ غير المحمي

والتي كانت $(5.06 \mu A/cm^2)$ عند جهد تآكل $(-569mv)$

والمشار له في الشكل (12)، وهذا يعكس

لنا مدى الحماية التي توفرها سيليكات الصوديوم

للفلوآذ المستخدم والسبب في ذلك يعود الى تشكل

جلاتين السيليكات الناتجة عن مجموعة من التفاعلات

بين سيليكات الصوديوم والأحماض الموجودة ضمن

المياه المصاحبة للمنتجات النفطية حيث تتكون طبقة

واقية تحمي سطح المعدن بمرور

الزمن (العبيدي، 2009). وعند تدعيم طلاء سيليكات

الصوديوم بمسحوق اوكسيد المغنيسيوم النانوي بنسبة

تدعيم 5% نلاحظ تحسناً في قيم الحماية من التآكل

بالمقارنة مع الفلوآذ غير المحمي حيث انخفض تيار

التآكل الى $(0.65742 \mu A/cm^2)$ عند جهد تيار

$(-244.6mv)$ وكما موضح في الشكل (13) الا ان

قيمة الحماية انخفضت لطلاء سيليكات الصوديوم

المدعمة باوكسيد المغنيسيوم النانوي بالمقارنة مع

السيليكات غير المدعمة على الرغم من ان اوكسيد

المغنيسيوم يعمل على إزاحة جهد التآكل بالإتجاه

الأكثر نبلاً وتشكيل طبقة خمول تحمي المعدن من

التآكل . اما الطلاء ببنترات السيليلوز غير المدعم

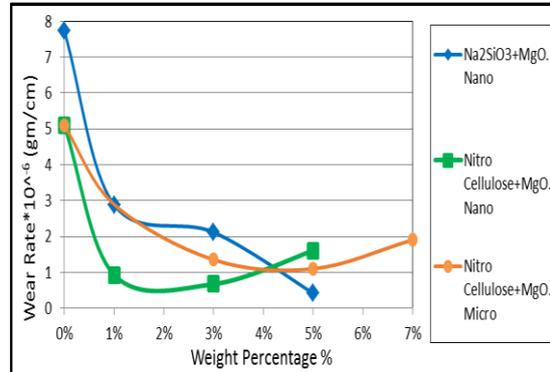
اعطى حماية واضحة بالمقارنة مع نتيجة تيار التآكل

حيث تعمل على زيادة تراس وتماسك المادة

المترابطة وبالنتيجة هذا يقود الى خفض معدل البلى

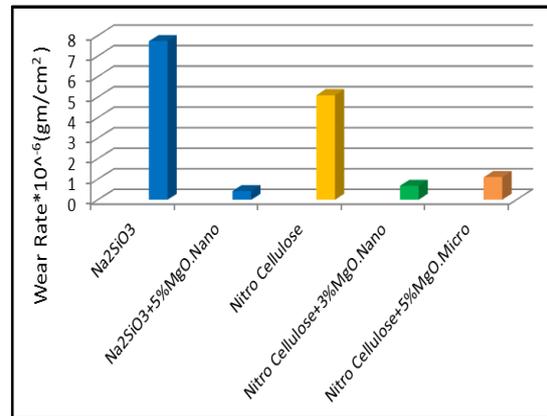
وهذا يتفق مع تفسير الباحث (Praveen, et)

(.al.,2014).



شكل(8)تأثير تغيير نسبة المواد المضافة على مقاومة البلى

الأنصافي للطلاءات المترابطة عند ظروف تشغيل ثابتة.



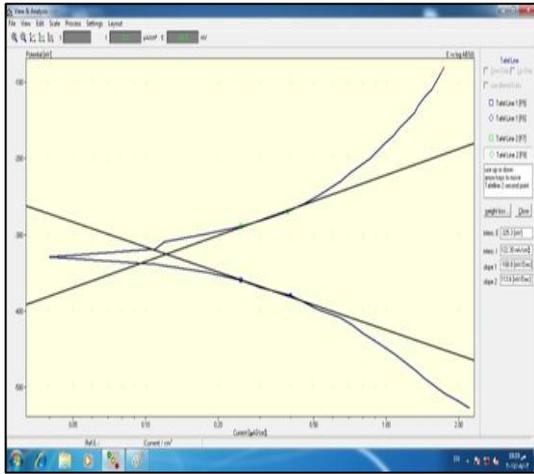
شكل(9)قيم معدلات البلى الأنصافي للطلاءات المترابطة عند

النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

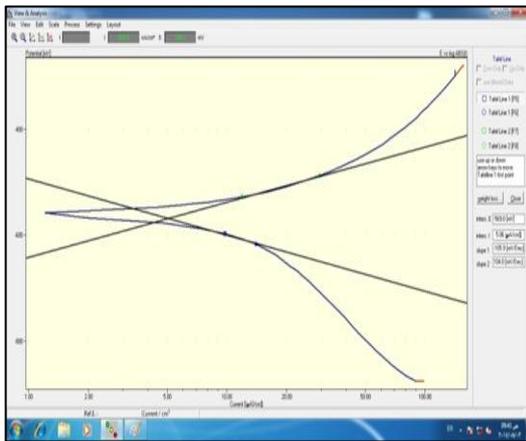
جدول(3) قيم معدل البلى للطلاءات المترابطة عند النسب

الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

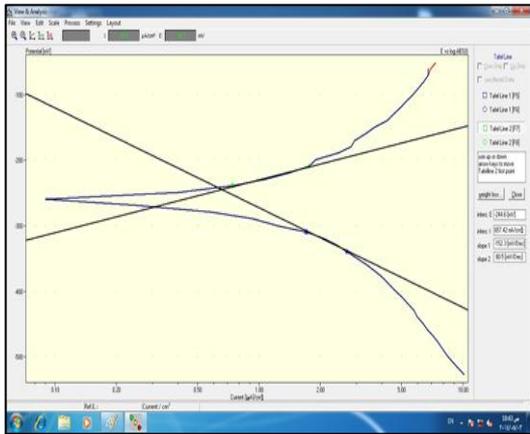
نوع الطلاء المتراب		معدل البلى (10^{-6})
سيليكات الصوديوم	الغير مدعم	7.7282
	المدعم بنسبة 5%MgO (Nano)	0.4246
بنترات السيليلوز	الغير مدعم	5.0955
	المدعم بنسبة 3%MgO (Nano)	0.6794
	المدعم بنسبة 5%MgO (Micro)	1.1040



شكل (11) منحنى الاستقطاب للفولاذ بعد الطلاء بسيليكات الصوديوم يبين كثافة تيار التآكل وجهد التآكل.

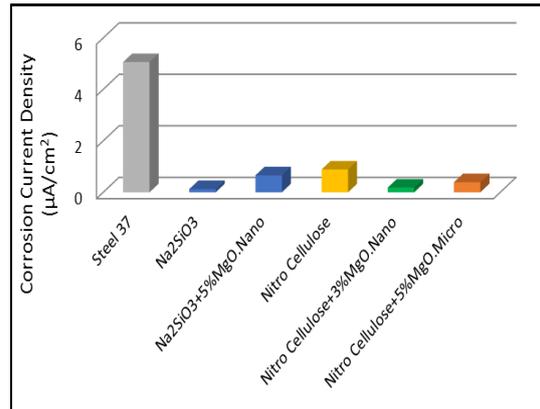


شكل (12) منحنى الاستقطاب (للفولاذ المراد حمايته) قبل الطلاء يبين كثافة تيار التآكل وجهد التآكل.

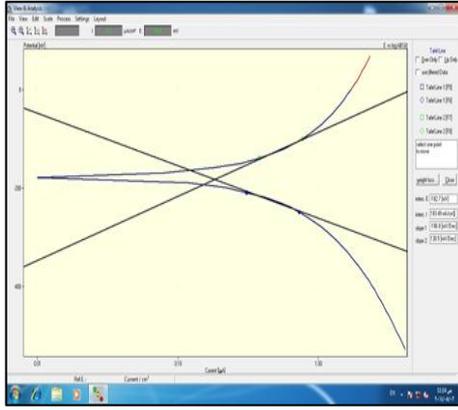


شكل (13) منحنى الاستقطاب للفولاذ بعد الطلاء بسيليكات الصوديوم+5% MgO.Nano يبين كثافة تيار التآكل وجهد التآكل.

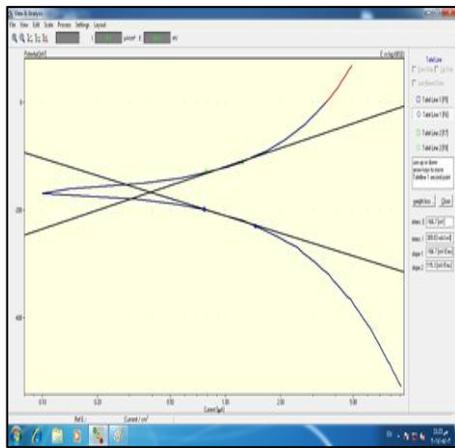
وجهد التيار للفولاذ المراد حمايته حيث انخفضت كثافة تيار التآكل لنترات السيليلوز الى $(0.88709\mu A/cm^2)$ عند جهد تيار $(-185.5mv)$ وكما موضح في شكل (14). كذلك عند التدعيم بنسبة 3% من أوكسيد المغنيسيوم النانوي و5% من أوكسيد المغنيسيوم المايكروي يلاحظ تحسناً بقيم تيار التآكل وجهد التآكل بشكل كبير حيث انخفض تيار التآكل والجهد عند التدعيم النانوي والمايكروي الى أكثر مما هو عليه في حالتي المعدن غير المحمي والنترات غير المدعمة وسجل تيار التآكل للنترات عند التدعيم النانوي ما قيمته $(0.18349\mu A/cm^2)$ والمايكروي $(0.38983\mu A/cm^2)$ وكذلك الجهد عند التدعيم النانوي $(-182.7mv)$ والجهد عند التدعيم المايكروي $(-166.7mv)$ كما في الشكلين (15 و16) على التوالي، من خلال مقارنة جهود التآكل للطلاءات المترابطة مع جهد المعدن (الفولاذ منخفض الكاربون) والموضح في الجدول (4)، نلاحظ ان الجهد للفولاذ اكثر سالبية من جهود الطلاءات وهنا يبرز دور مواد التدعيم (MgO.Nano/Micro) في جعل طبقة الطلاء المدعم اكثر نبلاً وهذا يتفق مع تفسير الباحث (العباسي، 2015).



شكل (10) تغير كثافة تيار التآكل للطلاءات المترابطة عند النسب الأفضل.



شكل (15) منحنى الاستقطاب لطلاء نترات السيليوز+3%MgO.Nano يبين كثافة تيار التآكل وجهد التآكل.



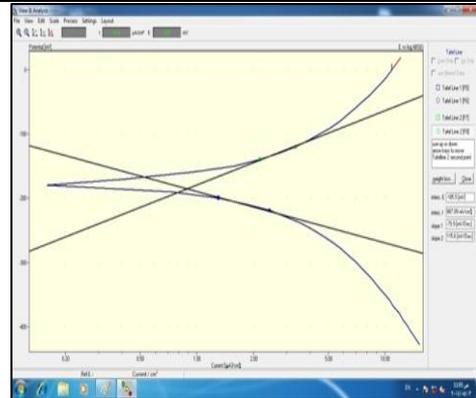
شكل (16) منحنى الاستقطاب لطلاء نترات السيليوز+5%MgO.Micro يبين كثافة تيار التآكل وجهد التآكل.

جدول (4) قيم كثافة تيار التآكل وجهد التآكل للطلاءات المتراكبة بالمقارنة مع قيمتها عند لفولاذ.

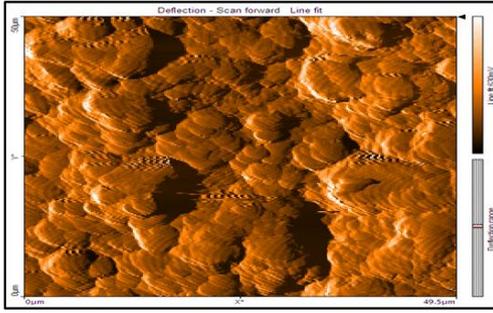
4- فحص مجهر القوة الذرية (AFM)

يعطي هذا الفحص صورة مجهرية تبين طبيعة تضاريس سطح المادة وكيفية تشكلها، إذ اعطت نتائج الفحص صورة سطحية للطلاءات المتراكبة وكذلك مربع متوسط الجذر والخشونة المشار اليهم في جدول(5) ففي الصورة المجهرية لطلاء سيليكات الصوديوم المدعم المبينة في الشكل(17) نلاحظ هبوط قيمة الخشونة بالمقارنة مع

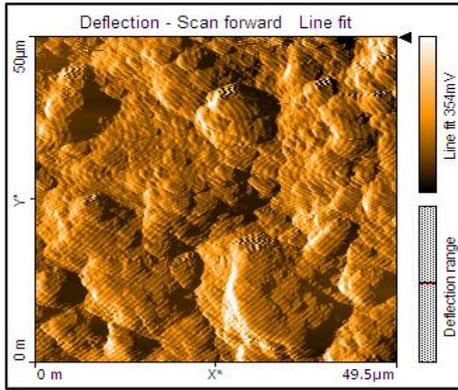
نوع المادة	كثافة تيار التآكل ($\mu\text{A}/\text{cm}^2$)	جهد التآكل (mv)
فولاذ St.37	5.06	-569
سيليكات الصوديوم	غير المدعم	0.12230
	المدعم بنسبة 5%MgO (Nano)	0.65742
نترات السيليوز	غير المدعم	0.88709
	المدعم بنسبة 3%MgO (Nano)	0.18349
	المدعم بنسبة 5%MgO (Micro)	0.38983



شكل (14) منحنى الاستقطاب بعد الطلاء بنترات السيليوز يبين كثافة تيار التآكل وجهد التآكل.



شكل (20) صورة 2D لطلاء نترات السيليلوز المدعم بـ 5 MgO.Nano % بواسطة جهاز الـ AFM.



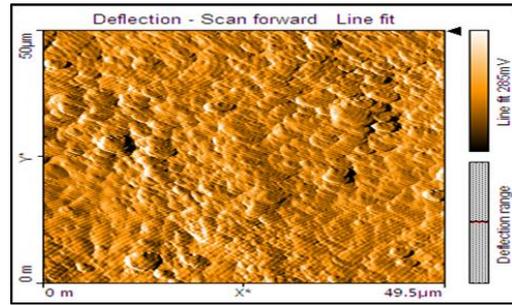
شكل (21) صورة 2D لطلاء نترات السيليلوز غير المدعم بواسطة جهاز الـ AFM.

جدول (5) قيم الخشونة ومربع متوسط الجذر لخشونة

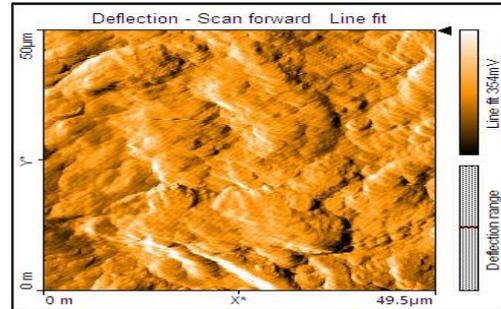
نوع الطلاء المتراب		متوسط مربع الجذر (nm)	الخشونة (nm)
سيليكات الصوديوم	غير المدعم	707.21	551.3
	المدعم بنسبة 5%MgO (Nano)	464.15	373.3
نترات السيليلوز	غير المدعم	623.75	502.8
	المدعم بنسبة 3%MgO (Nano)	916.88	740.3
	المدعم بنسبة 5%MgO (Micro)	1205.6	972.8

الطلاءات المترابكة.

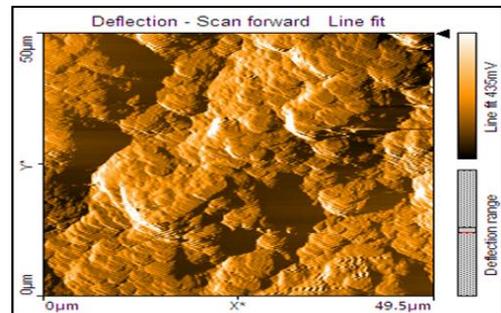
قيمتها للسيليكات غير المدعمة الموضحة في الشكل (18) اما طلاء نترات السيليلوز المدعم فقد اظهرت زيادة الخشونة مع زيادة نسبة التدعيم النانوي مرة والميكروي مرة أخرى ويمكن ملاحظة الصور المجهرية لنترات السيليلوز المدعم نانويًا بنسبة تدعيم (3MgO.Nano %) ومايكرويًا بنسبة تدعيم (5MgO.Micro %) مرة أخرى وكما مبين في الشكلين (19 و 20) على التوالي بالمقارنة مع نترات السيليلوز غير المدعمة المبينة في الشكل (21).



شكل (17) صورة 2D لطلاء سيليكات الصوديوم المدعم بـ 5 MgO.Nano % بواسطة جهاز الـ AFM.



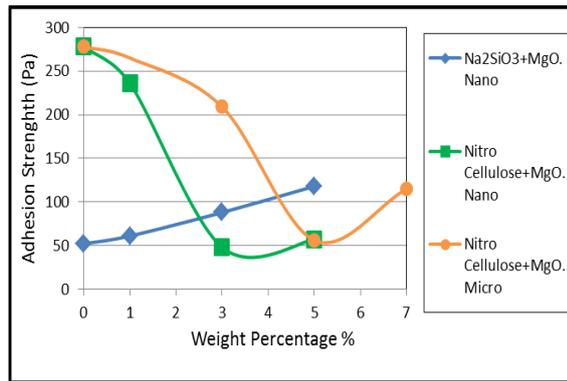
شكل (18) صورة 2D لطلاء سيليكات الصوديوم غير المدعم بواسطة جهاز الـ AFM.



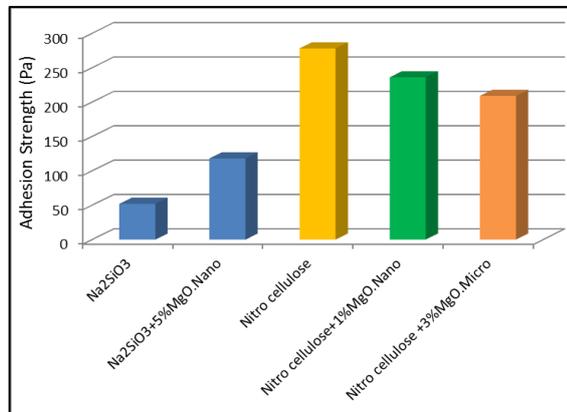
شكل (19) صورة 2D لطلاء نترات السيليلوز المدعم بـ 3 % MgO.Nano بواسطة جهاز الـ AFM.

5- فحص قوة اللصق Adhesive

يتضح من خلال فحص قوة اللصق كما موضح في الشكل (22) وجدول (6) مدى قوة اللصق للطلاءات المترابكة (سيليكات الصوديوم المدعم) و (نترات السيليلوز المدعم) وهذا يعكس قوة الارتباطات المسئولة عن ميكانيكية اللصق المتمثلة بقوى فاندر فالز والتي تمتاز بفاعليتها بين المواد اللاصقة والمواد الملصوقة فضلاً عن قوى التشابك الميكانيكي (عباس، 2007). فقد بينت نتائج الخشونة الناتجة عن مجهر القوة الذرية كما في الجدول (4) ان الخشونة السطحية لطلاء سيليكات الصوديوم هبطت مع زيادة نسبة التدعيم باوكسيد المغنيسيوم النانوي الى 5%، ان الهبوط بالخشونة هذا أدى الى زيادة قوة الالتصاق لسيليكات الصوديوم المدعمة باوكسيد المغنيسيوم عند نسبة تدعيم 5% حيث سجلت قوة اللصق ما قيمته (118pa) عند هذه النسبة بالمقارنة مع قيمتها عند السيليكات غير المدعمة ذات الخشونة الأعلى فكانت قيمة قوة اللصق عندها (52pa) والسبب في ذلك يعود الى ان الخشونة السطحية تتناسب عكسياً مع قوة اللصق. اما في حالة طلاء نترات السيليلوز فنلاحظ من خلال جدول قيم الخشونة زيادة في قيمة الخشونة السطحية لنترات



شكل (22) تأثير تغير نسبة المواد المضافة على متانة الالتصاق للطلاءات المترابكة.



شكل (23) قيم متانة الالتصاق للطلاءات المترابكة عند النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

جدول (6) قيم متانة الالتصاق للطلاءات المترابكة عند النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

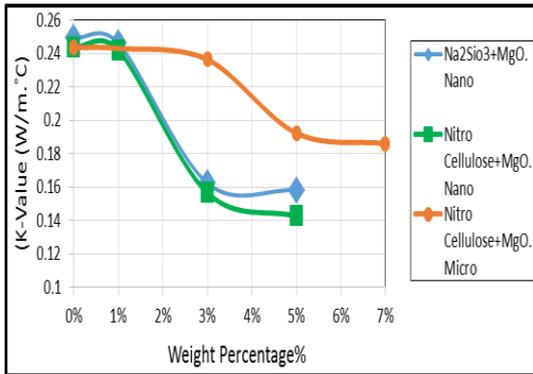
6- التوصيلية الحرارية Thermal Conductivity

بينت نتائج فحص التوصيلية الحرارية التي أجريت باستخدام جهاز (قرص لي) بتسليط جهد مقداره (6volt) من مصدر التجهيز الى المسخن، وتميرير تيار مقداره (0.25A) لمدة (1hr) على

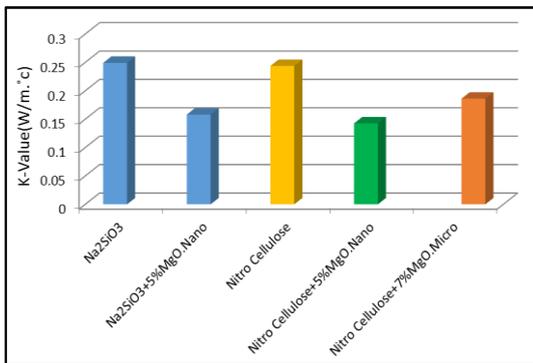
نوع الطلاء المترابك		متانة الالتصاق (pa)
سيليكات الصوديوم	غير المدعم	52
	المدعم بنسبة 5%MgO (Nano)	118
نترات السيليلوز	غير المدعم	278
	المدعم بنسبة 1%MgO (Nano)	236
	المدعم بنسبة 3%MgO (Micro)	209

السيليلوز المدعمة باوكسيد المغنيسيوم النانوي مرة والميكروي مرة أخرى، حيث أدت هذه الزيادة في الخشونة الى خفض قيم قوة اللصق الى (48pa)

وقيمتها ($0.1860 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$)، بالمقارنة مع قيمة التوصيلية لنترات السيليلوز غير المدعمة والتي كانت ($0.2436 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$). ان الانخفاض الملحوظ في قيم التوصيلية لنترات المدعمة يعود بالسبب الى تأثير المضافات بنوعها النانوي والميكروي على زيادة العزل الحراري وبالخصوص عند نسب التدعيم ذات العزل الأمثل للأسباب سابقة الذكر (لاحظ الشكل 25). ومن الجدير بالذكر انه عند مقارنة نتائج التوصيلية الحرارية لمتراكب نترات السيليلوز نلاحظ تفوق التدعيم النانوي على التدعيم الميكروي في إمكانية العزل الحراري عند نسبي التدعيم الوزنية ذاتها 3 و5% وهذا يؤكد لنا مدى تأثير الحجم الدقائق في خفض التوصيلية الحرارية للمواد المتراكبة وهذا ما أكد عليه الباحثان (Warrier and Teja, 2011).



شكل (24) تأثير تغير نسبة المواد المضافة على التوصيلية الحرارية للطلاء المتراكبة.



شكل (25) قيم التوصيلية الحرارية للطلاء المتراكبة عند النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

جدول (7) قيم التوصيلية الحرارية للطلاء المتراكبة عند النسب الأفضل مقارنة بالمادة الأساس غير المدعمة.

نماذج من أقراص الطلاء المتراكبة حيث بينت نتائج الفحص كما في الشكل (24) وجدول (7) انخفاضاً في قيم التوصيلية الحرارية للطلاء المتراكبة عند تدعيمها بالمساحيق النانوية والميكروية لأوكسيد المغنيسيوم، إذ انخفضت التوصيلية الحرارية لمادة سيليكات الصوديوم عند تدعيمها بمسحوق أوكسيد المغنيسيوم النانوي لتسجل ادنى قراءة لها عند نسبة تدعيم 5% وهي ($0.1581 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$) بالمقارنة مع قيمة التوصيلية الحرارية لها عند السيليكات غير المدعم والتي كانت

($0.2491 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$) ويرجع السبب في ذلك الى تأثير الحشوات المضافة (المغنيسيا النانوية) التي تعمل على إعاقة الإهتزازات الحاصلة بذرات سيليكات الصوديوم نتيجة ارتفاع درجة الحرارة فضلاً عن ان مسحوق أوكسيد المغنيسيوم بوصفه مادة سيراميكية رديء التوصيل للحرارة وهذا يتفق مع الباحثين

(Al-Khazraji and Al-Mosawi, 2004) كذلك الحال عند تدعيم نترات السيليلوز بمسحوق أوكسيد المغنيسيوم النانوي مرة والميكروي مرة أخرى نلاحظ هبوط قيمة التوصيلية الحرارية للنترات المدعمة بالمغنيسيا النانوية الى ادنى قيمة لها عند نسبة تدعيم 5% وقيمتها ($0.1425 \text{ W/m} \cdot ^\circ\text{C}$) وانخفاضها أيضاً عند التدعيم بالمغنيسيا الميكروي

نوع الطلاء المتراكب		التوصيلية الحرارية (W/m.°C)
سيليكات الصوديوم	غير المدعم	0.2491
	المدعم بنسبة 5% MgO (Nano)	0.1581
نترات السيليلوز	غير المدعم	0.2436
	المدعم بنسبة 5% MgO (Nano)	0.1425
	المدعم بنسبة 7% MgO (Micro)	0.1860

حيث سجلت ادنى قيمة لها عند نسبة تدعيم 7%

العبيدي، وليد يونس، (2009)، تحضير مادة رابطة مقاومة للحوامض اللاعضوية باستخدام صخور الكوارتزيت العراقي، مجلة علوم الرافدين، المجلد 20، (4)، الصفحة 107.

الاستنتاجات Conclusions

1- إن مقاومة البلى الإلتصاقى وكذا الصلادة السطحية تتحسن مع زيادة نسب التدعيم باوكسيد المغنيسيوم النانوي والمايكروي للطلاءات المترابطة على حدٍ سواء .

2- لا يمكن فصل تأثير الخشونة السطحية ودورها البارز على قوة الإلتصاق للطلاءات المترابطة حيث تتناسب قوة الإلتصاق عكسياً مع الخشونة السطحية للطلاءات المستخدمة وبالتحديد عند نسبة التدعيم الوزنية (5%MgO.Nano) لسيليكات الصوديوم، ونسبة (3%MgO.Nano) و (5%MgO.Micro) لطلاء نترات السيليلوز.

3- إن فحص التآكل الكهروكيميائي لنموذجي الطلاءات المترابطة يبين مدى تأثير تلك الطلاءات في توفير طبقة حماية للفولاذ من خطر التآكل الناتج عن المياه المصاحبة للمنتوج النفطى اذا ما قورنت تلك النتائج بنتيجة الفولاذ من دون حماية.

4- إنخفاض الموصلية الحرارية مع زيادة نسبة التدعيم بالمساحيق بنوعها النانوية والمايكروية .

المصادر

الكيلاني، احمد رشيد محمد، (2008)، وقاية المعادن من التآكل، الطبعة الثانية، مطبوعه شركه الاديبي، عمان.

العباسي، سجي اياذ، (2015)، تحضير مواد مترابطة مدعمة بالكربون لمعالجة تآكل ابراج التصفية النفطية، رسالة ماجستير، قسم العلوم التطبيقية، الجامعة التكنولوجية.

سعيد، اريج رياض و رفيق، سه وينج نور الدين، (2011)، دراسة الخصائص الميكانيكية لمترابكات البولي اثلين المدعم بدقائق مسحوق الصدف، مجله الهندسة والتكنولوجيا المجلد. 29 (15)، الصفحة. 611.

عباس، رولا عبد الخضر، (2007)، تحضير مادة لاصقة مدعمة بدقائق الكرافيت ودراسة خواصها الميكانيكية والكهربائية والحرارية، مجلة ام سلمة للعلوم، مجلد 4، العدد 20.

Al-Abdullatif, Mohammed

O.M, (2007), Design and Optimization of Cathodic Protection Systems Used In Prevention of Pipelines Corrosion, PhD Dissertation, College Of Engineering Chemical, Engineering Department, King Saud University, Kingdom Of Saudi Arabia, 21-35.

Al-Khazraji, Kahtan K. and Al-Mosawi, Ali I., (2004), Effect Study of Magnesium Oxide on Thermal Conductivity of Unsaturated Polyester Resin, Journal of Babylon University, Engineering Sciences, 9(5), 867- 876

Gowda, K. Punith, Gowda, Shivashankare and Satish Babu, B., (2015), Effect of Particulate Reinforcement on the Mechanical Properties of Al2024-WC MMCs, Journal of Minerals and Materials Characterization and Engineering, 3(6), 469-476.

Higgins, R.A, (1973), Engineering Metallurgy, London.

Liu, D-L., Martin J., and Burnham, N. A., (2007), Optimal roughness for minimal adhesion, Applied Physics Letters 91(4), 31071-31073.

Praveen, G., Girisha, K. B. and Yogeesh, H. C., (2014) Synthesis, Characterization and Mechanical Properties of A356.1 Aluminium Alloy Matrix Composite Reinforced With MgO Nano Particles, International Journal of Engineering Science Invention, 3(6), 53-59

Samal, S. and Bal, S., (2008), Carbon Nanotube Ceramic Matrix Composites, Journal of Minerals and Materials Characterization & Engineering, 7(4), 366-367

Thair, L., Jassim, I. K., Al-Khuzai, Sanaa R., Hammody, Jamal. F., and Kalil Mohammed .H., (2016), Corrosion Protection of Carbon Steel Oil Pipelines by Unsaturated Polyester/Clay Composite coating, American Scientific Research Journal for Engineering, Technology, and Sciences (ASRJETS) 18 (1), 108-119.

Warrier, P. and Teja, A., (2011), Effect of Particle Size on the thermal conductivity of Nanofluids Containing Metallic Nanoparticles. Nano Scale Research letters, 6(1), 247