

تقييم طلاءات متراكبات اوكسيد المغنسيوم النانوي للسيطرة على التآكل في الخزانات المعدنية النفطية

عبد الحميد رحيم الصراف و سامر عبد الكاظم الساعدي

قسم الفيزياء ، كلية التربية للعلوم الصرفة (ابن الهيثم) ، جامعة بغداد

الخلاصة

استهدف البحث التعرف على مستوى الطلاءات النانوية المتراكبة لسبيكة من الفولاذ المقاوم للصدأ والمستعملة في صناعة الخزانات المعدنية لخزن المشتقات النفطية في شركة توزيع المنتجات النفطية بمادة سيليكات الصوديوم و نترات السيليلوز. إذ حُضِر عدد من متراكبات سيليكات الصوديوم و نترات السيليلوز المدعمة بدقائق اوكسيد المغنسيوم (MgO) بنسب تدعيم وزنية (1-3 wt.%). تم تشخيص التركيب الكيميائي للسبيكة (St-37) باستخدام Spectrometer OE. درست طبوغرافية وطبيعة سطح مادة الطلاء بواسطة مجهر القوة الذرية (Atomic Force Microscope (AFM)) والمجهر الضوئي (Optical Microscope). كما اعد مقياس معرفي تكون من فحص الصلادة (Hardness) و البلى (Wear) و متانة الالتصاق (Adhesion) واختبار التآكل الكيميائي (Chemical Corrosion) علاوة على اختبار التآكل الكهروكيميائي (Electrochemical Corrosion). لقد تبين إن الفولاذ المقاوم للصدأ هو من نوع (St-37) وهو فولاذ قليل الكربون حسب المواصفة الامريكية (ASTM). وجد إن الصلادة تزداد ومعدل البلى يقل مع زيادة نسب التدعيم. ان متانة الالتصاق لنترات السيليلوز (232 Pa) اكبر من سيليكات الصوديوم (171 Pa) لنسبة التدعيم (3 wt.%). وقد اظهرت اختبارات التآكل الكيميائي والكهروكيميائي ان نترات السيليلوز هي اكثر مقاومة للتآكل من سيليكات الصوديوم لنسبة التدعيم (3 wt.%).

الكلمات المفتاحية: التآكل, سيليكات الصوديوم, نترات السيليلوز, اوكسيد المغنسيوم النانوي, التآكل الكيميائي و الكهروكيميائي.

المقدمة

التآكل هو عبارة عن تلف المادة بواسطة التفاعل الكيميائي والكهروكيميائي مع الوسط المحيط بها الذي يكون في حالة تلامس مباشر معها سواء كان هذا الوسط الهواء الجوي او محيط كيميائي آخر وفي أي درجة حرارة كانت [1]. التآكل يحدث في جميع انواع المعادن وإن تأثير الجسيمات الصلبة للوسط المتحرك السائل على المعدن تكون كبيرة وإن الحركة المستمرة لهذه الجسيمات تعمل على إزاحة الطبقة البيئية الواقية من نواتج التآكل الموجودة بين السائل والمعدن [2,3]. يكون التآكل طبقة صدأ على سطح المعدن تكون مسامية في أغلب الاحيان تؤدي الى إضعاف المعدن وتقليل متانته وسمكه ويخلق حفر ومن ثم ثقب تؤدي الى التلف [4]. تعددت اشكال التآكل وزادت انواعه مع التقدم التكنولوجي والنمو السريع في اشكال المعدات والمكانن ووضعها في تماس مع مواد كيميائية وتحت ظروف تشغيلية مختلفة إضافة الى زيادة تلوث البيئة والوسط الخارجي [5]. يمكن تقسيم خسائر التآكل الى مباشرة وهي خسائر كلفة المادة المتأكلة وتكاليف الصيانة والاستبدال , وخسائر غير مباشرة وهي خسائر الانهيار والتلف واحتمال الخسارة في الارواح [6]. وتقدر ما تصرفه الصناعة النفطية في العالم بليون دولار امريكي يوماً لحماية المعدات من التآكل وتبلغ المبيعات السنوية للأصباغ لحماية المعدن من التآكل حوالي 3000 مليون دولار امريكي [5].

ففي عام (2011) قام الباحثان (جليل كريم و نبأ) [7] بترسيب طبقة الطلاء (Zn-Ni) كهربائياً على نماذج من الفولاذ واطى الكربون من محلول طلاء قاعدي التركيب وبسبك طلاء مختلف وقد تم استخدام تقنية فلورة الأشعة السينية (XRF) لمعرفة نسب مكونات طبقات الطلاء من الخارصين والنيكل , كما استخدمت تقنيته حيود الأشعة السينية (XRD) للتحليل الكيميائي لمكونات طبقات الطلاء. ولقد اظهرت نتائج (XRF & XRD) ان الطور المترسب كهربائياً على عينة الفولاذ الكربوني هو الطور (δ) (singal phase), وقد ظهر هنالك تناقصاً مستمرا في الوزن مع زيادة فترة التعرض للمحلول الحامضي والمحلول الملحي وماء الحنفية الاعتيادي وكانت الزيادة الكبيرة في الفقدان بالوزن للمحلول الحامضي. ولقد وجد إن طبقة التغطية (Zn-Ni) توفر حماية ضد التآكل للنموذج الفولاذي المطلي بها وذلك بسبب مقاومة هذه الطبقة للوساط التآكلية المختلفة.

وفي عام (2015) قامت الباحثة (سجى) [8] بتحضير عدداً من متراكبات سيليكات الصوديوم المدعمة بدقائق الكرافيت المايكرومي مرة ودقائق الكربون النانوي مرة اخرى بنسب تدعيم وزنية (1-5%) لمعالجة تآكل ابراج التصفية النفطية وقد وجدت إن صلادة السطح تزداد مع زيادة التدعيم للمسحوقين وإن معدل البلى للسبيكة المدروسة ينخفض تدريجياً مع زيادة نسب التدعيم وللمسحوقين ايضاً , بينما تنخفض مع زيادة نسب التدعيم بالنسبة للكربون النانوي , وقد ظهر ان عملية طلاء السبيكة بسيليكات الصوديوم يؤدي الى زياده مقاومة التآكل الكهروكيميائي وقد ابدت المادة المترابطة المدعمة بالمسحوق المايكرو اعلى مقاومة للتآكل للمحلول الحامضي اللاعضوي HCl ذو التركيز (1%) مما هو عليه في متراكبة النانو.

وفي عام (2016) استخدم الباحث (منى) و زملاؤها [9] قوالب الصب بالجابضية لدراسة السلوك الكهروكيميائي لسبيكة (Al-17%Si) في محلول (3.5 wt% NaCl) بواسطة اضافة معدن المغنيسيوم للسبائك وبنسب مختلفة. وتم فحص التركيب المجهرى للسبائك بواسطة المجهر الالكتروني الماسح والمجهر الضوئي. وقد استخدم جهاز المجهد الساكن من اجل دراسة اسلوب التآكل. ولقد وجد ان اضافة معدن

المغنيسيوم يزيد من مقاومة التآكل وان اقل معدل للتآكل هو للسبائك (1% MgO) وافضل مقاومة للتآكل النكري هو للسبائك (9% MgO, 4.5% MgO).

وفي عام (2017) بين الباحث (مصطفى) و زملاؤه [10] تأثير استخدام انابيب الكربون النانوية المضافة بنسب وزنية مختلفة الى مسحوق (Al-9wt%Si) للحصول على مادة متراكبة واستخدامها كطلاء واقى لسبيكة الالمنيوم-سليكون-مغنيسيوم (AA6061-T6) بطريقة رش البلازما. وقد استخدم اختبار الاشعة السينية (XRD) والمجهر الالكتروني الماسح (SEM) للتعرف على الاطوار واختبار التآكل بطريقة تافل الاستقرائية في وسط ماء البحر. ولقد وجد ان زيادة النسبة الوزنية لأنابيب الكربون النانوية يؤدي الى زيادة معدل التآكل.

ان هدف دراستنا ايجاد مثبطات من مواد عضوية او لاعضوية تعمل على حماية الخزانات النفطية من التآكل الكيميائي الحاصل فيها, ثم اخضاعها لأختبارات التآكل المطلوبة ومن ثم تقييمها لكون الانتاج النفطي يخلق تحدي فريد من نوعه في مجال اختبارات التآكل وذلك لعدم وجود بيئة كيميائية ثابتة, وبالتالي فإن بيئات انتاج النفط هي بيئات معقدة ومتغيرة لذلك فإن امكانية تثبيط العمليات التآكلية والتحولت التي تطرأ على الخزانات النفطية ذو الطبيعة المعدنية لها مردودات اقتصادية لما توفره من اموال طائلة.

الجزء العملي

تم استخدام معدن نوع (St-37) في البحث الحالي وبعد تحليل المعدن المستخدم كيميائياً وبأستخدام جهاز المطياف الموجي (Thermo ARL 3460) (Spectrometer OE) الالمانى المنشأ, وكما هو موضح في الجدول (1), ومن خلال هذا التحليل يكون تصنيف الفولاذ هو (St-37) وهو فولاذ قليل الكربون بحسب المواصفة الاميركية (ASTM).

جدول (1) التركيب الكيميائي للعينة المستخدمة

Chemical Composition	Analytical %
C	0.16
Si	0.07
S	0.02
P	0.01
Mn	0.71
Ni	0.001
Cr	0.04
Mo	0.08
Cu	0.01

تم تهيئة العينات وذلك بأخذ قطعة معدنية معرضة للتآكل قياس (50cmX50cm) من احد الخزانات الخارجة عن الخدمة وبسمك (6mm), ومن ثم تم تقليل سمك (قشط) القطعة المعدنية الى (3mm) بواسطة جهاز (Wagner) الالمانى المنشأ.

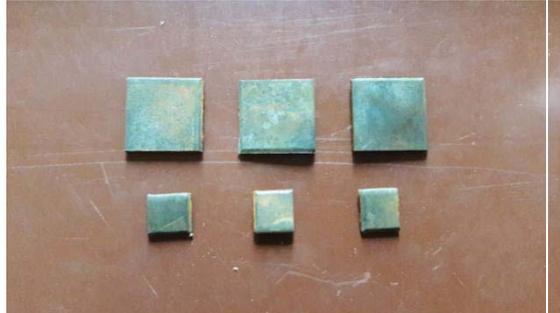
وقد تم تقطيع القطعة المعدنية بعد تقليل السمك الى مجموعتين (1.5cmX1.5cm) و (3cmX3cm)

وكما موضح بالشكل (1), بواسطة جهاز (Niagara) الالمانى المنشأ.



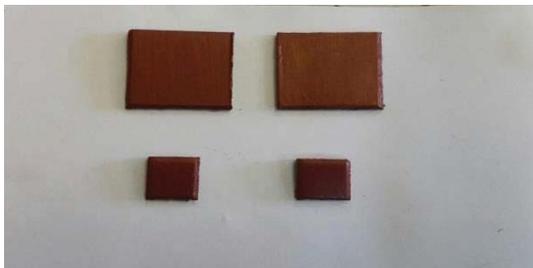
شكل (1) صورة فوتوغرافية (العينات بعد التقطيع)

وتم فحص صلادة الفولاذ المستخدم قبل البدء بعملية الكربنة بجهاز قياس الصلادة هو (Test Innova) هولندي المنشأ في الشركة العامة للصناعات الفولاذية, وكانت صلادة الفولاذ هي (Hardness=130 HB) وبناءً على هذه القيمة يعتبر المعدن من المعادن المعتدلة الصلادة. وعند البدء بعملية الكربنة تم وضع العينات في بوتقة حديدية وقد غطيت بالفحم ووضعت في الفرن الحراري , والشكل (2) يظهر شكل العينات بعد الكربنة. وقد تم فحص الصلادة بعد الكربنة لثلاث درجات حرارية (850, 900 & 950) درجة مئوية ولمدة ثلاث ساعات.



شكل (2) صورة فوتوغرافية (العينات بعد الكربنة)

وتم طلاء العينات بعد الكربنة بأوكسيد الحديد الاحمر (الطلاء الاساسي) مع استخدام مادة الهيدرازين (0.25غم) لكل (100غم) من الاوكسيد والموضح بالشكل (3).



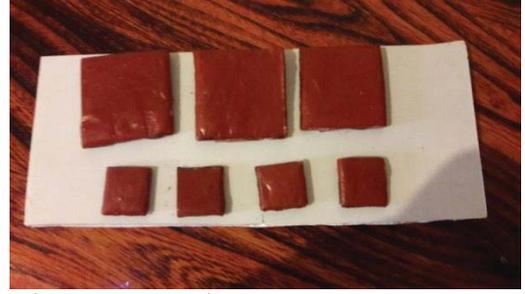
شكل (3) صورة فوتوغرافية (العينات المطلية بأوكسيد الحديد الأحمر)

بعد ذلك فإن العينات المطلية بأوكسيد الحديد الأحمر تم طلائها بمادة سيليكات الصوديوم النقية (الشكل 4) و بنترات السيليلوز النقية (الشكل 5) و بسيليكات الصوديوم المدعمة بمادة MgO بنسب وزنية مختلفة

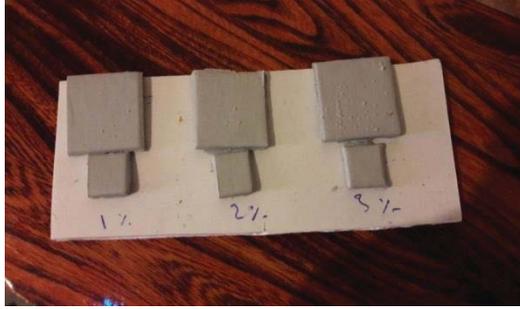
وبمادة نترات السيليلوز المدعمة بمادة MgO بنسب وزنية مختلفة (3 و 2 و 1 wt.%) (الشكل 6) وبمادة نترات السيليلوز المدعمة بمادة MgO بنسب وزنية مختلفة (3 و 2 و 1 wt.%) (الشكل 7).



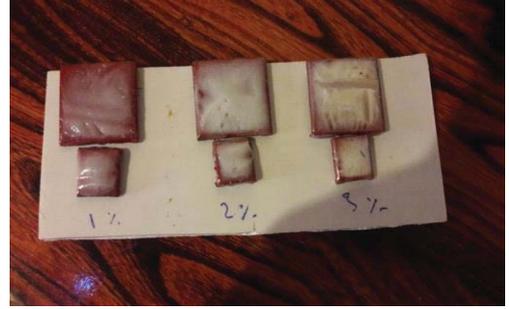
شكل (5) صورة فوتوغرافية (العينات المطلية بنترات السيليلوز النقية).



شكل (4) صورة فوتوغرافية (العينات المطلية بسيليكات الصوديوم النقية).



شكل (7) صورة فوتوغرافية (العينات المطلية بنترات السيليلوز المدعمة).



شكل (6) صورة فوتوغرافية (العينات المطلية بسيليكات الصوديوم المدعمة).

وقيست الصلادة للسيكة بعد الطلاء بطريقة (Shor D Test) والحصول على قيم الصلادة بشكل مباشر من الجهاز. وتم فحص مقاومة البلى (Wear) بالاستعانة بجهاز عراقي المنشأ ذي الترتيب المسمار على قرص (Pin-on-Disc) بتسليط ثقل مقداره (0.5 kg) وبسرعة (500 دورة/ الدقيقة) وثبتت العينة بالجهاز بحيث تبعد عن مركز التدوير بمسافة مقدارها 7cm (نصف القطر) والزمن المستغرق للاختبار 15sec وتم حساب معدل البلى من خلال المعادلة:

$$\text{Wear rate} = (W / S_D) \text{ g/cm} \quad \dots\dots\dots (1)[11]$$

حيث إن :-

W : الفرق بالكتلة للعينة قبل وبعد الاختبار (g).

$$W = W_1 - W_2 \quad \dots\dots\dots (2)$$

S_D : مسافة الانزلاق (cm) وتحسب من العلاقة:

$$S_D = r n t \quad \dots\dots\dots (3)$$

حيث إن :-

r : نصف قطر الانزلاق (cm).

NC : عدد دورات القرص (دورة/ دقيقة).

t : زمن الاختبار (دقيقة).

علماً بأن العينة المأخوذة للاختبار وزنت قبل وبعد الاختبار بميزان حساس لأربع مراتب.

وبالاعتماد على فحص مجهر القوة الذرية Atomic Force Microscope باستخدام جهاز (Compact AFM) ذي المنشأ الألماني تم اختبار السبيكة المطلية بسليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%) وكذلك السبيكة المطلية بنترات السيليلوز المدعمة بنسبة (MgO 3wt.%) لأنها اعطت افضل النتائج في الصلادة ومقاومة البلى مقارنة بنسب التدعيم الأخرى.

واستخدم جهاز المجهر الضوئي (Euromex Nexius Zoom) Optical Microscope ذو منشأ الماني ذو قوة التكبير (6.7-45 X) لمعرفة مدى تجانس طبقة الطلاء لسبيكة مطلية بسليكات الصوديوم بنسبة تدعيم (3wt.%) من مادة MgO واخرى مطلية بنترات السيليلوز بنفس نسبة التدعيم.

تم فحص قوة الالتصاق (Adhesion) لعينة مطلية بسليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%) واخرى مطلية بنترات السيليلوز بنفس نسبة التدعيم بجهاز ذي منشأ أمريكي وهو جهاز متكون من (الدلي) الذي يثبت على سطح العينات المطلية بواسطة مادة صمغية قوية (لاصق الجهاز مادة الايبوكسي)، والمكبس الذي يقوم بفصل الدلي عن سطح العينة وتظهر على شاشة الجهاز القوة اللازمة لعملية الفصل (قوة اللصق).

تم اجراء اختبار مقاومة التآكل الكهروكيميائي (Electrochemical corrosion) لفحص التآكل حيث يثبت الانموذج (عينة مطلية بسليكات الصوديوم واخرى بنترات السيليلوز بنسبة تدعيم (MgO 3wt.%) لأعطاء النتائج المطلوبة من خلال جهاز الحاسوب.

تم فحص التآكل الكيميائي عن طريق غمر (عينة مطلية بسليكات الصوديوم واخرى بنترات السيليلوز بنسبة تدعيم (MgO 3wt.%) بالماء المصاحب للمنتج لمدة (1, 3, 24, 48, 72 & 96) ساعة.

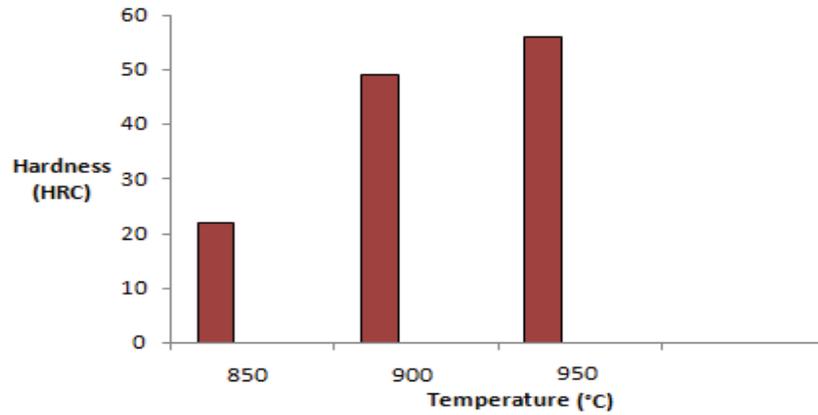
النتائج والمناقشة

1- اختبار الصلادة

من الجدولين (3,2) والشكلين (9,8) نلاحظ إن صلادة السبيكة بعد عملية الكربنة تزداد مع زيادة درجة الحرارة وذلك بسبب زيادة نسبة الكربون في الأوستنايت المستقر مع وجود عنصر السبك الكروم يؤدي الى تكوين كاربيدات الكروم ($Cr_7C_3, Cr_{23}C_6$) على السطح بعد التبريد مما يؤدي الى ازدياد قيم الصلادة وبالتالي القضاء على التشققات الداخلية او التآكل المايكروي (الاثار المتبقية للتآكل) وتهيئة السطح لعمليات الطلاء وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [12].

جدول (2) تغير صلادة سبيكة الفولاذ (St-37) مع ارتفاع درجة الحرارة عند زمن تسخين لمدة 3 ساعات.

Temperature (°C)	Hardness (HRC)
850	22
900	49
950	56

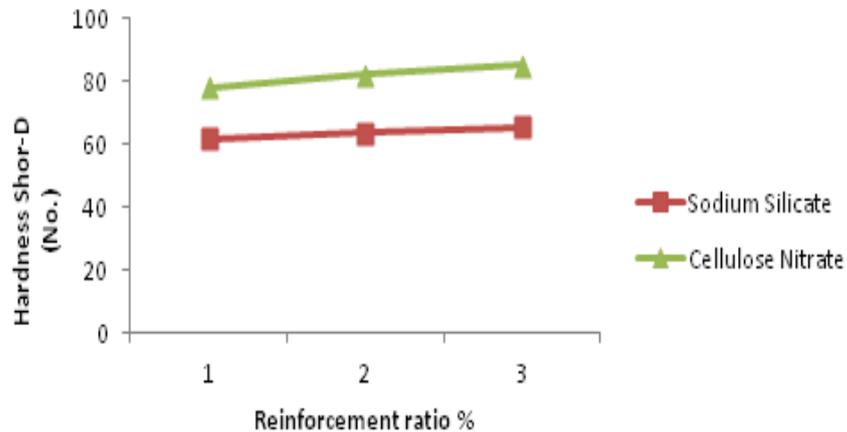


شكل (8) العلاقة بين الصلادة السطحية لسبيكة الفولاذ St-3 مع ارتفاع درجة الحرارة بمعدل زمني ثابت (our).

ومن النتائج الموضحة بالجدول (3) والشكل (9) نلاحظ أن ان مادة نترات السيليلوز اعطت صلادة افضل مع زيادة نسب التدعيم من سيليكات الصوديوم لأن سيليكات الصوديوم نسبة الرمل فيها الى الصودا 2:3 وتسمى بالزجاج المائي (Water glass) وتعتبر من المواد الهشة (Brittle) حيث اعطت حماية كيميائية ضد التآكل بينما نترات السيليلوز اعطت حماية ميكانيكية وكيميائية لسطح العينة. ان زيادة الصلادة مع زيادة نسب التدعيم يعود الى ان المادة النانوية تتغلغل داخل المادة الاساس وهذا يعمل على سد وتقليل الفجوات والفراغات المتكونة اثناء عمليه القولية مما اعطت خصائص ميكانيكية افضل وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [13].

جدول (3) قيم الصلادة السطحية للطلاءات المحضرة مع نسب التدعيم

Reinforcement ratio %	Surface Hardness	
	Sodium Silicate	Cellulose Nitrate
1	61.7	78.3
2	63.7	82.4
3	65.6	85.2



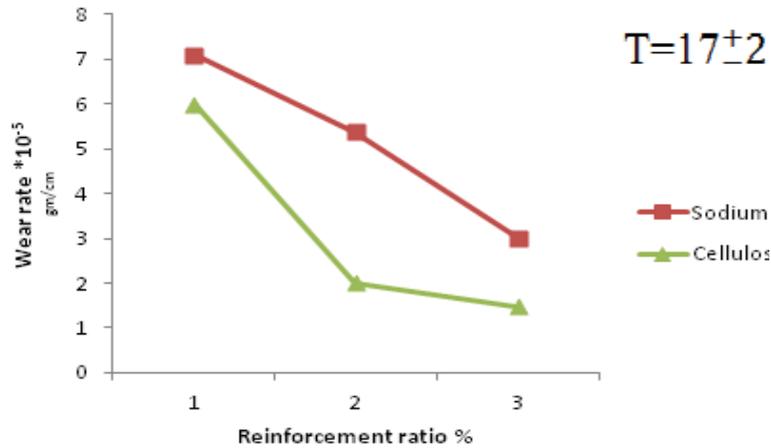
شكل (9) العلاقة بين الصلادة ونسب التدعيم

2- اختبار مقاومة البلى

من النتائج الموضحة بالجدول (4) والشكل (10) ان مع زيادة نسبة التدعيم لسيليكات الصوديوم هناك انخفاض في مقاومة البلى والسبب يعود الى ان السيليكات مادة هشة وان انخفاض الوزن ادى الى انخفاض الاتصال الانزلاقي بين السطوح المتلامسة بين سطح المعدن ومادة الطلاء, بينما مادة نترات السيليلوز اظهرت زيادة في مقاومة البلى مع زيادة نسبة التدعيم مقارنة بطلاءات سيليكات الصوديوم ومعنى ذلك زيادة في معدلات الاتصال الانزلاقي بين السطوح المتلامسة وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [14].

جدول (4) قيم معدل البلى للطلاءات المحضرة مع نسب التدعيم لسيليكات الصوديوم ونترات السيليلوز

Reinforcement ratio %	Wear Rate	
	Sodium Silicate*10 ⁻⁵	Cellulose Nitrate*10 ⁻⁵
1	7.092	6.0018
2	5.38	2.0072
3	3.009	1.484

**شكل (10) العلاقة بين معدل البلى للطلاءات المترابطة ونسبة اوكسيد المغنيسيوم النانوي تحت ظروف تشغيلية ثابتة****3- اختبار متانة الالتصاق**

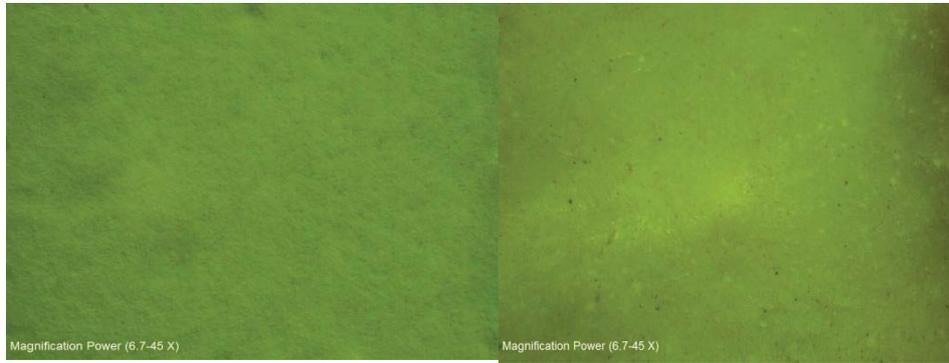
ويبين الجدول (5) قيم متانة الالتصاق لسيليكات الصوديوم ونترات السيليلوز المدعمة (MgO) (3wt.%) وقد وجد أن متانة الالتصاق لنترات السيليلوز افضل من متانة الالتصاق لسيليكات الصوديوم وذلك لان الترابط الميكانيكي لنترات السيليلوز مع سطح الفولاذ هو افضل من ما هو عليه لسيليكات الصوديوم وان مواضع سيليكات الصوديوم عند السطح تكون بمثابة مخازن للمادة اللاصقة المستخدمة في جهاز مقياس قوة اللصق وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [8].

جدول (5) قيم متانة الالتصاق

Samples	Adhesion (Pa)
Sodium Silicate+MgO 3wt.%	171
Cellulose Nitrate+MgO 3wt.%	232

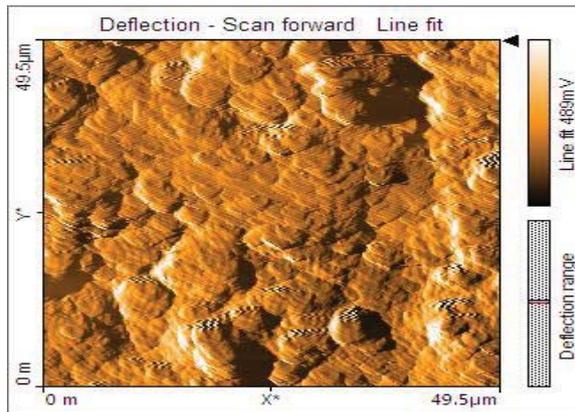
4- التركيب المجهرى للعينات

ومن خلال فحص المجهر الضوئي والموضح بالشكلين (12,11) تم الكشف عن مدى تجانس طبقة الطلاءات المادة المحضرة, ولقد اظهرت الصور المجهرية لمجهر القوى الذرية (AFM) والموضح بالشكل (14,13) ان التدعيم بدقائق نانوية من اوكسيد المغنسيوم يزيد من عملية التجانس, وبالتالي الحصول على خصائص ميكانيكية افضل.

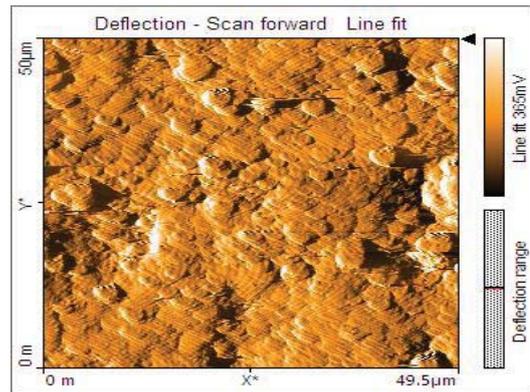


شكل (12) طبيعة سطح مادة الطلاء لنترات السيليلوز المدعمة (MgO 3wt.%)

شكل (11) طبيعة سطح مادة الطلاء لسيليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%)



شكل (14) طوبوغرافية سطح مادة الطلاء لنترات السيليلوز المدعمة (MgO 3 wt.%)



شكل (13) طوبوغرافية سطح مادة الطلاء لسيليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3 wt.%)

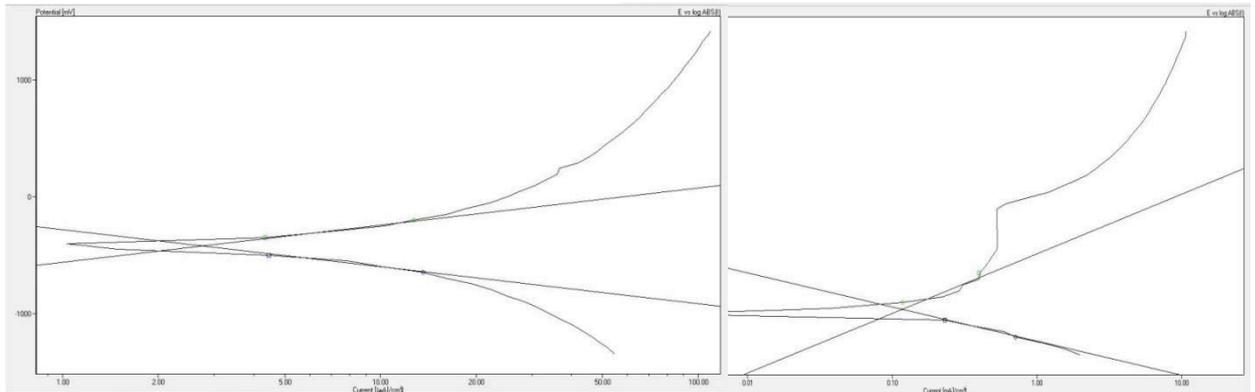
5- اختبار التآكل

اختبار التآكل الكهروكيميائي تم اجراؤه عند جهد ثابت والتيار متغير يتم زيادته عند كل (10 mV) لغاية (+1000 mV) لبيان السلوك الكاثودي والانودي. ان العلاقة بين كثافة التيار (تيار التآكل) وفرق الجهد هي خطية هذا يعني ان زيادة التيار تكون مع فرق جهد ثابت وان اي تغير في فرق الجهد دليل على ان التآكل حدث. ومن البيانات المستحصلة من جهاز التآكل الكهروكيميائي المزود ببرنامج حاسوبي يتم رسم مماسات تمثل السلوك الكاثودي والانودي ونقطة تقاطع المماسات تمثل تيار التآكل. تيار التآكل يحدد بالاعتماد على طريقة تافل الاستقرائية من خلال رسم مماسات للسلوك الكاثودي والانودي للمنحنيات المستحصلة من الجهاز المزود ببرنامج حاسوبي حيث ان نقطة تقاطع هذه المماسات تمثل تيار التآكل وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [15].

من الجدول (6) والشكلين (15,16) نلاحظ ان اعلى معدل تآكل هو لسيليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%) واقل معدل تآكل هو لنترات السيليلوز المدعمة (MgO 3wt.%) وذلك لأن الطلاء المثبت (نترات السيليلوز المدعمة (MgO 3wt.%) يعمل كمادة عازلة ويتأكسده مع سطح الفولاذ واتحاده بالاكسجين يمنع تآكل المعدن وهذا يقلل التفاعل او يوقفه.

جدول (6) قيم التآكل الكهروكيميائي

Samples	Current density $\mu\text{A}/\text{cm}^2$	Weight lose gm/m^2	Penetration lose mm/a
Sodium Silicate+MgO 3wt.%	117.22	29.3	1.36
Cellulose Nitrate+MgO 3wt.%	2.75	0.687	0.0319



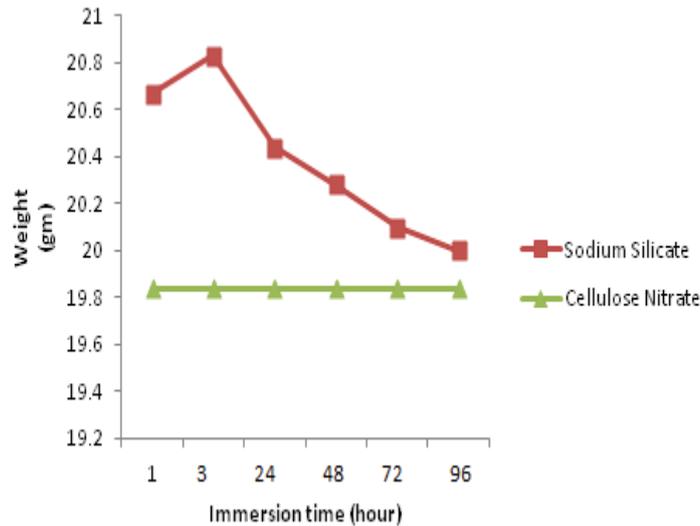
شكل (15) التآكل الكهروكيميائي لسيليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%)
شكل (16) التآكل الكهروكيميائي لنترات السيليلوز المدعمة (MgO 3wt.%)

الجدول (7) يوضح قيم التآكل الكيميائي ومن الشكل (17) نلاحظ ان اعلى معدل تآكل هو لسيليكات الصوديوم (MgO 3wt.%) واقل معدل تآكل هو لنترات السيليلوز المدعمة (MgO 3wt.%) وذلك لان جهد اختزال نترات السيليلوز المدعمة (MgO 3wt.%) يقع تحت جهد اختزال الفولاذ في السلسلة الكيميائية وبهذا تعمل كطبقة واقية تقلل من معدل التآكل على عكس سيليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%) التي جهد

اختزالها يقع فوق جهد اختزال الفولاذ بالسلسلة الكيميائية وانخفاض مقاومة البلى وبالتالي لم تُكون طبقة واقية للفولاذ. اما سبب ارتفاع المنحني عند زمن غمر ساعة و3 ساعات لسيليكات الصوديوم وتعتبر هذه المنطقة منطقة مج بوليمري (Polymer grout) يحصل عندها زيادة في الوزن وذلك بسبب تغلغل الماء سريعاً خلال السلاسل البوليمرية مما يؤدي الى زيادة التشابك الكيميائي بينها وكلما زادت كثافة الترابط التشابكي قلت قابلية البوليمر على الامتصاص وكلما ازداد الفرق بالتركيز بين السائل والمنطقة التي سوف يتغلغل خلالها فان سرعة الانتشار تكون اعلى وفق قانون فك للانتشار وهذا يتفق مع ما توصل اليه الباحث [16].

جدول (7) قيم التآكل الكيميائي

Immersion time (hour)	Weight lose (gm)	
	Sodium Silicate +MgO 3wt.%	Cellulose Nitrate +MgO 3wt.%
1	20.67	19.84
3	20.83	19.84
24	20.44	19.84
48	20.28	19.84
72	20.1	19.84
96	20	19.84



شكل (17) العلاقة بين خسارة الوزن وزمن الغمر لنترات السيليلوز وسيليكات الصوديوم المدعمة (MgO 3wt.%)

الاستنتاجات

- 1- ان الخواص الميكانيكية تزداد مع زيادة درجة حرارة الكربنة بسبب القضاء على التشققات الداخلية او التآكل المايكروي وتزداد ايضا مع زيادة نسبة التدعيم بالمواد النانوية لسيليكات الصوديوم و نترات السيليلوز بسبب تغلغل المادة النانوية داخل السلسلة البوليمرية.
- 2- من الممكن تقليل تأثير التآكل بواسطة خلط مادة الهيدرازين مع الطلاء الاساسي (او اكسيد الحديد الاحمر) التي ساعدت على سحب الاوكسجين.
- 3- ان متانة التصاق سيليكات الصوديوم اقل من نترات السيليلوز لانها من المواد الهشة (والتي تسمى بالزجاج المائي) مما ادى الى انخفاض الاتصال الانزلاقي بين سطح المعدن ومادة الطلاء.
- 4- ان مقاومة التآكل الكيميائي والكهروكيميائي لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ St-37 المطلية بنترات السيليلوز المدعمة بأوكسيد المغنيسيوم بنسبة 3% تزداد اذ ما قورنت بمقاومتها للتآكل في حال طلاؤها بسيليكات الصوديوم المدعم بأوكسيد المغنيسيوم بنسبة 3%.

المصادر

1. H. U. Herpert, "The Corrosion Handbook", John Wiley and Sons, Inc., (2014).
2. محمد عبد اللطيف احمد, "ايجاد معدل فرق الوزن للاسطح المعدنية المعرضة للتآكل بوجود الاهتزاز (تآكل-اهتزاز)", مجلة الهندسة والتكنولوجيا, العدد 20, (2012).
3. L. L. Shrier, "Corrosion Metal / Environment reactions", Great Britain, Butterworth Hejne Mann, 3rd edition, (2000).
4. R. Dina, "Evaluation of Mixed Corrosion Inhibitors in Cooling Water System", Journal of Petroleum Research & Studies, No. 5, (2012).
5. احمد رشيد محمد الكيلاني, "وقاية المعادن من التآكل", مطابع شركة الاديب, عمان – الاردن, الطبعة الثانية, (2009).
6. قحطان خلف الخزرجي و عبد الجواد محمد الشريف, "التآكل-أسبابه – حدوثه – طرق الحماية منه", دار دجلة, عمان – الاردن, الطبعة الاولى, (2010).
7. J. C. Murad and N. R. Satar, "Protective the carbon steel from corrosion by coating (Zn-Ni) alloy", The Iraqi Journal For Mechanical And Material Engineering, No.1, (2011).
8. سجي اياد كاظم, "تحضير مواد متراكبة مدعمة بالكربون لمعالجة تآكل ابراج التصفية النفطية", رسالة ماجستير, الجامعة التكنولوجية/ قسم العلوم التطبيقية, (2015).
9. M. Abbass, K. Hassan and K. Ameen, "Effect of Magnesium Addition on Corrosion Resistance of Aluminum-17%Silicon Alloy", Al-Khwarizmi Engineering Journal, No. 4, (2016).
10. Mustafa K. Ismeal, Kharia S. Hassan and Hussian A. Hussian, "Corrosion Behavior of Nanocomposite Al-9 wt% Si Alloy Reinforced with Carbon Nanotubes", Al-Khwarizmi Engineering Journal, No. 1, (2017).
11. M. S. Dresselhaus, G. Dresselhaus and P. C. Eklund, "Science of Fullerenes and Carbon Nanotubes", Academic Press, (1996).
12. امين دواي ثامر, "دراسة تأثير المعاملات الحرارية الكيميائية السطحية على الخواص الميكانيكية لفولاذ (40 Cr)", مجلة الهندسة والتكنولوجيا, العدد 8, (2008).
13. محمد سعيد وحيد و سدير موفق مجيد, "الخواص الميكانيكية لمتراكب ذات اساس من الالمنيوم", مجلة الهندسة والتكنولوجيا, العدد 15, (2009).
14. A. D. Sarkar, "Wear of Metals", Pergamum press, (1976).
15. F. F. Sayyid, A. Abdul Munim Ali and W. Adel Tawfek, "Evaluation of Corrosion Resistance of Medium Carbon Steel Using Different Protection Methods ", Journal of Engineering and Technology, No. 7, (2012).
16. H. F. Hassan, "Improvement of local novolac and studying some thermal, mechanical properties and erosion resistance", MSC thesis, university of technology, (2007).