

## دراسة خصائص متراكبات سليكات الصوديوم كحاجز وقائي يفصل بين بطانة ابراج

### التصفية النفطية والابخرة الكيميائية للنفط الخام

سجى اباد كاظم

[saja.alabassi@yahoo.com](mailto:saja.alabassi@yahoo.com)

ماجستير علم المواد

قسم العلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية

أ. رولا عبد الخضر عباس

استاذ

قسم العلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية

د. سلام حسين علي

استاذ مساعد

قسم العلوم التطبيقية- الجامعة التكنولوجية

### الخلاصة

تم دراسة الصلادة السطحية، مقاومة البلى، قوة الالتصاقية، مقاومة التآكل الكهروكيميائية والموصلية الحرارية لطلاءات مكونة من سليكات الصوديوم المقواة بمسحوق الكرافيت المايكروي مرة والكاربون النانوي مرة اخرى وينسب وزنية تتراوح بين (1-5%) بغية تغطية وحماية ابراج تكرير النفط. لقد اظهرت نتائج المقارنة بأن الطلاءات المترابطة المدعمة بالكاربون النانوي تتفوق في مقاومتها للغرز، البلى الميكانيكي و الالتصاقية وخصوصاً عند النسبة 5% و 1% على طلاءات مترابطة الكرافيت المايكروي، كما خلص البحث الى نتائج واضحة هو انه يمكن تأخير تقادم الفولاذ المقاوم للصدأ 304 للتآكل بسبب الابخرة النفطية باستعمال الطلاءات المترابطة حسب نوع التدعيم وهذا يتوافق مع النتائج الحقلية عند وضع النماذج المحضرة في اعلى برج التقطير.

كلمات رئيسية: سليكات الصوديوم، المواد المترابطة، ابراج التصفية النفطية، مسحوق الكاربون، المواد النانوية، التآكل الكهروكيميائي، الصلادة، البلى الميكانيكي، متانة الالتصاق، الموصلية الحرارية.

## Study the Properties of Sodium Silicate Composite as a Barrier Separating Between the Internal Oil Distillation Towers and Chemical Fumes of Crude Oil

### ABSTRACT

The study of surface hardness, wear resistance, adhesion strength, electrochemical corrosion resistance and thermal conductivity of coatings composed from sodium silicate was prepared using graphite micro-size particles and carbon nano particles as fillers respectively of concentration of (1-5%), for the purpose of covering and protecting the oil distillation towers. The results showed that the sodium silicate coating reinforced with carbon nano-powder has higher resistance to stitches, mechanical wear, adhesive and thermal conductivity than graphite/sodium silicate composite especially when the ratio 5% and 1%, the electrochemical corrosion test confirmed that the coating process of stainless steel 304 lead to increasing the corrosion resistance, where the reinforcing of sodium silicate lead to a significant improvement in the corrosion resistance, the corrosion resistance behavior change depending on the type of reinforcement material, this is consistent with the field test results.

## 1- المقدمة:

يعرف التآكل (Corrosion) بأنه تلف جزئي أو كلي يحدث للمعدن أو السبيكة من حيث المظهر أو الاداء بسبب التفاعل الذي يحدث بين المعدن أو السبيكة مع الاجواء المحيطة به سواء كانت غازية أو سائلة، وهناك عوامل كيميائية وفيزيائية كثيرة تؤثر على معدلات التآكل مثل تركيز الاملاح والغازات المذابة والحرارة وغيرها (الكيلاني، 2008). التآكل ظاهرة نراها في حياتنا اليومية، فمثلاً طبقات وترسبات ذات لون اصفر على الارض النحاسية كذلك ظهور طبقات على نوافذ وابواب المنازل المصنوعة من فلز الحديد، كل هذه الظواهر هي في الحقيقة نتيجة تأكسد (أي تأكل) الفلز أو السبيكة بسبب تعرضه للظروف المحيطة. ويعد التآكل احدى المشاكل التي تتعرض لها وتعاني منها الكثير من المنشآت البترولية كخطوط نقل البترول والغاز والخزانات وابراج التقطير كما يحدث في الكثير من القطاعات الاخرى الهامة كقطاعات الصناعة والنقل البحري. وذلك لان التآكل يحدث تلف شديد في هذه المنشآت مما ينتج عنه تكاليف ضخمة تتمثل في فواقد الانتاج وبالتالي قلة الكفاءة بالإضافة الى تكاليف تطبيق اساليب مقاومة التآكل. ولاشك في ان البيئة لها دور كبير في تنشيط التآكل اذا كانت تحمل عناصر مساعدة للتآكل. فمياه البحر مثلاً فيها اكثر من سبعين عنصراً اهمها ايونات كلوريد الصوديوم والكالسيوم وايضاً الكبريتات، وهي تشكل اكثر من 99% بالوزن من الاملاح الذائبة. كذلك التربة المذابة فيها املاح ومواد عضوية مختلفة تحتوي على انواع كثيرة من البكتريا. كذلك المياه الطبيعية (مياه الانهار ومياه الابار ومياه تحت طبقات الارض وغيرها). تحمل معها املاح الكربونات والبيكربونات، كذلك الهواء قد يحمل معه ذرات مختلفة من الغبار واملاح الصوديوم وغاز ثنائي اكسيد الكربون والرطوبة واخيراً مختلف المواد الحمضية بأنواعها هي بيئات نموذجية للتآكل (Schweizer, 1996). يرى العلماء ان السبب الأساسي لتآكل المعادن واختلاف معدلات التآكل بين معدن وآخر، يعود إلى منشأ هذه المعادن وخواصها ومكوناتها، معظم المعادن، وخاصة المعادن غير الثمينة مثل الحديد والزنك، لا تتواجد في الطبيعة كمعدن نقي ولكن على شكل مركبات كيميائية مثل الأكاسيد والكربونات والكبريتات والتي تسمى عادة بخامات هذه المعادن، وعند استخلاص المعادن النقية من هذه الخامات لابد من بذل مقدار من الطاقة، وبذلك فإن المعدن النقي سوف يكون مجبراً على التواجد في حالة تختلف عن الحالة التي كان عليها في الطبيعة، لذا فإنه يميل إلى ترك هذه الحالة الجديدة المفروضة عليه والعودة إلى الحالة الأصلية أي إلى الخام، هذا في اطار عملية تسمى بالتآكل (Corrosion) (الخرجي واخرون، 2010). لهذا السبب تمكن العديد من العلماء والباحثين من تحضير طلاءات من مواد متراكبة ذات مواصفات هندسية دقيقة والتي تمتاز بالكفاءة العالية تبعاً لنوع المادة الاساس ومادة التسليح والتكنولوجيا المستخدمة بشكل تعمل على منع او تقليل التلف الذي يصيب الفلزات وسبائكها وجاءت بحوثهم لتسليط الضوء قدر المستطاع على اهمية هذه المواد وخواصها الميكانيكية والكيميائية والحرارية. ففي عام 2013 قام الباحث (AL-Atia) باستخدام محاليل جيلاتينية في ترسيب طبقة طلاء سيراميكية نانوية على سطح الفولاذ المقاوم للصدأ بغية تطوير خصائصه البيولوجية زيادة مقاومته للتآكل والبلى. حيث قام بترسيب طبقة طلاء مفردة من الالومينا على نماذج من اربعة محاليل جيلاتينية حضرت بإذابة ايزدبروكسايد الالمنيوم في الماء بتركيز مختلفة من الالومينا. حيث بينت النتائج امكانية الحصول على خصائص حماية واضحة تسهل المقارنة بين انواع الطلاء الرقيق المترسب على اسطح الفولاذ المقاوم للصدأ بطريقة المحلول الجيلاتيني (Al-Atia, 2013). في عام 2013 قامت الباحثة (Huda) واخرون بتحويل و معالجة راتنج الايبوكسي مع بعض المواد المضافة والحشوات مثل السليكا المتطايرة حيث يتراوح قطر الدقائق ما بين (65-55) نانوميتر، دقائق اوكسيد الحديد بمعدل قطر 0.4 مايكرومتر، ملدن، دقائق كربونات الكالسيوم بمعدل قطر

0.65 مايكرومتر لغرض الحصول على مادة متراكبة راتنجية . ولقد أظهرت النتائج المختبرية ان المادة المركبة ذات قوة صدمة و قوة صلادة عالية اضافة الى امكانيتها على مقاومة انحلالها في الماء، المادة المركبة الجديدة تم تطبيقها لاغراض طلاء الاسطح والقطع المعدنية المستخدمة في صناعة الزوارق والقطع البحرية لغرض حمايتها من التآكل , كذلك استخداماتها بما يتلاءم مع بعض التطبيقات التي تدخل في طلاء الناقلات والانابيب النفطية (AL- Pana, et al, 2013). استخدم الباحث (Fadhil) وآخرون في عام 2014 تقنية الرش الحراري لغرض طلاء نماذج من سبائك الفولاذ منخفض السبائكية والتي تستخدم في برج حفر الابار النفطية والغازية استخدم نوعين من المواد السيراميكية كمادة طلاء لمجموعتين من نماذج الفولاذ منخفض السبائكية حيث كانت الاولى زركونيا والثانية الالومينا كذلك استخدم مسحوق متراكب من النيكل -الألمنيوم كمادة رابطة. تم دراسة الصلادة ومثانة الالتصاق لطبقات الطلاء بالإضافة الى معدل البلى للمجموعتين ومقارنتها مع النماذج غير المطلية أظهرت النتائج زيادة في الخواص الميكانيكية ونقصان بقيم معدل البلى للنماذج المطلية مقارنة مع النماذج غير المطلية (Fadhil,2014). اما الدراسة الحالية فهي تهدف الى تقليل من الاثار السلبية الناتجة عن تراكم الابخرة والغازات الحامضية والقاعدية المتدفقة بكميات كبيرة من المكونات النفطية في مادة ابراج التكرير باستخدام طلاءات من مواد متراكبة ذات اساس سيراميكي نوع سليكات الصوديوم (الزجاج المائي) المدعمة بالكرافيت المايكروي مرة والكاربون الاسود النانوي مرة اخرى كأسلوب لزيادة مقاومة مادة البرج (سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304) للتآكل وبذلك اطالة العمر التشغيلي لهذا البرج. كما تهدف هذه الدراسة الى معرفة مدى الانحراف الحاصل في بعض الخصائص الميكانيكية والكيميائية والحرارية للطلاءات السيراميكية المحضرة بفعل تغير نسبة مواد التدعيم الوزنية ما بين (5-1%) لتحديد افضل نسبة تسبب تضاول قدرة هذه الابخرة الحمضية والقلوية على تآكل مادة البرج ومن جانب ثاني خصائص ميكانيكية وحرارية جيدة وعلى وجه التحديد مقاومة البلى والصلادة السطحية ومعامل التوصيل الحراري وقوة الالتصاقية فكلما كانت مادة الطلاء ذات قوة التصاق وصلادة عالية كلما ساعد ذلك في عزل مادة البرج عن الابخرة النفطية.

### معلومات توصيفية نظرية :

#### 1-2 الفولاذ المقاوم للصدأ Stainless Steel

سبائك الفولاذ المقاوم للصدأ يمكن ان تعرف بأنها السبائك الحاوية على اكثر من 12% من Cr. لان نسبة 12% من الكروم تمثل ادنى قيمة لازمه لمنح سبائك الفولاذ مقاوميه كافيه للتآكل بواسطه تكوين طبقة الاوكسيد الخاملة (Passive Oxide Film) على السطح (علم المواد الهندسية، تر، الخرزجي وآخرون 2010) (Kutz,2002). وسبائك الفولاذ المقاوم للصدأ يمكن ان تصنف الى ثلاث مجاميع رئيسيه (الخرزجي وآخرون 2010).

(1) صنف الفريت (Ferrite Grad، 2) صنف المارتنسايت (Martensite Grad، 3) صنف الاوستنايت (Austenite Grad).

#### 2-2 الفولاذ المقاوم للصدأ 304

وهو الصلب الاوستنايتي ذو التركيب الكيميائي موضح في الجدول رقم (1) (Totten and Howes, 2002). ان وجود نسبة 18% من الكروم في هذه السبيكة يجعلها اكثر مقاومه للأكسدة والتآكل. وكذلك وجود نسبة 8% من النيكل يجعلها مقاومه للتآكل الناجم من المواد الكيميائية (Murray,1997).

### 3-2 التآكل الكهروكيميائي للمعادن (Electro- Chemical Corrosion of Metal)

ينشأ هذا النوع من التآكل نتيجة ظهور التيار الكهربائي بسبب التفاعل بين المعدن والالكترونات المحيطة به. تتفصل الايونات الموجبة عن سطح تلامس المعدن وتنتقل الى الوسط المجاور الذي يسمى بالالكتروليت ،. حيث يسمى فرق الجهد المتكون عند سطح تلامس المعدن مع الالكتروليت بالجهد القطبي وهو الدال على مدى ميل المعدن للذوبان، اذ المعادن ذات الجهد الموجب تكون قابليتها للتآكل قليلة اما المعادن ذات الجهد السالب تكون اكثر قابلية للتآكل (الخرجي واخرون، 2010).

#### 4-2 طرق تجنب التآكل:

لا يمكن من الناحية العملية منع التآكل منعاً تاماً الا باحتياطات وتحت ظروف قاسية لا يسهل ايجادها. الا انه يمكن تحسين مقاومة الفلزات والسبائك للتآكل بوسائل عديدة، وبالتالي يمكن حماية المنشآت الصناعية واطالة عمرها، وهذه بعض الطرق الهامة المتبعة (Schweizer, 1996):

- 1) اختيار التصميم المناسب
- 2) تعديل نوعية المعدن
- 3) تعديل وتغيير وسط التآكل
- 4) التغليف المعدني
- 5) الحماية الكاثودية
- 6) التغطية Coating

#### 5-2 التغطية Coating

الغرض من التغطية هو تكوين غشاء مكون من مادة عازلة للكهرباء على سطح المعدن المراد حمايته عن الوسط الالكتروليتي الملامس له والمحيط به وكذلك اعتراض الدائرة (الانودية- الكاثودية) عن طريق ذلك الغشاء ذو المقاومة الكهربائية العالية وبالتالي يضمحل بل يكاد يتلاشى تيار التآكل ، عموماً يجب التأكد هنا من الخصائص التالية لمواد التغطية بأن تكون : جيدة التلاصق، تقاوم اجهادات التربة، لها مقاومة ضد الماء، لها مقاومة كهربائية عالية. كما ان طرق التغطية بالتغليف انواع منها:

- التغطية بشرائط البلاستيك: تستعمل لتغطية المواسير المدفونة تحت الارض وتستعمل عادة شرائط بلاستيك مصنوعة من البولي اثلين عالٍ ومنخفض الكثافة، وكذلك شرائط قطران الفحم.
- التغطية بالدهانات: يوجد نوعان: الاغطية العضوية (البويات المانعة للتآكل) وزجاج السيراميك (الاطية الغير معدنية الغير عضوية)(الكيلاني، 2008).

#### 6-2 طلاء السيراميك Ceramic coating

استعملات السيراميك عديده حيث يستعمل لحمايه الاجزاء المصنوعة من المعادن ومواد البناء الاخرى من التآكل، ومن تأثر درجات الحرارة العالية وكذلك الحك والسوفان العالي مثل النوزلات Nozzles والمشاعل Burners وأيضاً الاجزاء التي تتعرض للزجاج والمعادن الذوابة حيث تزيد مقاومة هذه الاجزاء للحك عند جريان هذه المواد ولدرجات الحرارة العالية التي تتعرض لها. ان عملية الطلاء بالمواد السيراميكية تتم بعدة طرق ومنها طريقه الغمس او التغطيس Dipping ، التريذيد بالبلازما Plasma spraying ، السول جيل Sol-Gel، عمليه الترسيب الفيزيائي للبخار او الترسيب الكيميائي للبخار. حيث ان الاجزاء التي تتم طلاءها بالسيراميك هي الفولاذ ومواد البناء والمواد غيرالفلزية(الكيلاني، 2008).

## 7-2 المواد المتراكبة ( Composite Materials )

المتراكبات بصورة عامة هي عبارة عن مزج مادتين أو أكثر للحصول على مادة جديدة ذات خواص تختلف عن خواص المواد الداخلة في تكوينها في كونها احسن جودة ومميزة فيزيائياً وكيميائياً ولذلك فهي تصنف حسب نوعية المادة الاساس (الطور المضيف Matrix) الى متراكبات (بوليميرية ، معدنية، سيراميكية) وحسب نوعية المادة المدعمة (طور التقوية) (Reinforcement) الى متراكبات مدعمة (بالألياف، بالحشوات، بالقشور، بالدقائق) مرة اخرى (Broutman and Krock, 1978).

## 8-2 التقوية بالدقائق (particulate Reinforcement).

تختلف المتراكبات المدعمة بالدقائق عن تلك المدعمة بالألياف أو القشور في توزيع المضافات، إذ ان توزيع الدقائق يكون عشوائياً أكثر مما هو منتظم، لذلك فإن المتراكبات الدقائقية تمتلك خواصاً موحدة متماثلة في جميع الاتجاهات (Isotropic). ويمكن اجمال انواع المتراكبات الدقائقية كما يلي:

### 1) المواد المتراكبة المدعمة بالتشتيت (Dispersion Composites)

في هذا النوع من التدعيم يكون معدل قطر الدقائق اقل من  $(0.1 \mu m)$ ، والتي تعمل على تقوية مادة الاساس عن طريق اعاقه حركة الانخلاعات خلال عملية التشوه اللدن، ويستخدم هذا النوع من المواد المتراكبة في صناعة المكابس واذرع التوصيل.

### 2) المواد المتراكبة المدعمة بالدقائق (Particulate Composites)

في هذا النوع من التدعيم يكون معدل قطر الدقائق اكبر من  $(1 \mu m)$ ، ويستخدم هذا النوع من المواد المتراكبة في صناعة رؤوس اقلام القطع (Caiiister, 2003).

## 3- الجزء العملي:

### 1-3 المواد المستعملة:

#### أ- المادة الاساس Matrix Material

المادة الاساس المستعملة في العمل الحالي هي سليكات الصوديوم (Sodium Silicate) الزجاج المائي المنتجة محلياً من مخلفات الزجاج للشركة العامه لصناعه الزجاج والسيراميك، اللزوجه Viscosity عند درجه حراره  $(30^{\circ}C)$  هي  $1.426$  سنتي بوايز، نسبة ال  $Na_2O$  هي  $13.92\%$ ، نسبة ال  $SiO_2$  هي  $29.5\%$

#### ب- مواد التدعيم (التقوية) Reinforcement Material

استعمل نوعان من مواد التدعيم لتقوية سليكات الصوديوم وهي:

#### 1- مسحوق النانو كاربون Carbon Nano Powder

بحجم حبيبي  $50 \text{ nm}$  < امريكي المنشاء ، اسود اللون عديم الرائحة.

#### 2- مسحوق الكرافيت Graphite Powder

بمعدل قطر دقائق  $38 \mu m$  < وهو شكل من اشكال الكاربون المتأصلة.

## 2-3 تحضير النماذج:

تضمنت عملية تحضير النماذج ثلاثة مراحل وهي:

أ- تقطيع سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304 بمكائن خاصة بأبعاد تناسب اجهزة الفحص المستخدمة، ثم تنضيف العينات بواسطة جهاز الصقل باستخدام اوراق الصنفرة بحجم 50P المصنوعة من اوكسيد الالمنيوم لمدة 5Min

- ب- تهيئة سليكات الصوديوم  
لجعل سائل سليكات الصوديوم ذو لزوجة مناسبة يسهل عملية خلطه بمواد التدعيم بشكل متجانس بتسخينه الى درجة حرارة (100 °C) في بيكر بواسطة جهاز (Hotplate Stirrer) سرعه 5 دورهالدقيقة لمدته ساعه واحده.
- ج- تضاف دقائق الكرافيت بنسب مختلفه تتراوح (5-1%) الى سليكات الصوديوم المعد وفق الخطوة (أ) ولمدة (25) دقيقة مع بقاء سرعة جهاز (Hotplate Stirrer) (5 دورهالدقيقة) وبدرجة حرارة (50 °C) .
- ونعود الى تكرار الخطوات السابقة ولكن مع اضافة الكربون النانوي وبنفس النسب مع استمرار عملية الخلط لمدة (15) دقيقة.
- د- تطلى عينات الفولاذ المقاوم للصدأ باستخدام قالب قاعدته بلاستيكية تثبت عليه قطعه الفولاذ وتحاط من جهاته الاربعه بمادة زجاجية.

### 3-3 الاجهزة المستخدمة:

- 1- مجهر القوة الذرية تم اجراء الفحص باستخدام جهاز (Scanning probe microscopy (CSPM- (5000)).
  - 2- جهاز روكويل لقياس صلادة الفولاذ المقاوم الصدأ 304 وجهاز Shor-D لقياس الصلادة السطحية لطلاءات الزجاج السيراميكي ومتراكباته ذو المنشأ ايطالي.
  - 3- جهاز مقاومة البلى (Wear) العراقي المنشأ بتسليط حمل مقداره (0.5 kg) وسرعة دوران 500 دورة/ الدقيقة ولمدة (1Min) وينصف قطر انزلاقي مقداره (7cm).
  - 4- جهاز قوة الالتصاقية ذو المنشأ الياباني.
  - 5- جهاز قياس سمك النماذج (Posi Tectir) ذو المنشأ امريكي.
  - 6- جهاز قياس التآكل الكهروكيمياوي بطريقة تأفل ذو المنشأ الالمانى.
- بعد تحضير المتراكبات اجريت الفحوصات التالية:
- 1) فحص مجهر القوة الذرية. (2) اختبار الصلادة السطحية. (3) اختبار معدل البلى . (4) اختبار قوة الالتصاقية .
  - 5) اختبار التآكل الكهروكيمياوي. (6) اختبار الموصلية الحرارية.
- ان من الجدير بالذكر ان جميع الفحوصات السابقة الذكر تأخذ النتائج مباشرة من الجهاز الفاحص الا ان مقاومة البلى يتم الحصول عليها باحتساب معدل البلى من القانون التالي (Wiely and Sons 1965):

$$\text{Wear rate} = \Delta W / S_D \text{ (gm/cm)} \quad (1)$$

علماً أن:  $\Delta W$  - الفرق بالكتلة للعينة قبل وبعد الاختبار (gm).

$$\Delta W = w_1 - w_2 \quad (2)$$

$S_D$  : - مسافة الانزلاق (cm) وتحسب من العلاقة:

$$S_D = 2\pi r n t \quad (3)$$

علماً أن:-

$r$  :- نصف قطر الانزلاق (cm).  $n$  :- عدد دورات القرص (دورة/ دقيقة).  $t$  :- مدة الاختبار (دقيقة).

### 3-4 اختبار حقلي (ميداني):

ان الاختبارات الحقلية يمكن اعتبارها مقياسا لكفاءة المواد المحضرة ، تم اجراء اختبارات لمقاومة الطلاءات المتراكبة المحضرة للتآكل الكيميائي بشكل يحاكي الواقع في وزارة النفط/ مركز البحث والتطوير النفطي.

### 4- النتائج والمناقشة:

#### 4-1 فحص مجهر القوة الذرية (AFM) Atomic Force Microscope

يوفر مجهر القوة الذرية معلومات حول بنية السطح ويتبين من الاشكال (1) و (2) مورفولوجيا Morphology السطح والتي يظهر فيها سطح طبقة مادة الطلاء المكونة من سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت مرة، والكربون النانوي مرة اخرى، بأشكال غير منتظمة والتي تتوزع بشكل عشوائي على السطح بأكمله. حيث اظهرت نتائج الاختبار ان مربع متوسط الجذر والخشونة Root Mean Square (RMS) Roughness لسطح مادة الطلاء المكونة من سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت مرة والكربون النانوي مرة اخرى تزداد مع زيادة نسب التدعيم من (1%-5) كما موضح في الجدول (2) .

#### 4-2 اختبار الصلادة السطحية Hardness Test

لوحظ من الجدول (3) ان قيم الصلادة تبدأ بالانخفاض بعد الطلاء بسليكات الصوديوم مقارنةً بسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304 ثم ترتفع تدريجياً بعد تغليفها بطلاءات من متراكبات سليكات الصوديوم ارتفاعاً يصل الى ادنى قيمة له عند نسبة التدعيم 1% بمقدار (66.75NO.) بالنسبة لمتراكبات سليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق الكرافيت بينما تصل قيمة الصلادة الى (82.36 NO.) عند نفس النسبة الوزنية باستبدال مسحوق الكرافيت بالكربون النانوي. مما يؤكد التأثير الايجابي لعملية التدعيم بهذا النوع من الدقائق وذلك لما تمتلكه من الخصائص على سد وتقليل الفجوات والفراغات المتكونة اثناء عملية القولبة مما يزيد في معامل المرونة للمادة ويزيدها صلادة علاوة على ذلك اعاقه امتداد الشروخ وهذا الميل يعني زيادة المساحة السطحية للشروخ، ومع ذلك فإن زيادة المساحة غير كافٍ لتقدير الارتفاع الحاصل في المتانة (هناك محمد، 2015). والشكل (3) يشير الى تفوق مضافات التدعيم نوع النانو كربون على الكرافيت المايكروني بمقدار (15.61NO.) بالمقارنة مع طلاء سليكات الصوديوم عند نسبه 1% فتتحسن صلاده سليكات الصوديوم، وذلك لان الخصائص الميكانيكية للمواد تتحسن عند استخدام الدقائق ذات الحجم الصغير جداً اقل من 50 مايكرون اذ ان الدقائق الصغيرة اثناء عملية التصنيع تكون سهلة التغلغل الى داخل المادة الاساس المتمثلة بسليكات الصوديوم والى داخل الفراغات البينية والمسامات والتي تتكون اثناء عملية التحضير المتراكب، والذي يؤدي بدوره الى زيادة مساحة التماس ما بين مكونات المادة المتراكبة المحضرة ومن ثم زيادة الترابط فيما بينهما وبشكل متكامل مما يعطي قيم اكثر ايجابية في زيادة مقاومتها للصلادة نتيجة زيادة مقاومتها للتشوه اللدن (اريج رياض وآخرون 2011) . ومع زيادة النسبة الوزنية لمضافات التدعيم ما بين (1-5%) ادت هذه الزيادة الى حصول ارتفاع في قيم صلادة سليكات الصوديوم وصولاً الى نسبه 4% بالنسبة لسليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق الكرافيت المايكروني، بينما يستمر الارتفاع في قيم الصلادة لسليكات الصوديوم المدعمة بالكربون النانوي الى نسبه تدعيم 5%. ولا شك ان السبب في زيادة قيم الصلادة للنماذج المحضرة بإضافة الكرافيت الى سليكات الصوديوم الى اعلى

قيمه لها عند 4% حيث بلغت (79.8 NO.) هو ان دقائق التدعيم تؤدي الى اعاقه حركه الانخلاعات وحدوث التقوية وامكانية الدقائق على مشاركته طور الاساس في تحمل القوى والاجهادات المسلطة عليها وهذا يتفق مع ما جاء به الباحث (Higgins,1973). وعلى الرغم من الدور الايجابي للتدعيم في تحسين صلادة المتراكبات المحضرة الا ان الاستمرار بزيادة النسبة المئوية للكرافيت الى 5% يسبب في هبوط صلادة سليكات الصوديوم الى (75.6NO.) وذلك بسبب ما تخلقه من تركيز للإجهادات غير المرغوب بها حولها، بدرجة تقود الى تكوين فجوات Cavities والتي تظهر بمظهر التصدعات cracks وبالتالي نقصان متانه المتراكب ونقصان في معامل مرونتها، وهذا التفسير استناداً ما جاء به (Pand and Sharma, 1973) و (Abdul Saheb,2011) ومن ثم يكون سبباً لنقصان صلادة المادة المتراكبة. وفي دراسة للباحث (Subhranshu and Smurtisaha, 2008) ذكر ان اضافة الكاربون النانوي يغير الحجم الحبيبي للمادة الناتجة وبالتالي فأن قيم الصلادة تتغير حيث ان التغيرات الحاصلة في المادة الناتجة كبيره وتؤثر على الخواص الميكانيكية للمتراكب الناتج وعليه فأن وجود مسحوق الكاربون النانوي في جسم السيراميكي (سليكات الصوديوم) يعمل على رفع الصلادة نتيجة لزيادة المقاومة للتشوه اللدن والذي امتد الى نسبة 5%، حسب زيادة التداخل والتراص والذي يعرض حركه جزيئات سليكات الصوديوم الى الانخفاض، الامر الذي يؤدي الى زيادة المقاومة للخدش (Scratching) والقطع والتشوه اللدن (Nassier,2013).

#### 4-3 اختبار معدل البلى Wear Rate

يوضح الجدول (4) زيادة معدل البلى لمادة سليكات الصوديوم غير المدعمة على سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304 غير المطلية بسليكات الصوديوم بمقدار ( $8\text{ gm/cm}^3 * 10^{-8} * 60.864$ ) في حين ينخفض معدل البلى عند طلاء السبيكة بهذه المادة اللاصقه المدعمة بالكرافيت عن السبيكة بدون طلاء بحوالي ( $8\text{ gm/cm}^3 * 10^{-8} * 10.2315$ ) عند التدعيم بأفضل نسبة من الكرافيت ويستمر معدل البلى بالانخفاض اكثر بعد طلاء السبيكة بسليكات الصوديوم المدعمة بلكاربون النانوي عن السبيكة من دون تدعيم يقدر بحوالي ( $8\text{ gm/cm}^3 * 10^{-8} * 10.6176$ ) عند التدعيم بأفضل نسبة من الكاربون النانوي. ويعزى سبب ذلك الى ان عملية الطلاء بسليكات الصوديوم فقط يصاحبها زياده شديده في التشوه اللدن وتكسر في الطبقات تحت السطحية (Subsurface- Layers) وعند تدعيمها بدقائق الكرافيت المايكروبي والكاربون النانوي تعمل المادة الدقائقيه كعوائق لتشوية المادة الاساس (سليكات الصوديوم) في اثناء التحميل بسبب صلادتها العاليه خصوصاً وانها تؤدي الى زياده جساءه الجسم السيراميكي ومتانته علاوه على تحسين معامل تمدده الحراري (Subhranshu and Smurtisaha, 2008).

الا ان الشكل (4) يشير الى تفوق مضافات التدعيم نوع نانو كاربون على الكرافيت الماكروبي بمقدار ( $8\text{ gm/cm}^3 * 10^{-8} * 11.6336$ ) عند النسبه 1% مثلاً في تحسين مقاومه البلى لسليكات الصوديوم، نظراً لقدرة الدقائق النانويه بحجمها الصغير على خفض معدل البلى والذي نستنتج منه بأن مقاومة البلى ترتبط بشكل مباشر بمتانة وتماسك المتراكب بعلاقه طردية وكلما تحسن ارتباط او تماسك الكتل المتراكبه كلما انخفض معدل البلى او فقدان المادة، اذ ان اضافة الدقائق النانوية والتوزيع المنتظم لتلك الدقائق يقلل المسافة بين الجسيمات او الجزيئات وبالتالي تزداد مقاومة المادة للبلى والخدش لان المادة اصبحت اكثر تراص (Gautam,2015).

كما نلاحظ من المنحنيات المعروضة بالشكل (4) انخفاض معدل البلى لسليكات الصوديوم المدعمة بدقائق الكرافيت بزيادة نسبة المواد المضافة حيث بلغت اعلى قيمة لمقاومة البلى ( $8\text{ gm/cm}^3 * 10^{-8} * 0.9045$ ) عند النسبه الوزنيه 4% وذلك لان حبيبات الكرافيت لها قدرة عالية على ان تعمل كمزيت (Antifricion Material) تحت ظروف التشغيل الجافة حيث لا تملك ايه قيمة لمعامل الاحتكاك أي يكون معامل الاحتكاك قريباً للصفر وفي هذه الحالة قد



نتوقع ان تكون درجة حرارة السطح المحتك واطئة نسبياً اذ قورنت بدرجة حرارة السطوح المعدنية اوالسيراميكية ببعضها، علاوة على ذلك ان حبيبات الكرافيت تملك قدرة عالية على تبريد نفسها وبذلك تساهم في تقليل معدل البلى (سعد حميد واخرون 2009) (اسراء عبد القادر وياقر، 2009). ولكن من المؤكد ايضاً ارتفاع النسبة الوزنية اعلى من 5% يؤدي الى ضعف مقاومة البلى وذلك لان هذه الاثار تمت بصلة مباشرة مع المتانة والتماسك الميكانيكي للمركب كما هو مذكور سابقاً. بينما في نطاق سليكات الصوديوم المضاف لها دقائق الكاربون النانوي تزداد مقاومة البلى مع زيادة النسبة المئوية حيث بلغت اعلى قيمة لها حوالي ( $0.5 * 10^8 \text{ gm/cm}$ ) ضمن النسبة 5% للاسباب السابقة الذكر.

#### 4-4 اختبار قوة الالتصاق Adhesive Test

بصورة عامة يحدث الفشل في المادة اللاصقة سليكات الصوديوم غير المدعمة الخاضعة لفحص السحب اومتانته اللصق بتحطيم الارتباطات والقوى المسؤولة عن ميكانيكية الالتصاق وفيها مايلي:

قوى فاندر فالز (Vander Wall) والتي تكون اكثر فعالية بين اللواصق (Adhesive) والمادة الملصوقة (Substrate)، وقوى الترابط الكيميائي (Chemical Bonding) والتي تعطي نوع من التقوية للالتصاق والذي يتحقق عندما تمتلك المادة المتأثره (Substrate) مجاميع كيميائية (Chemical Groups) تتفاعل مع اللاصق (Adhesive)، وقوى التشابك الميكانيكي (Mechanical Inter Locking) (رولا عبد الخضر، 2007).

الا ان لطبيعة المواد اللاصقة والمادة المتأثرة (الملصوقة) تأثير كبير على القوى السابقة الذكر، فمع اضافة حبيبات الكرافيت المايكروني مرة والكاربون النانوي مرة اخرى الى المادة اللاصقة (سليكات الصوديوم) تزداد متانته الالتصاق كما هو موضح في الجدول (5). لما تمتلك هذه الدقائق من خصائص سابقة الذكر. علاوة على ذلك لخشونه المادة تأثير كبير على متانة اللصق للمقطع المربوط حيث تختلف النعومة المثالية للربط باختلاف المادة ونوعها وطريقه تصنيعه (Buz, 1993). اذ بينت النتائج المستحصلة من مجهر القوة الذرية كما هو مبين في الجدول (2) ان خشونة مادة الطلاء (سليكات الصوديوم) تزداد مع زيادة نسب التدعيم، لذلك تزداد متانة اللصق لمادة سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت مع زيادة نسب التدعيم من (5-1%) لتصل الى اعلى قيمة لها (3.45Mpa) عند النسبه 5% كما هو موضح في الشكل (3). حيث تهشمت المادة الصمغية المستخدمة في الفحص (لاصق الجهاز) ولم تتفصل طبقة الطلاء عن سطح السبيكة برغم من تكرار الاختبار عدة مرات وهذا يدل على جودة اللصق لجميع العينات (صالح كريم 2010). ويعد ان تبين الدور الايجابي لخشونة سطح الطلاء في زيادة قوة الالتصاق وهذا ماتميزت به سليكات الصوديوم المدعمة بدقائق الكرافيت المايكروني. الا ان متراكبات سليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق النانو كاربون تظهر عكس ذلك، حيث تزداد خشونه المادة مع زيادة نسب التدعيم لكن متانته اللصق تزداد مع زيادة نعومه طبقة الطلاء حيث كانت اعلى قيمة لمتانة اللصق (4Mpa) عند النسبه 1% كما هو موضح في الشكل (5). ان سبب زياده متانته اللصق مع زيادة النعومه يرجع الى ان مواضع سليكات الصوديوم المدعمة بالكاربون النانوي عند السطح تكون بمثابة مخازن لمادة لاصق جهاز مقياس قوه اللصق وتزداد ازاله ماده المركبه من السطح ليحل محلها لاصق الجهاز الذي ادى الى زياده في قوه اللصق مع زياده النعومه وهذا يتفق مع (صالح كريم 2010).

#### 4-5 اختبار مقاومة التآكل الكهروكيميائي Electrochemical corrosion

اوضحت النتائج المستحصلة من هذا الاختبار جدول تغير كثافة التيار لكل نوع من انواع الطلاءات المحضرة مقارنة مع السبيكة المراد تغليفها بهذه الطلاءات، وهذا يعني ان كثافة التيار هو مقياس لمقاومة التآكل الكهروكيميائي علاوة على جهد التآكل (السالب). وتشير المعلومات العملية المستحصلة من الجدول (6) أن كثافة التيار لمادة الطلاء نوع سليكات الصوديوم وصلت الى ( $5.77 \text{ nA/cm}^2$ )، وهذا يدل على تحسن مقاومة التآكل

بشكل كبير جداً مقارنةً مع السبيكة من دون طلاء، ويعود ذلك الى تكوين جلاتين السيلكا نتيجة سلسلة من التفاعلات بين حامض الهيدروكلوريك وسليكات الصوديوم وتكون طبقة او قشرة تعمل مع مرور الزمن على حماية السطح من الخارج (العبيدي، 2009)، فضلاً عن تكون املاح الصوديوم كنتيجة للتفاعل حامض الهيدروكلوريك مع مكونات السيلكا لتكوين طبقة قلوبية (Thomas,1999). كما ان عملية الطلاء بسليكات الصوديوم المدعمة بدقائق الكرافيت المايكروبي بنسب تدعيم من 1% الى 5% قد اعطت افضل النتائج، إذ اظهرت تحسن ملحوظ في مقاومة السبيكة للتآكل مقارنةً مع السبيكة من دون طلاء وايضاً مع السبيكة المطلية بمادة سليكات الصوديوم وحدها او من دون تدعيم وهذا يمثل زيادة في تحمل السبيكة واطالة عمرها التشغيلي وبطريقة اقتصادية وذلك لان سليكات الصوديوم والكرافيت مواد رخيصة الثمن ، إذ ينخفض التيار مع زيادة نسب التدعيم حتى يصل الى اقل قيمه له ( $1.06 \text{ nA/cm}^2$ ) عند نسبه تدعيم 3% وجهد التيار ( $-94.1\text{mv}$ ) كما موضح في الشكل (6). ان انخفاض كثافة التيار لمادة الطلاء هذه بالمقارنة مع الفولاذ غير المطلي بحوالي ( $868.55\text{nA/cm}^2$ ) يدل على المقاومة العالية لطبقة الطلاء وذلك لان الكرافيت يمتاز بمقاومة جيدة للتآكل في الاوساط الحامضية والمركبات العضويه وغير العضويه لذلك فوجوده ادى الى تحسن في مقاومة المادة للتآكل، ويمكن اعتبار التآكل الكهروكيميائي الحاصل في طبقة الطلاء شرح من خلال تشكيل اكاسيد الكاربون على السطح في مواقع منفصلة (Iken and Basseguy,2007). كما ان جهد التآكل للفولاذ غيرالمطلي اكثر سالبية (أي بمعنى اقل جهد تآكل) من الفولاذ المطلي بسليكات الصوديوم المدعمه بلكرافيت الفرق حوالي ( $47.2\text{mv}$ ) وهذا يعني ان وجود دقائق الكرافيت تجعل طبقة الطلاء اكثر نبلاً لضمان افضل حماية للخصائص (عبد الواحد كاظم واخرون، 2010). اما عملية الطلاء بمادة سليكات الصوديوم المدعمة بدقائق الكاربون النانوي اظهرت تحسن بمقاومه التآكل مقارنةً مع سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304، ولكنها اعطت انخفاضاً في مقاومتها للتآكل مقارنةً مع السبيكة المطلية بسليكات الصوديوم من دون تدعيم، حيث تقل كثافته التيار مع زياده نسب التدعيم حتى وصل الى اقل قيمه لها ( $10.60 \text{ nA/cm}^2$ ) عند نسبه تدعيم 5% اذ انخفضت كثافته التيار بحوالي ( $859.55 \text{ nA/cm}^2$ ) بالمقارنه مع الفولاذ المقاوم للصدأ كما هو موضح في الشكل (6)، وذلك لان الكاربون يتأكسد ويكون ثنائي اوكسيد الكاربون عند تسليط فولتية اعلى من القيمة القياسية ( $0.207\text{v}$ ) (Sayyid et al 2015)، حيث ان وجود اوكسيد الكاربون تكون طبقة عازلة تمنع ذوبان المعدن واتحاده بالاكسجين وبالتالي توقف التفاعل او تقلله (Liu,2006). وكذلك ان جهد التآكل للفولاذ غير المطلي بطبقة الحماية يكون اكثر سالبية من الفولاذ المطلي بسليكات الصوديوم المدعمة بلكاربون النانوي الفرق حوالي ( $106.2 \text{ mv}$ ) وهذا يعني ان وجود دقائق الكاربون تجعل طبقة الطلاء اكثر نبلاً لضمان افضل حماية للخصائص (عبد الواحد كاظم واخرون 2010).

#### 4-6 اختبار الموصلية الحرارية Thermal Conductivity

ظهرت النتائج المستحصلة ان طلاء سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304 بمادة سليكات الصوديوم ادى الى خفض التوصيلية الحرارية بمقدار ( $13.47 \text{ W/m.k}$ ) وانخفضت اكثر بعد تقوية طلاءات السليكات الصوديوم بمسحوق الكرافيت مرة والكاربون النانوي مرة اخرى، فقيمة (k) لسليكات الصوديوم غير المدعمة بالمسحوق تقدر ( $1.13 \text{ W/m.k}$ ) عند درجة حرارة الغرفة ( $23^{\circ}\text{C}$ ) في حين قيمتها لطلاء سليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق الكرافيت ( $0.1909 \text{ W/m.k}$ ) و ( $0.09135 \text{ W/mk}$ ) لمسحوق النانو كاربون عند النسبة 1% وكما مبين في الجدول (7) وذلك يعود الى حقيقة ان هذه المساحيق ذات تركيب مسامي وعلية عندما تحتوي الطلاءات المحضرة على فراغات هوائية فأنها تصبح ذات موصلية اقل لأن اسواء انواع الموصلات الحراريه هي الغازات (هناء محمد،

(2005). ومن الملاحظ من الشكل (7) ان طلاء سليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق الكرافيت تتفوق في توصيلها الحراري على الطلاء المدعم بالنانو كاربون والتي تزداد مع زيادة النسبة الوزنية من 1% الى 5% بمقدر (0.9291 W/m.k)، ويرجع ذلك الى مقاومة الكرافيت العاليه للصدمة الحرارية وارتفاع الموصلية الحرارية الذي ينجم عن ذلك زيادة متانتها بارتفاع درجات الحرارة مع ثباته النسبي مقارنة بمسحوق اسود الكاربون النانوي (Lee et al,2015).

ومن الطبيعي ان زيادة نسبة المواد المدعمة لطلاء سليكات الصوديوم سواء كان بمسحوق الكرافيت او الكاربون النانوي يعمل على زيادة الموصلية الحرارية فمثلاً زيادة نسبة الكاربون النانوي من 1% الى 5% يؤدي الى رفع الموصلية الحرارية لطلاء سليكات الصوديوم بمقدار (0.7956 W/m.k) من خلال زيادة الجزيئات المساهمة في تشكيل السلاسل والتجمعات الذي يميل الى تكوينها اسود الكاربون حيث مع زيادة نسبة الكاربون النانوي فأن الجزيئات تلامس بعضها البعض اذ تكون المسافة بين الجزيئات بضع او عدة نانومترا وبذلك فأن التركيب العالي لاسود الكاربون النانوي يبدء في تكوين سلسلة كاربونية موصلة (Carbon Conductive Chains) وبالتالي يعطي قيم توصيل حراري عالي (Abdul Razak et al,2009) (Hamza et al,2013).

#### 5- الاستنتاجات:

ان هذه الدراسة اظهرت بأن هناك العديد من الخصائص التي تبين امكانية استخدام متراكبات سليكات الصوديوم كحاجز وقائي يفصل بين بطانة ابراج التصفية والابخرة الكيميائية للنفط الخام وعليه يمكن تمييز اربع استنتاجات وكالاتي تشير الى ما يلي:

1- تساهم مواد التدعيم الماكرويه وكذلك النانويه في زياده صلاده سليكات الصوديوم ومقاومتها للبلي التي تزداد بزيادة نسب التدعيم .

2- تسبب خشونة طبقة الطلاء في حدوث زيادة قوة التصاق هذه الطبقة على سطح بطانة ابراج تكرير البترول.

3- تتسارع مقاومة التآكل الكهروكيميائية لبطانة برج التصفية النفطية في التحسن مع كافة انواع الطلاءات المنجزة الا ان طلاء سليكات الصوديوم المدعم بـ 3% من مسحوق الكرافيت يعد ترتيبه الاول بين الطلاءات في مقاومة التآكل الكهروكيميائي.

4- تدعيم سليكات الصوديوم بالكرافيت المايكروي والكاربون النانوي ادى الى خفض التوصيلية الحرارية التي تزداد مع زياده نسب التدعيم.

**\*شكر وتقدير:** اتقدم بالشكر والامتنان الى جميع منتسبي مركز البحث والتطوير النفطي لجهودهم ودعمهم الكبير واخص بالذكر الاستاذ صلاح مهدي علي.

#### 6- المصادر:

- 1- Abdul Saheb, D., "Aluminum Silicon Carbide and Aluminum Graphite Particulate Composites", Arppn Journal of Engineering and Applied Sciences", Vol.6, No.10, PP.45, 2011.
- 2- Abdul Razak, A. A., Salah, N. J. and W. Abdul Kazem, "Electrical and Thermal Properties of Epoxy Resin Filled With Carbon Black", Eng.&Tech. Journal, Vol.27, No.11, PP.(2223-2224), 2009.



- 3- Al -Atia, M. H. J., " Comprehensive Electrochemical Evaluation of Protective Coatings Properties by Sol-Gel Route for Stainless Steel Corrosion", Journal of Engineering and Technology, Vol 31,No.4,PP(71-72),2013.
- 4- Al Pana, H. A., Fakry, N. A. and Hussain. N.A, "Composite Resin Coating for The Protection of Surfaces and Metals", Iraqi Journal of Science, Vol. 54,.No .1, PP110,2013.
- 5- Broutman, L. J. and Krock, R. H., "Composite Materials", Mechanics of Composite Materials, Volume 2,1974.
- 6- Buz, K. T., "Recent advances in bonding to gold, amalgam and porcelain", Journal of Clin. Orthod, No. 27, PP (661-665), 1993.
- 7- Callister, W. D., "Materials Science and Engineering An Introduction", Sixth Edition, John Wiley and Sons, Inc., 2003.
- 8- Chyad, F. A., Hamood, A. F. and Faiq, L. S., " Effect of Thermally Sprayed Ceramic Coating on Properties of Low Alloy Steel", Journal of Engineering and Technology, Vol 32,Part A No.10,PP2568,2014.
- 9- Gautam,R. and kar, K.K., "The Effects of Nano- Sized Carbon Black Content and The Particale Size on The Properties of Carbon /Phenolic Composite Bipolar Plates", Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), Vol.2, No.2, PP.(195-196),2015.
- 10- Hamza, M. S., Majeed, A. H. and Kareem, H. R., " Enhancing Thermal and Water Absorption Properties of Unsaturated Polyester and Epoxy by Nano carbon Black Powder ", Eng. &Tech. Journal, Vol.31,Part(A), No.12, PP.(2314-2315), 2013.
- 11- Higgins, R. A., "Engineering Metallurgy, London,1973.
- 12- Iken, H., Basseguy, R. and Guenbour, b. A. and Bachir, A. B.," Classic and local analysis of corrosion behavior of graphite and stainless steels in polluted phosphoric acid", Electro chemical Act 52 (2007).
- 13- Kutz, M., "Handbook of Materials Selection", John Wiley & Sons, 2002.
- 14- Lee, S. M., Su Kang, D. and Roh, J. S.," Bulk graphite materials and manufacturing process", Carbon Letters Vol. 16, No. 3,Pp 135, 2015.
- 15- Murray, G., "Handbook of Materials Selection for Engineering Applications", CRC Press,1997.
- 16- Nassier, A.H.N, "Studying The Effect of Nano carbon black on Mechanical Properties of Unsaturated Polyester Resin", "The Iraqi Journal for Mechanical and Material Engineering", Vol.13, No.4, PP.789, 2013.



- 17- Pand, J. and Sharma, D., "Fracture toughness of Short Glass Fiber and Glass Particles hybrid", Fiber and Technology, Vol.21, No.4 ,PP.(307-317) 2011.
- 18- Sayyid, F. F., Ali, A. M. and Tawfek, W. A, " Evaluation of Corrosion Resistance of Medium Carbon Steel Using Different Protection Methods ", Journal of Engineering and Technology, Vol 30, No.7, PP158, 2012.
- 19-Schweitzer, P. A, "Corrosion Engineering Handbook", Second Edition – 3 Volume Set, CRC Press,1996.
- 20- Subharnashu, S. S. and Smurutisikha, B., "Carbon Nanotube Ceramic Matrix Composites", Journal of Minerals & Materials Characterization &Engineering, Vol.7, Na.4,PP(366-367),2008.
- 21- Thomas, H., "Acid Resistant Cement Composition", U.S. patent No.5989330, 1999.
- 22- Totten, G. and Howes, M.," handbook of residual stress deformation of steel",Asm International, 2002.
- 23- Wiely, O. J. S., "fraction and wear of materials" Inc, New York (1965).
- 24- Yu Liu," Chemistry of Novel Nano Scale Carbon Materials: Nano Diamond and Carbon Nano-Onions",ProQuest Information and Learning Company, 2006.
- 25- الخزرجي، قحطان خلف، الشريف، عبد الجواد محمد، " التآكل "، مطبعة دار دجلة، الطبعة الاولى، 2010.
- 26 ترجمة: الخزرجي، قحطان خلف، الساعدي، عباس خماس الساعدي، صباح خماس، "علم المواد الهندسية"، مطبعة دار دجلة، الطبعة الاولى، 2010.
- 27- اريج رياض سعد ، سه وينج نور الدين، "دراسة الخصائص الميكانيكية لمترابكات البولي اثلين المدعم بدقائق مسحوق الصدف"، "مجلة الهندسة والتكنولوجيا المجلد. 29 ، العدد.15، الصفحة. 611 ، 2011.
- 28- اسراء عبد القادر، مريم عبد العظيم باقر، " تأثير اضافته دقائق الكرافيت على مقاومه البلى ومعامل الاحتكاك لسبيكة البراص الفا"، مجلة الهندسة والتكنولوجيا المجلد. 27، العدد.9، الصفحة.23، 2009.
- 29- العبيدي، وليد يونس، "تحضير ماده رابطة مقاومة للحوامض اللاعضوية باستخدام صخور الكوارتزايث العراقي"، مجلة علوم الرافدين، المجلد 20، العدد 4، الصفحة 107، 2009.
- 30- الكيلاني، احمد رشيد محمد، "وقاية المعادن من التآكل"، مطبعة شركه الاديب ، عمان، 2008.
- 31- رولا عبد الخضر عباس، " تحضير مادة لاصقة مدعمة بدقائق الكرافيت ودراسة خواصها الميكانيكية والكهربائية والحرارية"، مجلة ام سلمة للعلوم، مجلد 4، العدد 20، 2007.
- 32- سعد حميد نجم ، عمار جبار بدر، اسيل هادي حمزه، "تأثير نسبه الكرافيت على مقاومة البلى لسبيكة النيوم\_ سليكون"، مجلة القادسية للعلوم والهندسة، مجلد.2، العدد.2، رقم الصفحة. 75، 2009.
- 33- صالح كريم وحيد، " تأثير خشونة السطح على قوة ربط نحاس عالي التوصيل باستخدام الايبوكسي " مجلة ديالى للعلوم الهندسية - عدد خاص الصفحة. (35-36)، 2010.



- 34- عبد الواحد كاظم راجح، السلطاني، كاظم فنطيل، احمد فاضل حمزة، "حماية الالمنيوم من التآكل باستخدام مثبت عضوي جديد"، مجلة جامعة بابل، العلوم الصرفة والتطبيقية ، العدد.2، المجلد 18، الصفحة.795، 2010.
- 35- هناء محمد علي مجيد، "دراسة السلوك الميكانيكي والحراري لمادة متراكبة من الصوف الصخري"، رسالة ماجستير، قسم العلوم تطبيقية-الجامعة التكنولوجية، 2005.

جدول(1) يوضح التركيب الكيميائي لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304.

Grade%	C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	N
304	-	-	-	-	-	17.5	-	8.0	-
	0.7	0.2	0.75	0.045	0.030	19.5		10.5	0.10
304L	-	-	-	-	-	17.5	-	8.0	-
	0.30	0.2	0.75	0.045	0.030	19.5		12.0	0.10
304H	0.04	-	-	-	-	18.0	-	8.0	-
	0.10	0.2	0.75	0.045	0.030	20.0		10.5	



جدول (2) مربع متوسط جذر الخشونة لسليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت المايكروي مرة، والكربون النانوي مرة اخرى.

نوع المادة	Root Mean Square(nm)	Roughness(nm)
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +1%G.Powder	1.98	1.72
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +2%G.Powder	2.36	2
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +3%G.Powder	2.8	2.43
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +4%G.Powder	3.55	3.08
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +5%G.Powder	6.83	5.96
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +1%C.Nano	2.11	1.89
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +2%C.Nano	2.21	1.9
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +3%C.Nano	2.32	2.07
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +4%C.Nano	3	2.63
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +5%C.Nano	3.3	2.93

جدول(3)قيم صلادة شورD لمادة سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت مرة والكربون النانوي مرة اخرى عند النسب الامثل ومقارنتها مع صلادة روكويل لسبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304.

نوع الفحص	الصلادة السطحية
نوع المادة Stainless steel 304 Rockwell Hardness(MPa)	80
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> Shore D Hardness(NO.)	44
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +5%C.Nano Shore D Hardness(NO.)	90.96
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 4%G.Powder Shore D Hardness(NO.)	79.8

جدول(4) قيم معدل البلى للفولاذ المقاوم للصدأ 304 ولسليكات الصوديوم، ولمتراكبات سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت المايكروي مرة والكربون النانوي مرة اخرى عند النسب الامثل.

نوع الفحص	نوع المادة	معدل البلى $10^{-8}$ (wear rate) (gm/cm)
Stainless Steel 304		11.368
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		72
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +5%C.Nano		0.5184
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +4%G.Powder		0.9045

جدول (5) قيم متانة اللصق لسليكات الصوديوم، ولمتراكبات سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت الماكروي مرة والكاربون النانوي مرة اخرى عند النسب الامثل.

نوع المادة	نوع الفحص	قوة الالتصاقية (MPa)
Stainless steel 304		-
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		1.938
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +1%C.Nano		4
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 5%G.Powder		3.45

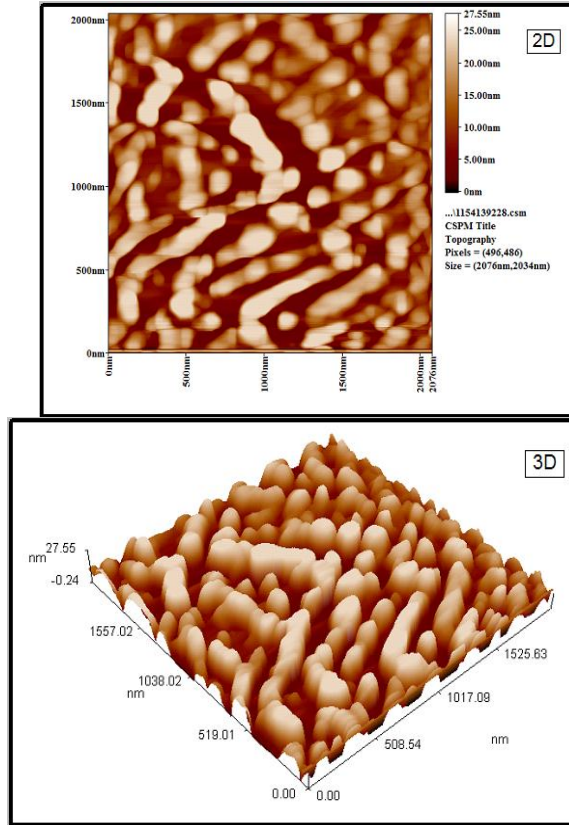
جدول (6) قيم كثافة تيار التآكل الادني (معدل التآكل الاقل) لمتراكبه سليكات الصوديوم المدعمه بلكرافيت مره والكاربون مره عند النسب الافضل، ومقارنتها مع الفولاذ من دون طلاء وطلاء سليكات الصوديوم بصوره منفردة.

نوع المادة	نوع الفحص	كثافة تيار التآكل (nA/cm <sup>2</sup> )	جهد التيار (mv)
Stainless steel 304		869.55	- 141.3
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		5.77	-102
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +5%C.Nano		10.60	-35.1
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +3% G.Powder		1.06	- 94.1

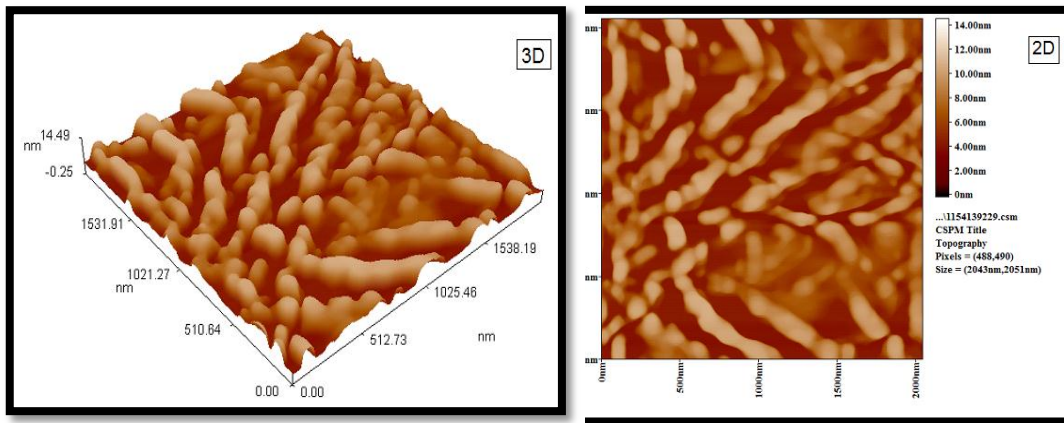
جدول (7) تعيين التوصيلية الحرارية لسليكات الصوديوم وسليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت المايكروي مرة والكاربون النانوي مرة اخرى عند النسب الامثل، ومقارنتها مع سبيكة الفولاذ المقاوم للصدأ 304.

نوع المادة	نوع الفحص	التوصيلية الحرارية (W/m. <sup>0</sup> k)
Stainless steel 304		14.6
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>		1.13
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> +1%C.Nano		0.09135
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> + 1%G.Powder		0.1909

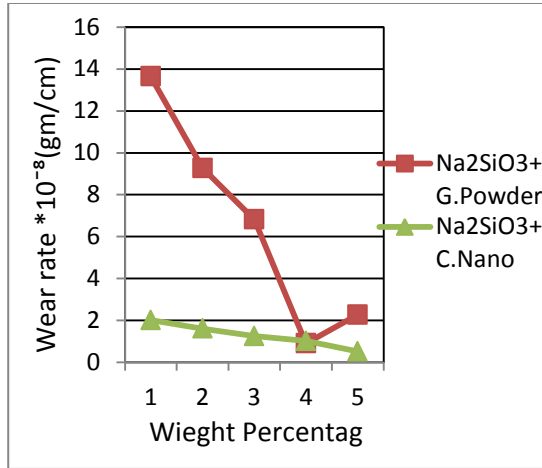




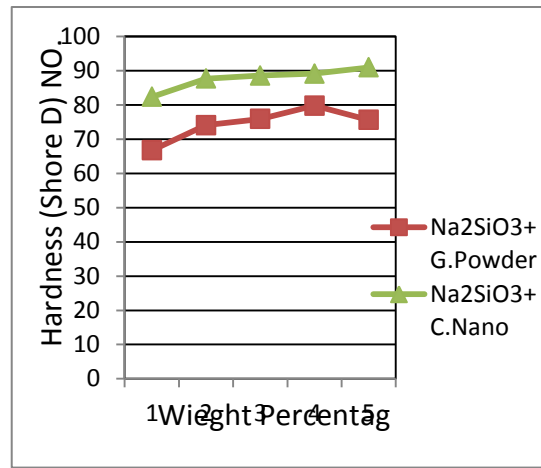
شكل (1) صورة 2D,3D لسليكات الصوديوم المدعمة ب 5% من الكرافيت بواسطة مجهر القوة الذرية .AFM



شكل (2) صورة 2D,3D لسليكات الصوديوم المدعمة ب 1% من الكاربون النانوي بواسطة مجهر القوة الذرية .AFM



شكل (4) تغير قيم معدل البلى لسليكات الصوديوم

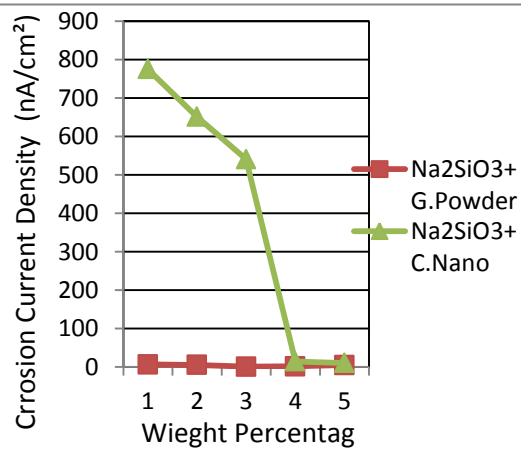
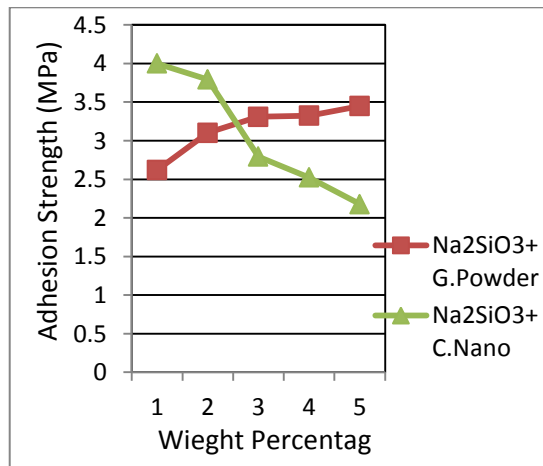


شكل (3) تغير قيم الصلادة لسليكات الصوديوم مع

مع

تغير نسب مسحوق الكرافيت الماكروي مرة ومسحوق الكاربون النانوي مرة اخرى.

تغير نسب مسحوق الكرافيت الماكروي مرة ومسحوق الكاربون النانوي مرة اخرى.

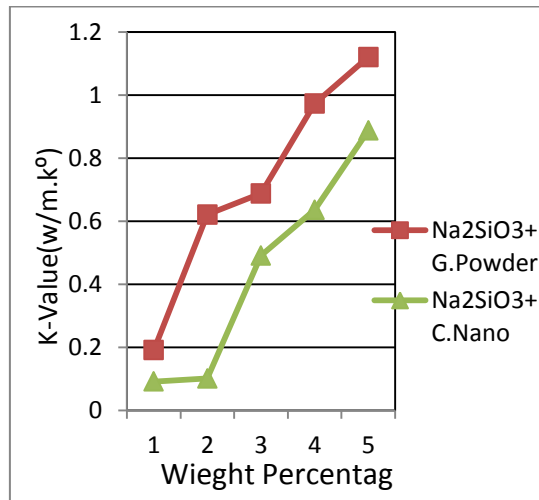


شكل (6) تغير كثافة تيار التآكل لمتراكبة سليكات الصوديوم المدعمة بمسحوق الكرافيت المايكروي مرة

شكل (5) تغير متانة اللصق لسليكات الصوديوم مع تغير نسب مسحوق الكرافيت الماكروي مرة ومسحوق

والكاربون النانوي مرة اخرى.

الكاربون النانوي مرة اخرى.



شكل (7) تغير التوصيلية الحرارية لمتراكبات سليكات الصوديوم المدعمة بالكرافيت المايكروي مرة والكاربون النانوي مرة اخرى.