تحسين الحماية التاكلية للفولاذ باستخدام طلاءات المتراكب النانوي PMMA/TiO_2

محمد عبيد كاظم
جامعة الكرخ للعلوم ,العراق
m.obaid_k@yahoo.com
علي جبر عداي
دائرة بحوث المواد,وزارة العلوم والتكنولوجيا,العراق
محمد حسين علي
دائرة بحوث المواد,وزارة العلوم والتكنولوجيا,العراق

تاريخ استلام البحث:2017/3/29
تاريخ القبول: 2018/4/5
تاريخ النشر: 2018/12/25

الخلاصة

في هذا البحث تم تحضير طلاءات متراكب نانوي ذو أساس بوليمري من البولي مثيل ميثاكريلايت PMMA مدعم بدقائق أوكسيد التيتانيوم النانوية بمعدل حجم حبيبي 75 nm وبنسب اضافة (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 wt%). رسبت الطلاءات على سطوح الواح من الفولاذ الكربوني باستخدام طريقة الغمر وتم تشخيص التركيب الكيميائي للطلاءات المتراكبة باستخدام مطياف الاشعة تحت الحمراء FTIR. إجري أختبار التآكل بواسطة الغمر في محاليل حامضية وملحية عند درجة حرارة الغرفة، وتم قياس مقدار الفقدان في الوزن وحساب معدل التاكل كدالة لزمن التعرض كمعيار لتأثر الفولاذ الكربوني بوسطي التآكل المختلفين. أكدت النتائج إن مقاومة التآكل لطلاءات المتراكبات النانوية PMMA/TiO_2 تبدي تحسنا ملموسا مقارنة بطلاءات البولي مثيل ميثاكريلايت النقية في الأوساط التآكلية الحامضية والملحية.

الكلمات المفتاحية: أوكسيد التيتانيوم النانومتري، طلاءات متراكبة نانوية، مقاومة التآكل.

Enhancement of Corrosion Protection of steel by PMMA/TiO_2 Nanocomposite coating

Abstract

In this study polymer based nanocomposite coatings were prepared from Poly methyl methacrylate (PMMA) reinforced by TiO2 nanoparticles with average particle size of 75 nm and with different percentage (0, 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 wt.%). The coatings were applied on carbon steel sheets by dip-coating method. The chemical composition of the nanocomposite coatings was investigated by FTIR spectroscopy. Corrosion behavior of the coated carbon steel has been done by immersion method in acid and salt solutions at room temperature. The weight loss and corrosion rate as a function of exposure time have been measured as an indication for the effect of the carbon steel by different corrosive media. Experimental results confirm that the PMMA/TiO_2 nanocomposite coatings enhanced the corrosion resistance of steel in comparison with pure PMMA coatings in both acid and salt corrosive media.

Keywords: Nano-TiO_2, nanocomposite coatings, corrosion resistance.

كيف تستشهد بهذه المقالة: محمد عبيد كاظم ، علي جبر عداي, محمد حسين علي" تحسين الحماية التاكلية للفولاذ باستخدام طلاءات المتراكب النانوي PMMA/TiO_2،" مجلة الهندسة والتكنولوجيا، المجلد 36، العدد الخاص ، 65-57، 2018.

1.المقدمة

تعد تقنية النانو اليوم واحدة من أهم ميادين البحث العلمي وربما تعد المفتاح العلمي للعديد من المشكلات العلمية، إذ انها توفر امكانية فريدة وغير مسبوقة للتحكم بالذرات والجزيئات لتشكيل مواد وأدوات وعلى المقياس النانوي. يؤكد العلماء إن هذه التقنية ستلقي بظلالها على كافة المجالات التطبيقية وخصوصاً الصناعة بالإضافة إلى الصحة والطب والالكترونيات والنقل والطاقة والبيئة وغيرها [1,2]. ولهذه التقنية الأثر الكبير في إيجاد الحلول الجذرية للعديد من المشاكل الصناعية الصعبة مثل مشكلة التاكل، التي تعد واحدة من اعقد المشكلات التي تعاني منها الدول المتطورة والنامية في العالم على حد سواء، اذ تظهر في العديد من القطاعات الصناعية الهامة مثل تآكل هياكل وانابيب الفولاذ في المنشآت النفطية وأنظمة النقل ويتسبب التآكل في إحداث خسائر أقتصادية هائلة ناتجة عن التوقفات وانخفاض الإنتاج والكوارث البيئية [3-4]. كما لا يسبب التاكل خسائر اقتصادية وعراقيل تقنية فقط ولكنه يحدث حالات مختلفة من الفشل نتيجة التآكل في تراكيب الخرسانة المسلحة والطائرات والسيارات وأنابيب نقل النفط والغاز، وفي حالات أخرى يمكن أن يسبب تأثيراً ضاراً على البشر والبيئة المحيطة بهم [5]. لقد أنتجت الدراسات العديد من طرائق الحماية من التآكل يتعلق أهمها بأختيار المواد الملائمة اوتغيير البيئة المحيطة اوالتصميم المناسب او استعمال طلاءات الحماية [6].

https://doi.org/10.30684/etj.36.4C.6
2412-0758/University of Technology-Iraq, Baghdad, Iraq

لقد جذبت الطلاءات المقاومة للتآكل الأنتباه لعدة سنوات لبساطتها وكفاءتها وكلفها المنخفضة نسبيا، وركزت البحوث على تطوير الطلاءات بحيث تلبي متطلبات مختلفة مثل سهولة التطبيق والاداء العالي وانخفاض الكلفة والقدرة على التحمل لازمان طويلة والملائمة للبيئة [7]. كما لعبت الطلاءات العضوية الدور الرئيسي في الحماية من تآكل المعادن وتم أُستخدامها في العديد من الصناعات وأظهرت مقاومة جيدة للتآكل ولكنها من جانب اخر تعاني من ضعف التصاقيتها بسطوح المعادن وامتلاكها لخصائص ميكانيكية رديئة نسبيا [8]. والطريقة الانسب لتحسين خصائص هذه الطلاءات تتم من خلال إضافة مواد مالئة معينة بخصائص مرغوبة [9]. يعتبر اوكسيد التيتانيوم TiO_2 من المواد السيراميكية التي تمتلك خواص فيزياية وكيميائية فريدة اتاحت استخدامه في العديد من المجالات مثل الطلاءات الانتقائية والخلايا الشمسية، وكذلك استخدمت لتحسين الخواص الميكانيكية والفيزيائية للمواد المتراكبة وفي تحسين مقاومة البلي [11-10]. تتيح المتراكبات النانوية ذات الأساس البوليمري إمكانية الجمع بشكل فعال بين فوائد البوليمرات العضوية مثل المرونة ومقاومة الماء وخصائص المواد اللاعضوية النانوية مثل الصلادة ومقاومة التاكل وبالتالي يمكن تحسين اداء البوليمرات بشكل ملحوظ من خلال إضافات قليلة نسبيا [12]. المتراكبات النانوية تتكون من مواد ذات اطوار نانوية ومواد اخرى والتي تحسن من اداء المواد التقليدية ويتم تصنيعها بمدى واسع من العمليات مثل البلمرة والمحلول-هلام والترذيذ واليزر[13]. قام عدد من الباحثين بتحضير طلاءات لمتراكبات نانوية بوليمرية ودراسة دورها في تقليل التآكل وركزت معظم البحوث على إستخدام بوليمرات الايبوكسي والبولي انيلين لما يمتلكان من مقاومة جيدة للتآكل [15-14]. بينما حاول باحثون اخرون تحسين مقاومة التآكل للبولي مثيل ميثاكريلايت من خلال تدعيمه بمواد سيراميكية مايكروية حيث تم تحضير طلاءات من تدعيم PMMA بدقائق Hexagonal-BN بنسب مختلفة ودراسة تأثير هذه الطلاءات على مقاومة تآكل الفولاذ المقاوم للصدأ وقد لوحظ تحسن في مقاومة التأكل في أوساط تاكلية مختلفة [9]. كما استخدمت طريقة المحلول - هلام في تحضير متراكبات من PMMA و Al_2O_3 وترسيبها على الفولاذ الكاربوني بإستخدام تقنية الطلاء بالبرم وقد أبدت الطلاءات تحسن في مقاومة تآكل الفولاذ الكاربوني [16]. يهدف البحث الحالي الى تحضير طلاءات نانوية متراكبة ذات أساس بوليمري من البولي مثيل ميثاكريلايت وتدعيمها بنسب مختلفة من دقائق اوكسيد التيتانيوم النانوية، ودراسة إمكانية تاثير الإضافات على تحسين الحماية التآكلية للفولاذ الكاربوني في الأوساط الملحية والحامضية.

2.المواد وطرائق العمل

يعد البولي مثيل ميثاكريلات PMMA أحد انواع البوليمرات العضوية ويمتلك الصيغة الكيميائية $[CH_2C(CH_3)(CO_2CH_3)-]_n$ والمادة المستخدمة في البحث هي مسحوق مجهز من قبل شركة SpofaDental اما وأوكسيد التيتانيوم TiO_2 النانوي فهو مجهز من شركة Hongwu Nanometer الصينية بمواصفات حجم حبيبي بحدود 50nm وبنقاوة 99.8%. وتم أختيار سبيكة من الفولاذ الكاربوني كقواعد لدراسة التآكل في أوساط تآكلية مختلفة.

حضرت طلاءات المتراكبات النانوية وفقا للنسب الوزنية الموضحة في الجدول (1) وذلك بإضافة كمية من مسحوق TiO_2 النانومتري في مذيب الكلوروفورم واجراء عملية التشتيت باستخدام جهاز مجس الموجات فوق الصوتية لمدة (10 min.)، يتبعها إضافة الكمية المطلوبة من مسحوق PMMA بشكل تدريجي مع استمرار عملية التشتيت والخلط لمدة (1 hr) بدرجة حرارة الغرفة (27 ^oC) بعدها يترك المحلول لمدة (24 hr) قبل اجراء عملية الطلاء.

جدول (1): النسب الوزنية المئوية لطلاءات المتراكبات $PMMA/TiO_2$.

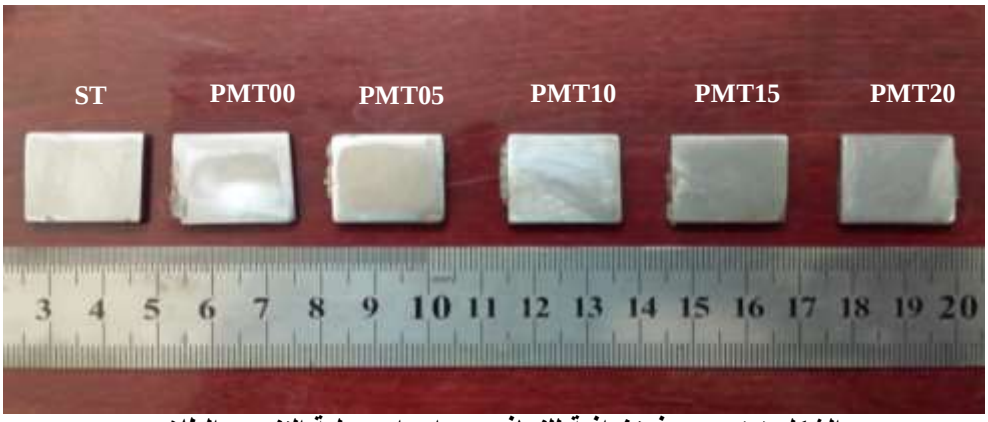
المكونات	رمز النموذج					
	ST	PMT00	PMT05	PMT10	PMT15	PMT20
PMMA wt.%	-	100	99.5	99	98.5	98
TiO_2 wt.%	-	-	0.5	1	1.5	2

تم طلاء نماذج الفولاذ الكاربوني بالمتراكبات النانوية وفق مراحل متعددة، إذ تم تهيئة نماذج من الفولاذ الكاربوني بأبعاد (20x20x3mm) وتهيئة سطوح هذه النماذج بشكل متماثل تقريبا بواسطة عملية التنعيم لإزالة ألصدأ والخشونة السطحية والزوايا الحادة غير المرغوب فيها بورق تنعيم متدرج لغاية درجة 600 وتم غسل النماذج بالماء المقطر وتنظيفها بالكحول وتجفيفها بغاز النتروجين الجاف. تم الطلاء النماذج بتقنية الغمر إذ يغمر النموذج لمدة ثلاث دقائق ثم توضع في الفرن لمدة (4 hr) بدرجة حرارة (70 ^oC). ولغرض إجراء اختبارات التآكل في المحاليل الحامضية والملحية تم تهيئة العينات وفقا للمواصفة القياسية (ASTM G1) واعتمدت الطريقة الوزنية في حساب معدل التاكل لكل نموذج [17]. يتم قياس الوزن الابتدائي للنماذج قبل اجراء اختبارات التآكل في الاوساط المختلفة ثم أجراء اختبارات نماذج المجموعة الاولى بغمرها بشكل كامل في محلول حامضي (1N HCl) لمدة (20 hr) عند درجة حرارة الغرفة (27 ^oC). خلال الاربع ساعات الأولى من تعرض النماذج لوسط التآكل في المحلول يتم رفع النماذج كل ساعة واحدة وتجفف ثم يتم وزنها وإعادتها في المحلول، وبعد إنتهاء مدة تعرض (20 hr) يتم رفع النماذج وتجفيفها وإعادة وزنها النهائي ليتم حساب التغير في الوزن لكل نموذج. اما المجموعة الثانية فقد أجريت عليها إختبارات التآكل بغمرها بشكل كامل في محلول ملحي NaCl 5wt. % لمدة (21) يوم بدرجة حرارة الغرفة (27 ^oC)وبعد انتهاء مدة التعرض لوسط التآكل رفعت وجففت عند درجة حرارة الغرفة وتم قياس وزنها النهائي [9]. أما معدل التأكل فقد تم حسابه وفقا للعلاقة [17]:

$$Corrosion\ Rate\ (mpy) = \frac{3.45 \times 10^6 . W}{A.T.D}$$

حيث: T تمثل زمن التعريض في المحلول (hr)، A المساحة المعرضة من العينة (cm^2)، W الفقدان بالوزن (gm) وD الكثافة (gm/cm^3).

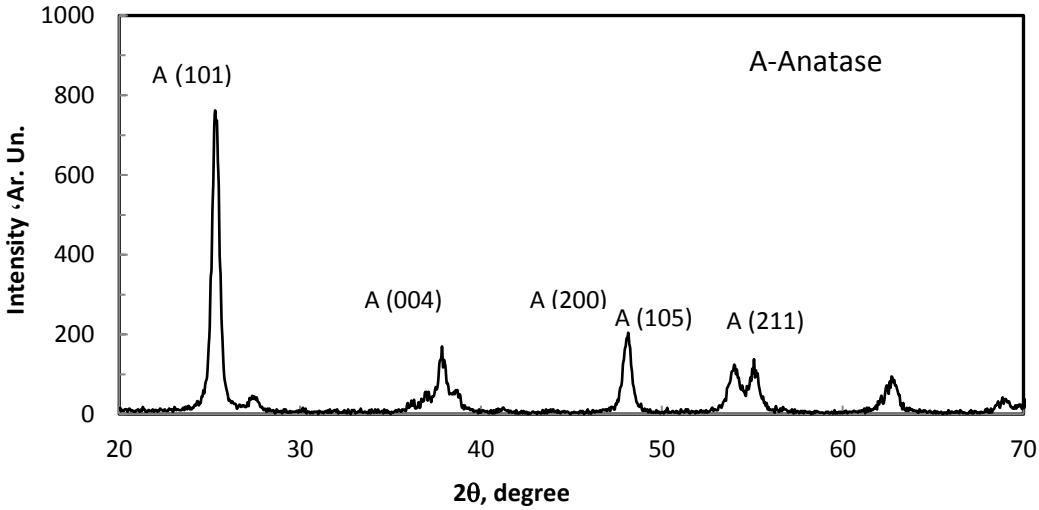
اعتمدت تقنية حيود الاشعة السينية لتحديد التركيب البلوري لمادة TiO_2 النانوي باستخدام جهاز حيود الاشعة السينية نوع: Shimadzu XRD-6000 وتم قياس حجم الدقائق بإستخدام جهاز مجهر قوى الذرات AFM نوع Ntegra NT-MDT. ولغرض تشخيص التراكيب الكيميائية للمتراكبات النانوية تم إستخدام مطياف تحويلات فورير للاشعة تحت الحمراء نوع: FTIR-8400S, Shimadzu كما درست مورفولوجية سطح النموذج قبل وبعد الطلاء بإستخدام المجهر الضوئي نوع: DXM1200F Nikon وتم تحديد سمك الطلاء باستخدام جهاز Erichsen MINITEST 3000. الشكل (1) يبين صور لنماذج الفولاذ الكاربوني قبل وبعد الطلاء بالمتراكبات النانوية والذي يوضح مدى التجانس العالي لطبقة الطلاء على النماذج المعدنية وعدم وجود أية عيوب سطحية.



الشكل (1) صور فوتغرافية للنماذج بعد اجراء عملية التنعيم والطلاء.

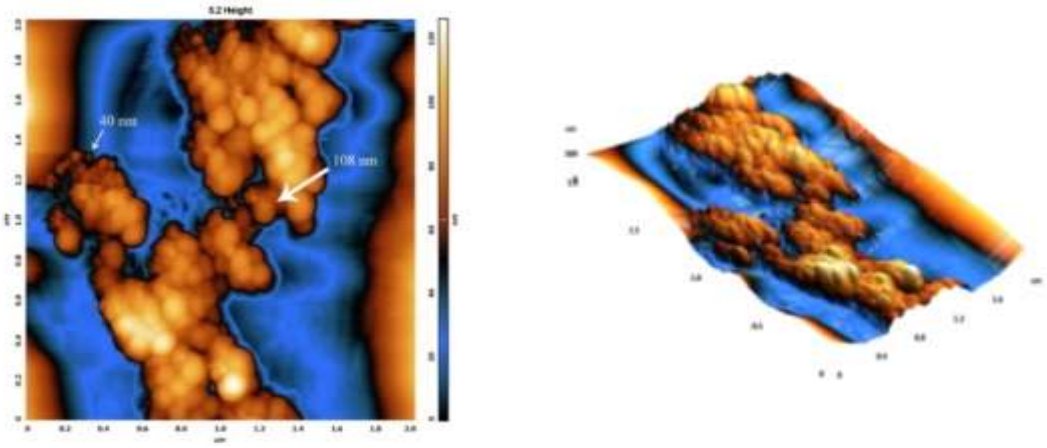
3.النتائج والمناقشة

يوجد ثاني أوكسيد التيتانيوم بثلاث اشكال بلورية هي الاناتايس Anatase والروتايل Rutile والبروكايت Brookite وقد أكدت تحليلات حيود الاشعــة السينية الموضحة في الشكل (2) ان تركيب TiO_2 هو متعدد التبلور ومن نوع الاناتايس Anatase من خلال المقارنة مع طيف المادة القياسي [18].



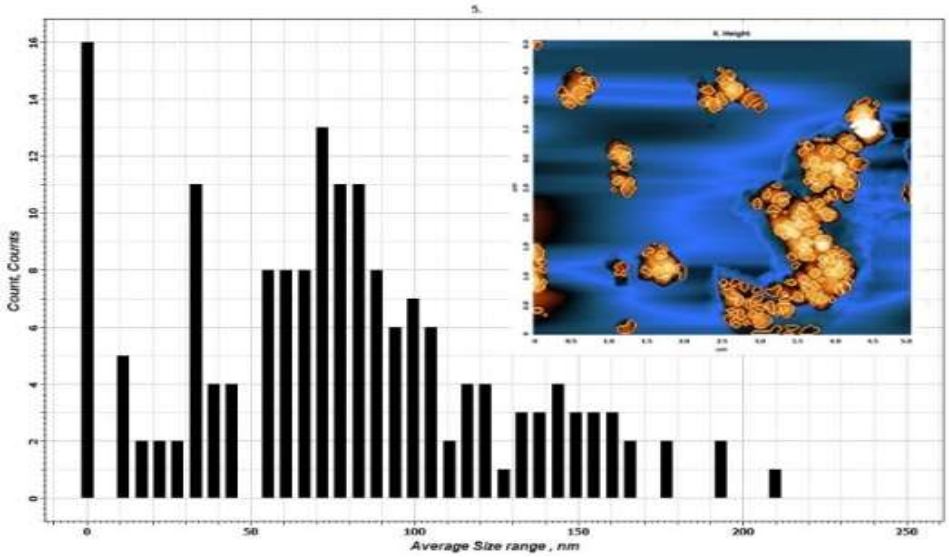
الشكل (2) طيف حيود الاشعة السينية لمسحوق اوكسيد التيتانيوم النانوي

الشكل (3) يبين صور ثنائية وثلاثية الأبعاد تمت باستخدام مجهر قوى الذرات، اذ تم ترسيب كمية صغيرة من مسحوق TiO_2 على شريحة زجاجية ليتم حساب شكل وحجم وتوزيع للدقائق.



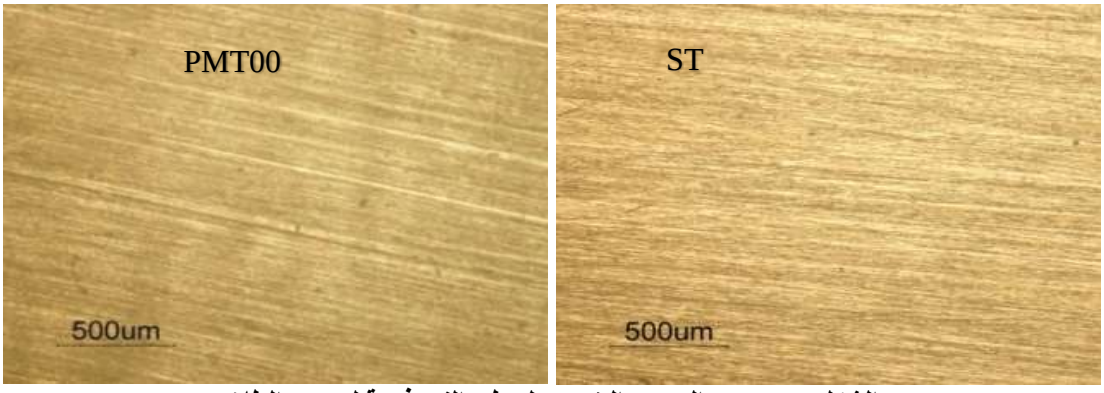
الشكل (3) صورة ثنائية وثلاثية الأبعاد TiO_2 بإستخدام مجهر قوى الذرات بأبعاد (2x2µm)

والشكل(4) يوضح التوزيع الاحصائي لحجم دقائق ثاني اوكسيد التيتانيوم النانومتري حيث نلاحظ إن معظم حجوم دقائق TiO_2 كانت اقل من 200 نانومتر ووجد ان معدل حجم الدقائق هو بحدود 75nm وهي قيمة اعلى من مواصفة المادة ويعزى ذلك الى حصول تكتلات للمسحوق النانوي اثناء عملية الفحص كما يظهر في الشكل (3).



الشكل (4) التوزيع الإحصائي لحجم الدقائق nano-TiO_2

الشكل (5) يوضح صور مجهرية لسطح النموذج قبل وبعد الطلاء ونلاحظ ان طلاء بمادة PMMA شفاف وموزع بشكل متجانس ومنتظم على سطح الشرائح المعدنية ولم تظهر أية مؤشرات على وجود تكتلات او مسامات او عيوب سطحية في طبقة الطلاء.



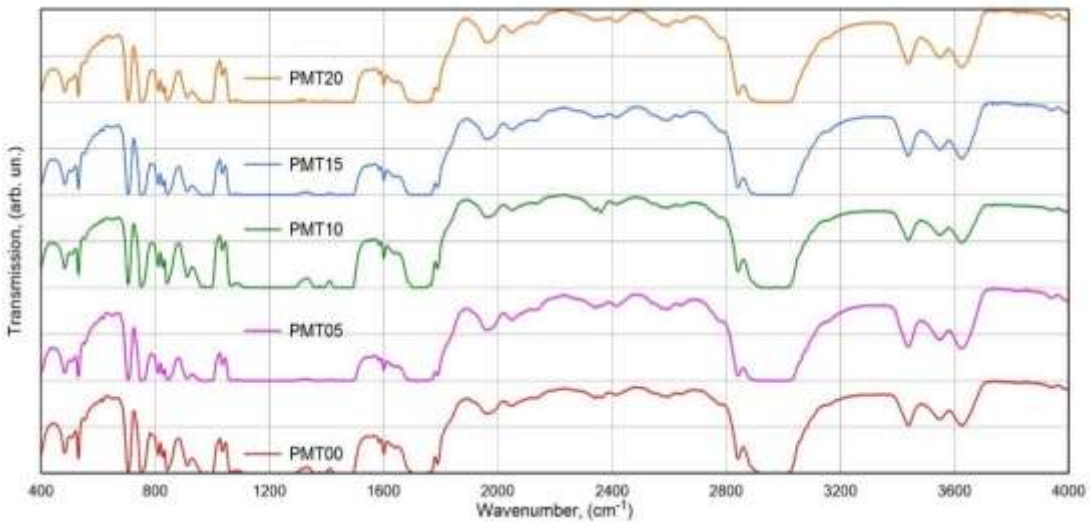
الشكل (5) صور المجهر الضوئي لسطح النموذج قبل وبعد الطلاء

تم قياس سمك طلاءات المتراكبات النانوية والنتائج موضحة في الجدول (2)، اذ يلاحظ أن سمك طلاءات المتراكبات معظمها متقاربة على الرغم من الصعوبة النسبية في الحصول على نفس السمك باستخدام تقنية الغمر، وهذا يؤكد مدى الدقة في اختيار الظروف الملائمة للتحضير وفي عملية الغمر والسحب للنماذج في محلول المتراكبات ولفترات زمنية محددة، وإن معدل سمك الطلاء كان بحدود28.3 µm لجميع الطلاءات المحضرة.

جدول (2) سمك طلاءات المتراكبات $PMMA/TiO_2$

رمز النموذج	سمك الطلاء (µm)
PMT00	26.5±0.5
PMT05	25±0.5
PMT10	24.5±0.5
PMT15	37.5±0.5
PMT20	28±0.5

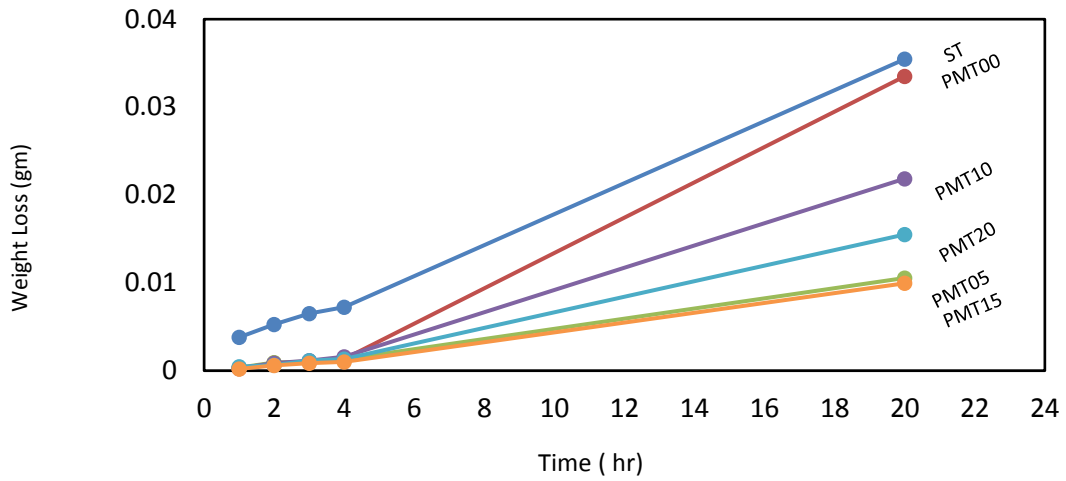
الشكل(6) يوضح أطياف تحويلات فورير للاشعة تحت الحمراء بمطياف FTIR لطلاءات المتراكبات وجميع الاطياف تشير الى حزم امتصاصية متميزة في المركب PMT00 النقي وهي ($482\ cm^{-1}$, 750, 810, 842, 704) تعود الى النمط الاهتزازي CH_2 rocking و ($910cm^{-1}$, 1033) تنسب الى النمط الاهتزازي $O\text{-}CH_3$ rocking و ($1600cm^{-1}$) تنسب الى النمط الاهتزازي C-H deformation و($2840\ cm^{-1}$) تنسب الى النمط الاهتزازي C-H stretching و ($3436\ cm^{-1}$) تنسب الى النمط الاهتزازي O-H stretching [16,19]. يلاحظ وجود تغيرات طفيفة جدا بإطياف النماذج المطلية بالمتراكبات النانوية بالمقارنة مع طيف نموذج PMT00 النقي، تؤدي إضافة دقائق أوكسيد التيتانيوم النانوية الى إعاقة حركة السلاسل البوليمرية وبالتالي يمكن ان تؤدي الى احداث تغييرات في الشدد النسبية لبعض أنماط الاهتزاز في السلسلة البوليمرية دون تخليق أنماط جديدة او احداث إزاحة نسبية للانماط الأساسية وهذا يتوافق مع نتائج باحثين اخرين [20].



الشكل (6) أطياف FTIR للطلاءات من المتراكبات النانوية

تحاليل التآكل

الشكل (7) يبين العلاقة بين فقدان الوزن للنماذج المطلية كدالة لزمن التعرض في محلول (1N HCl). يمكن تقسيم المنحني في الشكل الى قسمين هما منطقة الازمان القصيرة ومنطقة الازمان الطويلة، يلاحظ في منطقة الازمان القصيرة تفاوت بسيط في مقاومة التآكل بين النماذج المطلية خلال الأربع ساعات الاولى من الغمر بحيث يصعب التميز بينهما وجميع النماذج المطلية تبدي تحسن جيد وواضح في مقاومة التآكل مقارنةً بمقاومة تآكل النموذج غير المطلي ST. اما في منطقة الزمن الطويل خلال (20 hr) من الغمر نلاحظ تفاوت كبير في مقاومة تآكل النماذج المطلية حيث نجد النموذج PMT00 يبدي مقاومة ضعيفة للتآكل مقارنةً بالنموذج غير المطلي ST لأن مقاومة التآكل لنموذج الفولاذ المطلي بالبولي مثيل ميثاكريلايت ضعيفة في الحامض [9]. ويلاحظ فرق واضح لتفاوت السلوك التآكلي بين النموذج PMT00 والنماذج المطلية بالمتراكبات النانوية $PMMT\backslash TiO_2$ وهذا يدل على ان تدعيم nano-TiO_2 في PMMA في الطلاء تحسن من مقاومته للتآكل في الوسط الحامضي.



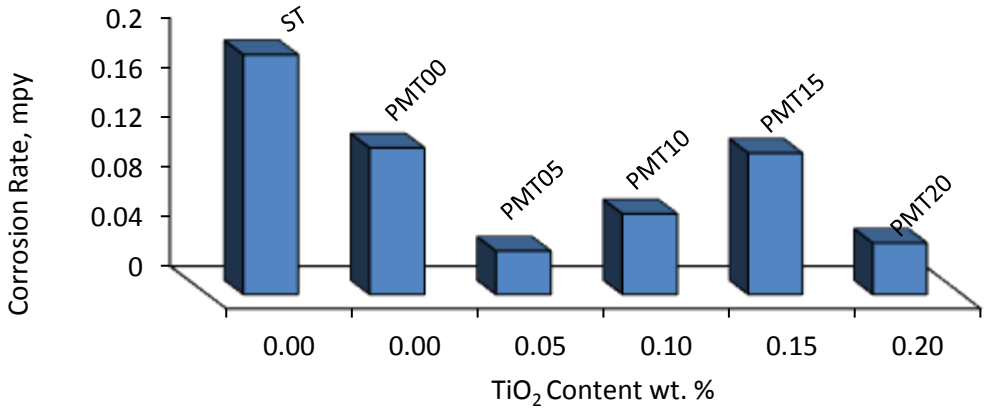
الشكل (7) العلاقة بين الفقدان بالوزن للعينات المطلية دالة لزمن التعرض في محلول 1NHCl

يوضح الجدول (3) معدل ناكل العينات في المحلول الحامضي بعد مرور 20 ساعة من الغمر في المحلول الحامضي. حيث أظهر النموذج PMT05 تحسن واضح في مقاومة للتآكل مقارنةً بالنماذج PMT10 و PMT20 بينما النموذج PMT15 اظهر ادنى معدل للتآكل في الوسط الحامضي مقارنة بباقي النماذج المحضرة وسجل اعلى نسبة تحسن وصلت الى حوال 73%، وقد يعود السبب في ذلك الى تأثير السمك العالي نسبيا لهذا النموذج مقارنة بالنماذج الاخرى.

جدول (3) معدل تأكل العينات في المحلول الحامضي بعد مرور 20 ساعة غمر.

رمز العينة	سمك الطلاء (um)	الفقدان بالوزن (mg)	معدل التاكل (mpy)	نسبة التحسن
ST	-	35.45	74.81	-
PMT00	26.5	33.50	70.02	6.40%
PMT05	25.0	10.55	25.44	65.99%
PMT10	24.5	21.85	45.11	39.70%
PMT15	37.5	9.95	20.60	72.46%
PMT20	28.0	15.50	31.29	58.17%

في الشكل (8) يلاحظ انخفاض واضح في السلوك التآكلي للنماذج المطلية بالمقارنة مع النموذج غير المطلي ST في الوسط الملحي، إذ انخفض معدل تآكل النموذج PMT00 بنسبة 36% مقارنة بالنموذج غير المطلي ST. بينما النماذج المطلية بالمتراكبات النانوية PMMA\TiO_2 ابدت انخفاض اكبر ولكن بدرجات متفاوته. تأثر معدل التآكل نتيجة إضافة دقائق نانوية من ثاني اوكسيد التيتانيوم بنسب وزنية مئوية مختلفة الى PMMA اذ أظهر النموذج PMT05 زيادة ملحوظة في مقاومة التآكل عن النموذج PMT00 إذ قل معدل تآكله بنسبة 80% بينما معدل التآكل للنموذج PMT20 قل بنسبة 76% ومعدل التآكل للنموذج PMT10 قل بنسبة 62% ومعل التآكل للنموذج PMT15 قل بنسبة 45% وذلك على الرغم من ان سمك هذا النموذج اعلى من بقية النماذج مما يؤكد ان عامل السمك ظهر بدرجة أهمية اقل من تاثير عامل الاضافة.



الشكل (8) العلاقة بين نسب الاضافة ومعدل التاكل في المحلول الملحي.

الشكل (9) يبين تأثير فترة التعرض للمحلول الحامضي في سلوك التأكل للنماذج ومن خلال ملاحظة اسطح النماذج نجد تفوق ملحوظ في مقاومة التآكل للنماذج المطلية بالمتراكبات في المحلول الحامضي مقارنةً بالنموذج غير المطلي ST وخصوصا النماذج المطلية بالمتراكبات النانوية $PMMT\backslash TiO_2$ إذ يلاحظ وجود تأثيرات طفيفة على سطح طلاء النموذج PMT15 وسطح طلاء النموذج PMT05 فكلا النموذجين كانا خاليين من التشوهات السطحية والنقر أو أية مظاهر مميزة لحالات التآكل الكيميائي. بينما توجد تاثيرات واضحة على سطح طلاء النموذج PMT10 مما يعني انخفاض واضح في مقاومة التاكل في الوسط الحامضي مقارنة بباقي اسطح النماذج المطلية بالمتراكبات النانوية $PMMA\backslash TiO_2$ كما هو واضح في الشكل (7).

الشكل (9) صور لسطح النماذج بعد التآكل في محلول 1N HCl

الشكل (10) يوضح تأثير المحلول الملحي في السلوك التآكلي للنماذج خلال فترة زمنية مقدارها 21 يوم وقد أبدي النموذج PM00 تحسن في مقاومة التآكل مقارنةً بالنموذج ST وايضا يلاحظ من خلال تأثيرات الوسط التآكلي على سطح طلاء النموذج PMT05 تفوق واضح في مقاومة التآكل مقارنة بباقي اسطح النماذج المطلية بالمتراكبات النانوية $PMMA\backslash TiO_2$.

الشكل (10) صور لسطح النماذج بعد التآكل في محلول 5% NaCl

من متابعة النتائج وملاحظة الشكلين (9) و(10) يتبين لنا وجود تحسن ملحوظ في مقاومة التآكل للنماذج المطلية بالبولي مثيل ميثاكريلايت PMT00 . وتحسن واضح في مقاومة التآكل للنماذج المطلية بالمتراكبات النانوية $PMMA\backslash TiO_2$ مقارنة بالنماذج غير المطلية ST في الأوساط التاكلية الحامضية والملحية. لوحظ وجود تاثيرات طفيفة على سطح طلاء النماذج PMT15 و PMT05 نتيجة الغمر بالوسط الحامضي وايظاً على سطح طلاء النموذجين PMT05 وPMT20 نتيجة الغمر بالوسط الملحي. ووجود تاثيرات واضحة على سطح طلاء النماذج PMT10 نتيجة الغمر بالوسط الحامضي وكذلك على سطح طلاء النموذجين PMT15 وPMT10 نتيجة الغمر بالوسط الملحي. والسبب في ذلك يعود الى وجود مسامات بينية وبشكل متفاوت في الطلاءات التي تسمح للمحلول بإختراق الطلاء. وحدوث التفاعل بين ايونات الوسط التآكلي وسطح الفولاذ الكاربوني اثناء عملية الغمر في المحاليل الحامضية او الملحية خصوصاً في النماذج المطلية بالبولي مثيل ميثاكريلايت PMT00 .
يعمل تدعيم المادة الاساس (PMMA) بالمادة النانوية (TiO_2) على تغلغل الدقائق النانوية بين سلاسل البوليمر وملئ الفراغات البينية التي تتكون اثناء عملية البلمرة، وبذلك تتكون مادة متراكبة بمستويات رص اعلى مقارنة بالبوليمر غير المدعم. كما ان وجود الدقائق النانوية يحدث تأثيرات إعاقة لحركة الايونات من المحاليل وخلال طبقة المتراكب النانوي باتجاه سطح الفلز، أي ان طول مسار الايونات سيزداد وتقل كثافة التيار الايوني الذي يسبب تاكل السطح [21]. ترتبط مقاومة التآكل بقوة بوجود المسامات البينية والتركيبية الموجودة في الطلاءات اللاعضوية، وبما ان طلاءات PMMA تبدي حماية تآكلية ضعيفة في الأوساط الحامضية بسبب امتلاكها لنفاذيه للماء والاوكسجين [9]، لذا فان التدعيم بالدقائق النانوية يمكن ان يحسن خصائص هذه الطلاءات كما بينت النتائج.

الاستنتاجات

طلاءات المتراكب النانوي $PMMA\backslash TIO_2$ ذات الاساس البوليمري نجحت بشكل ملحوظ في تحسين السلوك التآكلي للفولاذ في الأوساط التاكلية الملحية والحامضية مقارنةً بالطلاءات غير المدعمة. اكدت النتائج إن مقاومة التآكل تزداد في المحلول الحامضي والملحي عند اضافة نسبة قليلة من اوكسيد التيتانيوم النانوي لا تتجاوز 1.5%، كما بينت النتائج ان معدلات التاكل تتاثر بسمك الاطلاءات ولكن بدرجة اقل من تاثير نسب إضافة أوكسيد التيتانيوم النانوي، اذ ان تاثير عامل الملئ للفراغات البينية بين السلاسل البوليمرية حسن كثيرا من مقاومة الطلاءات للمحاليل الحامضية والملحية. تعد النتائج مشجعة لامكانية إستخدام هذه المتراكبات النانوية في تطبيقات مهمة كطلاءات مضادة للتآكل.

المصادر

[1] L. Filipponi and D. Sutherland, "Nanotechnologies Principles, Applications, Implications and Hands-on Activities A compendium for educators", European Union, Luxembourg, 2012.
[2] A. P. Nikalje, "Nanotechnology and its Applications in Medicine", Med. Chem., 5, 2, PP. 81-89, 2015.
[3] A. C. Uzorh, "Corrosion properties of plain carbon steels", Int. J. Eng. and Sci., 2, 11, PP. 18-24, 2013.
[4] H. M. Abd El-Lateef, V. M. Abbasov, L. I. Aliyeva and T. A. Ismayilov, "Corrosion protection of steel pipelines Against CO_2 corrosion-A Review", Chem. J., 2, 2, PP. 52-63, 2012.
[5] K. M. Abed, "Magnetic Fe_3O_4 nano-structured coatings for corrosion protection of mild steel", MSc. Thesis, American University, College of Engineering, Sharjah, 2014.
[6] I. A. Mahmood, M. M. Farhan and N. T. Mohammed, "Spin coating of low carbon steel by polymer matrix composite", Asian J. App. Sci. Eng., 4, 3, PP. 157-166, 2015.
[7] Y. Qian, Y. Li Scott Jungwirth, N. Seely, Y. Fang and X. Shi, "The application of anti-corrosion coating for preserving the value of equipment asset in chloride-laden environments A Review", Inter. J. Electrochem. Sci., 10, PP. 10756-10780, 2015.
[8] S. Kannaaiyan, Easwaramoorthi and A. Gopal, "Corrosion inhibition using nanomaterials -an overview", Inter. J. Sci. Res. Mod. Edu., PP.167-170, 2016.
[9] T. Coan, G. S. Barroso, G. Motz, A. Bolzan, and R. A. F. Machado, "Preparation of PMMA/hBN composite coatings for metal surface protection", Mater. Res., 16, 6, PP. 1366-1372, 2013.
[10] V. Karpakam, K. Kamaraj and S. S. Narayanan, "Electrosynthesis of PANI-Nano TiO_2 composite coating on steel Its Anti-corrosion performance", J. Electrochem. Soc., 158, 12, PP. 416-423, 2011.
[11] A. A. Hussein, "Effect study TiO_2 on corrosion resistance and polystyrene erosion", J. Babylon University / Eng. Sci., 21, 3, PP. 1080-1089, 2013.
[12] V. S. Saji and J. Thomas, "Nanomaterials for corrosion control", Current Sci., 92, 1, PP. 51-55, 2007.
[13] F. A. Chyad, A. Raheem K, A. Ali and A. A. Mehatlaf, "Synthesis of nanocomposite material and studying some of its mechanical properties" Eng. Tech. J., 31, 7, PP.1221-1228, 2013.
[14] P. P. Mahulikar, R. S. Jadhav and D. G. Handiwale, "Performance of polyaniline /TiO_2 nanocomposites in Epoxy for corrosion resistant coatings", Iran. Polymer J., 20, 5, PP. 367-376, 2011.
[15] M. S. Nooshbadi, S. M. Ghoreishi and Y. Jafari, "Electro synthesis of polyaniline–TiO_2 nanocomposite films on Aluminum alloy 3004 surface and its corrosion protection performance", J. Nanostructures, 3, PP. 65-77, 2013.

[16] S. Devikala, P. Kamaraj and M. Arthanareeswari, "Electrochemical performance of PMMA/Al_2O_3 composite coatings", Inter. J. Adv. Chem. Sci. and Appl., 1, 2, PP. 9-15, 2014.
[17] American Society for Testing and Materials - ASTM. G 1-03: Standard Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens. ASTM; 2011.
[18] Z. N. Jameel, A. J. Haider and S. Y. Taha, "Synthesis of TiO_2 nano particles by using Sol-gel method and its applications as antibacterial Agents", Eng. Tech. J., 32, 3, PP. 418-426, 2014.
[19] C. P. Ennis and R. I. Kaiser, "Mechanistical studies on the electron-induced degradation of poly methyl methacrylate and kapton", Phys. Chem. Chem. Phys. 12, PP. 14902-14915, 2010.
[20] R. G. Kadhim, "Study the Electrical and structural properties of (PMMA-TiO_2) nano composites", Chem. Mater. Res., 7, 9, PP. 37-48, 2015.
[21] M. R. Khorram, M. R. Shishesaz, I. Danaee and D. Zaarei, "Synthesis and corrosion protection behavior of epoxy-TiO_2 – micaceous iron oxide nano- composite coating on St-37", Iran. J. Mate. Sci. Eng., 13, 1, PP. 11-20, 2016.