وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعـــــــة القادسيـــــــــة
كليـــــــة العلـــــــــوم
قســـــم علـــــوم الكيميـــاء

بحث حول

التآكل وطرق السيطرة عليه بأستخدام المواد النانوية

(بحث مقدم الى مجلس كلية العلوم /قسم علوم الكيمياء / جامعه القادسية
وهو جزء من متطلبات نيل درجة البكالوريوس في علوم الكيمياء)

مقدم من قبل الطالبة

أيـــام يـــوسف كـــــاظم

بإشـــــراف

أ.م. د. سجى صالح جبار الطويل

2019م

بسم الله الرحمن الرحيم

الاهـــــــــــداء

بدانا بأكثر من يد وقاسينا أكثر من هم وعانينا الكثير من الصعوبات وهانحن اليوم والحمد لله نطوي سهر الليالي وتعب الإيام وخلاصة مشوارنا بين دفتي هذا العمل المتواضع

إلى منارة العلم و سيد الخلق

إلى رسولنا الكريم سيدنا محمد صلى الله عليه واله وسلم

إلى الينبوع الذي لا يمل العطاء إلى من حاكت سعادتي بخيوط منسوجة من قلبها إلى والدتي العزيزة

إلى من سعى وشقى لأنعم بالراحة والهناء

الذي لم يبخل بشئ من أجل دفعي في طريق النجاح

الذي علمني أن أرتقي سلم الحياة بحكمة وصبر

إلى والدي العزيز.

إلى من به أكبر وعليه أعتمد .. إلى شمعة متقدة تنير ظلمة حياتي

إلى من بوجوده أكتسب قوة ومحبة لا حدود لها

إلى من عرفت معه معنى الحياة

الى زوجي الغالي

إلى من حبهم يجري في عروقي ويلهج بذكراهم فؤادي إلى أخواتي وأخواني .

إلى من سرنا سوياً ونحن نشق الطريق معاً نحو النجاح والإبداع إلى من تكاتفنا يداً بيد ونحن نقطف زهرة تعلمنا

إلى صديقاتي وزميلاتي.

إلى من علمونا حروفا من ذهب

وكلمات من درر

وعبارات من أسمى وأجلى عبارات في العلم

إلى من صاغوا لنا من علمهم حروفا ومن فكرهم منارة

تنير لنا سيرة العلم والنجاح إلى أساتذتي الكرام .

شكر وعرفان

بسم الله الرحمن الرحيم
(قل إعملوا فسيرى الله عملكم ورسوله والمؤمنون)
صدق الله العظيم

إلهي لايطيب الليل إلا بشكرك ولايطيب النهار إلا بطاعتك .. ولاتطيب اللحظات إلا بذكرك .. ولا تطيب الآخرة إلا بعفوك .. ولا تطيب الجنة إلا برؤيتك الله جل جلاله.
وفي مثل هذه اللحظات يتوقف اليراع ليفكر قبل أن يخط الحروف ليجمعها في كلمات ... تتبعثر الأحرف وعبثاً أن يحاول تجميعها في سطور ... سطوراً كثيرة تمر في الخيال ولا يبقى لنا في نهاية المطاف إلا قليلاً من الذكريات وصور تجمعنا برفاق كانوا إلى جانبنا.....
فواجب عليّ أن أشكرهم وأوداعهم وأنا أخطو خطواتي الاخيرة في الحياة الجامعية وأخص بجزيل الشكر والعرفان إلى كل من أشعل شمعة في دروب عملي و وإلى من وقف على المنابر وأعطى من حصيلة فكره لينير دربي إلى الأساتذة الكرام في كلية العلوم / قسم الكيمياء وأتوجه بالشكر الجزيل إلى الدكتورة سجى صالح جبار التي تفضلت بالاشراف على بحثي فجزاها الله عني كل خير ولها مني كل التقدير والاحترام

المقـــــــدمة

إن فهم عمليـة التآكل والسيطرة عليها أصبح ضرورة علميـة واقتصـادية حيث إن أضـراره بليغة إلى درجة يطلق عليها صناعة معاكسة نظرا للخسائر الكبيرة التي تسببها وقد تأخذ هذه الخسائر صيغ مختلفة كتبديل الأجهزة المتآكلة واستعمال معادن وسبائك باهظة الثمن ذات مقاومة عالية للتآكل أو غلونة المعادن أو طلائها بمعدن مقاوم للتآكل أو إضافات كيميائية مضادة لحماية المعدن من الضرر [1] ، إذ أن جميع دول العالم وخاصة الصناعية منها والمتقدمة تعاني من مشاكل التآكل ويبلغ مقدار ما يفقده العالم من إجمالي إنتاج المعادن حوالي (10%) وتبلغ التكاليف الناتجة عن هذه الخسائر والمبذولة لغرض التخفيف أو التخلص منها مليارات الدولارات سنويا. [2]

والتآكل إحدى أبرز المشاكل التي تعاني منها الكثير من المنشآت والقطاعات مما ينجم عنه تكاليف ضخمة تتمثل بالخسائر التي تصرف لإعادة تصنيع التصاميم التالفة أو وسائل الحماية من التآكل، وكذلك أضرار في الإنتاج وبالتالي انخفاض في الكفاءة والأداء، وخسائر أخرى يصعب تحديدها بدقة .[3]

ويعد تآكل المعادن من الظواهر الطبيعية التي تشوب كافة المعادن، وهي تتسبب في تلف تلك المعادن وتغير في خواصها الكيميائية والفيزيائية، وايضاً يعرف التآكل CORROSION بأنه انحلال المعدن بسبب تفاعله مع الوسط الذي يتعرض له أو فشل المعدن بأي سبب غير السبب الميكانيكي البحت ، أو يعرف أحياناً بأنه العملية العكسية لاستخلاص المعدن من خاماته، والتآكل فشل يصيب سطح المعدن ينتج بسبب عوامل كيميائية أو بسبب عوامل كيميائية تساعدها عوامل ميكانيكية متوفرة في الوسط الذي يعمل فيه المعدن.

ومن المعلوم أن المعادن توجد في الطبيعة بحالة خامات (Ores) تحتوي على أقل مستوى ممكن من الطاقة مما يجعلها مستقرة من الناحية الديناميكية للحرارة ، يعرف مستوى الطاقة الذي توجد فيه الخامات بالحالة الخلقية (Native) أو الحالة الأرضية Ground State وهي الحالة التي لا يستطيع فيها الخام التفاعل مع المحيط أو الوسط الموجود فيه. وتتصف خامات المعادن بأنها مواد هشة غير قابلة للتشكيل أو لعمليات الطرق والسحب وبالتالي فهي غير صالحة للاستخدام المباشر في الصناعة لذلك يبذل الإنسان قصارى جهده ليستخلص المعدن

الحر النقي (أو أقرب ما يمكن إلى ذلك) بسلسلة من العمليات التكنولوجية. تتضمن هذه العمليات تكسير الخام وطحنه واختزال الشوائب والعناصر الضارة منه وتنقيته للحصول على المعدن أو سبائكه .[4]

إن لكل معدن مستخلص وداخل في الصناعة مستواه من الطاقة الذي يميزه عن غيره من المعادن وإذا استطاع الوسط أن يحرر هذه الطاقة يحصل (التآكل) أما إذا لم يستطع الوسط أن يحرر هذه الطاقة فإن المعدن سيتصف بأنه (مقاوم للتآكل) إي لكل معدن وسطً خاص يسبب تآكله ، إن مستوى الطاقة الكامنة لأي معدن يعتمد على طبيعة المعدن وتركيبه الكيميائي والميتالورجي، ولذلك يتوقع تغير مقاومة التآكل لأي معدن أو سبيكة عند إضافة نسبة قليلة من عناصر السبك مثلا تسبب إضافة الكروم ، والنيكل ، والموليبديوم إلى الفولاذ زيادة في مقاومة التآكل.

إن مستوى الطاقة لنواتج التآكل وتركيبها الكيميائي قريب وشبيه بمستوى الطاقة والتركيب الكيميائي لخام المعدن الأصلي وهذا يفسر سبب وجود خامات الحديد مثلاً على شكل أكاسيد ثنائية أو ثلاثيةFe_3O_4 ، Fe_2O_3 من وجهة نظر الكيمياء الفيزياء ، ويعتقد أن التآكل عملية ذاتية "Spontaneous process" يتخلص فيها المعدن أو السبيكة من جميع الطاقات المضافة له خلال عمليات التصنيع والتشكيل والتركيب والتحويل التي أجريت على خاماته الأصلية للرجوع إلى حالة الخام الأصلي، لذلك يعرف التآكل بأنه "عملية معكوسة لميتالورجيا الاستخلاص"، فميتالورجيا الاستخلاص تعني مبدئياً الحصول على المعدن من الخام أما التآكل فيحول المعدن إلى نواتج التآكل القريبة في تركيبها إلى الخام .[2]

الفصـــــل الأول

الفصل الاول
التأكـــل

أولاً : مفهوم التآكل

يعد التآكل علم من العلوم الهندسية و التكنولوجية يهتم بدراسة المادة ومحيطها الخارجي وإيجاد العلاقة بينهما ، ودراسة التأثيرات الفيزيائية والكيميائية والكهروكيميائية التي تسبب أحيانا تغيرات في تركيب المادة الكيميائي والميتالورجي يصل حد تلف المادة أو يكون مقتصرا على تغير مواصفاتها الهندسية والتطبيقية بالشكل الذي يفقدها الأمان التام عند الاستخدام. وقد لاحظ بعض الباحثين إن التآكل عملية ثرموديناميكية متولدة من فعالية الإلكترونات وقابلية الفلزات على تكوين خلايا كهروكيميائية Electro-chemical cells تنتقل فيها الإلكترونات والأيونات من خلال المعدن والمحيط الخارجي يتحطم فيها التركيب البلوري وتحل الترابطات التي تمسك الذرات بعضها بالبعض الأخر وتتحول الذرات المتآكلة من الصيغة المعدنية إلى الصيغة الأيونية $M \rightarrow M^{n+} + ne^{-}$ [5].

ويعرف التآكل بأنه التلف (الجزئي أو الكلي) الذي يصيب الفلز/السبيكة سواء من حيث المظهر أو الأداء، فهو الهجوم على المعدن الذي يسبب تدهور خواصه إثر التفاعلات الكيميائية أو الكهروكيميائية مع الوسط المحيط وكما مبين بالشكل (1) الذي يمثل تآكل سفينة بحرية .

كما يمكن تعريفه بأنه الانحلال الذي يصيب المعادن نتيجة تفاعله تفاعلاً كيميائيا أو كهروكيميائيا مع الوسط الموجود فيه. وعندما يحدث التآكل بسبب عوامل كيميائية تساعدها عوامل ميكانيكية فإن هذا النوع من التآكل يأخذ أسماءً خاصة مثل تآكل البري Erosion (Corrosion) وتآكل الاحتكاك (Fretting Corrosion) [4]

شكل (1) : تأكل سفينه بحرية

ثانياً : العوامل الرئيسية المؤثرة في معدل تآكل المعادن

أن معدل تآكل معدن معين في وسط ما يعتمد على عوامل عديدة ، وقيمة معدل التآكل هذا ، دالة معقدة للعديد من هذه العوامل التي غالباً ما تكون غير ثابتة وفي حالة تغير مستمر. وبناءً على هذا تعد مشكلة التآكل من المشاكل المعقدة مقارنة بأنواع الفشل الأخرى ؛ لأن معدل التآكل لا تحكمه قوانين رياضية معينة يمكن على أساسها معرفة عمر الجزء المعدني المعرض للتآكل . ولكن معرفتنا للقوانين الكهروكيميائية المتعلقة بحركية التآكل أي قوانين الإستقطاب (Polarization)يعيننا على تخمين معدلات التآكل وتأثير العوامل المختلفة في هذا المعدل منفردة أو مجتمعة.

ومن العوامل الرئيسة المؤثرة في معدل التآكل هي:

1- موقع المعدن في سلسة قوة الدفع الكهربائي: (e.m.f Series)

إن موقع المعدن في هذه السلسلة المبينة في الجدول التالي، والذي يعتمد على قيمة الجهد الكهربائي لهذا المعدن في محلول من أيونات المعدن نفسه ، فإذا كانت قيمة هذا الجهد عالية فهذا يعني أن للمعدن مقاومة ذاتية عالية لكافة أنواع التآكل في معظم الأوساط ، كما هو الحال في المعادن النبيلة، مثل الذهب والبلاتين والفضة أما إذا كانت قيمة هذا الجهد منخفضة فهذا يعني أن المعدن من النوع النشط

2- الحالة الميتالورجية:

إن للتركيب الميتالورجي للمعدن ، تأثير كبير في معدل تآكله ، في الوسط المعين . ويتحدد التركيب الميتالورجي للمعدن ، بمكوناته الكيمياوية ،أي العناصر المتكونة منها السبيكة ، وحالته الميكانيكية (وجود الاجهادات الداخلية، والخدوش، والحزوز عند سطح وما إلى غير ذلك) التركيب الميتالورجي هو شكل وحجم واتجاه حبيبات المعدن ، والترسبات (Precipitates) في مناطق حدود الحبيبات أو داخل الحبيبات مثل الكاربيدات ، ووجود شوائب غير ذائبة مثل الأكاسيد وغيرها ، ووجود أطوار (Phases) متعددة أو طور واحد ونوع هذه الأطوار وحجمها وكل ذلك يتحدد بالمكونات الكيميائية للمعدن والمعاملة الحرارية والميكانيكية التي جرت عليه.

3- حالة السطح

إن لحالة سطح المعدن أثر مهم في معدل تآكله في الوسط المعين ، لأن حالة السطح تشمل خشونته أو نعومته وتشمل أيضاً والذي له أثر كبير في هذه الحالة، وجود نواتج تآكل أو ترسبات مختلفة والتي من شأنها أن تزيد أو تحد من معدل التآكل وهذا يعتمد على نوع هذه النواتج والترسبات وطبيعتها . كذلك فإن وجود طبقات رقيقة من الأكاسيد التي تكسو سطح المعدن والتي هي في العادة نواتج تآكل تتكون بشكل طبيعي عند تعرض معدن معين إلى أوساط معينة، له أثر كبير جداً في الحد من معدلات التآكل لهذا المعدن في هذه الأوساط وتعرف هذه الظاهرة بظاهرة "الخمود (Passivity)"التي تستخدم كسلاح فاعل للحد من التآكل باختيار المعدن المناسب في الوسط المعين بحيث تتشكل هده الطبقة الواقية بصورة طبيعية [6]

4- تأثير الأوكسجين والعناصر المؤكسدة(Effect of Oxygen and Oxidisers)

إن تأثير زيادة تركيز أو إضافة العناصر المؤكسدة أو الأوكسجين في معدل التآكل يعتمد على نوع المعدن ونوع الوسط ، حيث أن معدل التآكل يمكن أن يزداد أو لا يتأثر مطلقاً ، أو لا يتأثر إلى حد معين ثم يزداد بعد ذلك أو يتصرف بشكل غير بسيط ومعقد ، وفي حالة معرفة الخواص الرئيسية للمعدن أو السبيكة والوسط الذي قد تتعرض له ، فإن بالإمكان والحالة هذه تخمين سلوك هذا المعدن في هذا الوسط وذلك عندما تتغير حالة هذا الوسط ، أي عندما يزداد تركيز العناصر المؤكسده فيه .[7]

5- تأثير تركيز وسط التآكل(Effect of Corrosive Concentration)

إن معدل تآكل معظم المعادن من النوع النشط – الخامد في بعض الأوساط لا يتأثر بازدياد تركيز هذه الأوساط ، وذلك عندما تكون خامدة ، أصلاً في هذه الأوساط ، حيث يبقى منخفضاً وثابتاً .

6- تأثير درجة الحرارة (Effect of Temperature)

يؤدي زيادة درجة الحرارة إلى زيادة معدل التآكل ، لمعظم التفاعلات الكيمياوية والكهربائية تقريباً [8] .

7- تأثير معدل جريان الوسط (السرعة) (Effect of Velocity)

إن بعض المعادن ، تصبح ذات مقاومة عالية جداً للتآكل في بعض الأوساط بسبب تكوين غشاء قوي ومتصل يغطي سطح المعدن عند تعرضها إلى هذه الأوساط . وهذه الظاهرة ليست هي ظاهرة الخمود (Passivity) التي تطرقنا إليها ، حيث أن الغشاء الذي يغطي سطح المعدن في هذه الحالة يختلف من الناحية الفيزيائية عن ذلك الذي يغطي سطح المعدن عندما يكون المعدن متصفاً بظاهرة الخمود ، حيث يكون في الحالة الأولى مرئياً بسهولة وأقل تماسكاً . وإن زيادة معدل جريان الوسط ، يؤدي إلى كسر ميكانيكي للطبقة الواقية ، حيث يهاجم سطح المعدن من قبل هذا المحلول المساعد على التآكل ، مما يؤدي إلى زيادة معدل التآكل بصورة كبيرة إن هذا النوع من التآكل يعرف بـ"التآكل بالتعرية (Errosion Corrosion) "حيث يكون لسرعة الوسط تأثير ميكانيكي وذلك بكسر الغشاء الملتصق على سطح المعدن في بعض المناطق ، أما الوسط نفسه فله فعل كهروكيميائي وهو مهاجمة سطح المعدن في تلك المناطق ، أي أن حصول هذا النوع من التآكل يتم عند السرع العالية نسبياً وعندما يكون الوسط المتحرك مساعداً على التآكل . وهذا يختلف عن دور السرعة وتأثيرها في معدل التآكل للمعدن من النوع النشط– الخامد ، حيث يكون فعلها كهروكيميائياً فقط وليس ميكانيكياً كما هو الحال في التآكل بالتعرية[9]

8- تأثير الإجهادات الميكانيكية:

للإجهادات الميكانيكية المؤثرة في المعدن (داخلية أو خارجية) تأثير في معدل التآكل في حالات عديدة، إذ كما هو معروف يؤدي تأثير أو وجود هذه الإجهادات في وسط تآكلي إلى حصول تشققات ، كما في حالة التآكل الإجهادي (Stress Corrosion) والكلال التآكلي Corrosion) Fatigue) .

9- التأثير الغلفاني: (Effect of Galvanic Coupling)

هناك العديد من الحالات العملية التي لا يمكن فيها تجنب التماس بين نوعين مختلفين من المعادن ، ففي هذه الحالة يتغير معدل تآكل كل من المعدنين ، حيث يزداد معدل أحدهما ويقل الآخر وذلك يعتمد على نوع المعدن وطبيعة الوسط ومساحة كل منهما . وسوف نشرح ذلك مفصلا في الفصل الثاني . أما الآن ، فسنقوم بشرح هذا التأثير بشكل مبسط

التأثير الغلفاني هو مشابه لتأثير إضافة العناصر المؤكسدة ، حيث يؤدي كل منهما إلى زيادة معدل إستهلاك الإلكترونات والذي بدوره يؤدي إلى زيادة معدل تآكل المعدن. ومن المفيد أن نعلم أيضاً بأنه ليست من الضروري دائماً أن يؤدي الاتصال الغلفاني إلى زيادة في معدل التآكل عند تماسه بمعدن .

10- تأثير الزمن:

إن معدل التآكل في كثير من الأحيان ، لا يكون ثابتا مع مرور الزمن ، وهذا يعني أن كمية التآكل ، لا تزداد زيادة خطية مع زيادة الزمن.

11- التأثيرات الأخرى:

هناك تأثيرات أخرى، من شانها أن تشكل حالات خاصة تؤثر في سير عملية التآكل ومن ثم في معدل التآكل ومن هذه التأثيرات ، ظاهرة التهوية التفاضلية (Differential Aeration)ونشوء الخلية التركيزية (Concentration Cell) والتأثيرات البايولوجية . (Biological Effects) إن التهوية التفاضلية تنشأ عن اختلاف تركيز الأوكسجين على سطح المعدن ، أما الخلية التركيزية فتنشأ عن اختلاف تركيز الأيونات المؤكسدة على هذا السطح . أما التأثيرات البايولوجية فتنشأ بسبب وجود بكتيريا في الوسط التآكلي. [10]

يتبين من كل ما جاء أعلاه أن معدل التآكل يتأثر بالعديد من العوامل . وأن زيادة أي من هذه المؤثرات من شأنه أن يزيد أو يقلل من معدل التآكل . كذلك نجد أحياناً أن معدل التآكل يتغير عند زيادة مؤثر ما عن قيمة معينة، ولكننا نجد أن هذا المعدل لا يعود إلى قيمته الأصلية نفسها عند رجوع قيمة هذا المؤثر إلى ما كان عليه أصلاً. فمثلًا تكون قيمة معدل التآكل عند سرعة وسط أو تركيز معينان ، هي غيرها عند نفس السرعة أو التركيز، وذلك يعود إلى أن هذه السرعة أو هذا التركيز، يمكن أن يكون قد جاء بسبب ازدياد أو نقصان في القيمة . كل ذلك يؤكد أن

معدل التآكل دالة معقدة للعديد من المؤثرات ، وأن مشكلة التآكل من المشاكل المعقدة لأن قيمة التآكل لا يمكن الوقوف عليها بدقة في حالات عديدة، نظرا للمتغيرات العديدة التي تؤثر فيها مجتمعة . (11)

ثالثاً:- انواع التأكل

هنالك انواع عديدة للتآكل هي :

1- التآكل التشققي

هو تآكل موضعي شديد يصيب الأجزاء المعدنية في مناطق الشقوق والمناطق المغطاة، سواءً أكان هذا الغطاء على هيئة مواد معدنية أو كان على هيئة مواد غير معدنية مثل الأقمشة، المواد البلاستيكية، المطاط، الزجاج، الترسبات الطينية، الطحالب أو الأوساخ.

2- التآكل الخيطي

يحدث هذا النوع من التآكل تحت الأسطح المدهونة أو المصفحة عندما تخترق الرطوبة الطلاء. الدهانات سريعة الجفاف هي الأكثر عرضة لهذه المشكلة. يجب أن يبدي الطلاء خصائص نفوذية منخفضة لبخار الماء، وخصائص التصاق ممتازة .

3- تآكل الشقوق الإجهادي

4- التقصف الهيدروجيني

5- تآكل ما بين الحبيبات

6- تآكل النزع الاختياري

7- التآكل بالتعرية .

8- التآكل المنتظم (Uniform corrosion OR General corrosion)

وفيه تتم عملية التآكل مباشرةً على سطح المعدن بشكل متساوٍ بحيث يغطي سطح المعدن. وهذا النوع من التآكل هو أقل الأنواع خطورةً، حيث أنه من السهل التنبؤ به وتقييمه ومعالجته. (12)

9- التآكل الجلفاني (Galvanic corrosion)

وهو نتيجة اتصال معدنين مختلفين ببعضهما، وتَعرُّضهما لمحلول إلكتروليتي. حيث يُعتبر المعدن الأكثر نشاطًا والأعلى جهدًافي المتوالية الجلفانية (Galvanic series) هو الآنود ويتم تآكلُه، بينما المعدن الأقل نشاطًا والأقل جهدًا في المتوالية الجلفانية هو الكاثود. وهناك الكثير من العوامل التي تؤثر على مُعدّل التآكل فيهذا النوع، مثل درجة الحرارة والرطوبة ونسبةحجم الآنود إلىالكاثود، حيث أنه كلما قلّ حجم الآنود بالنسبة للكاثود زاد مُعدّل التآكل.

10- التآكل في فجوة (crevice corrosion)

وهو يحدث تحت ظروف معينة تجعل عملية التآكل متمركزةً فيأماكن معينةٍ بدلًا من التآكل على مستوى السطح كالتآكل المنتظم. وقد تكون تلك الظروف بسبب الاختلاف في سهولة وصول الأكسجين لنقطة معينة أقل من غيرها. المنطقة المحاطة يمكن اعتبارها (كاثود) بينما النقطة المعرضة لكميةأكسجين أقل يمكن اعتبارها (آنود) ويتم تآكلها. ويمكن أن تكون تلك الظروف وجود شرخ في المعدن، حيث أن تركيز الأكسجين داخل الشرخ أقل من تركيزه في سطح المعدن، فيتم التآكل في اتجاه العمق،أو أي ظروف تمنع وصول الأكسجين لمنطقة بعينها على سطح المعدن. [12]

11- التآكل بالنقر (pitting corrosion)

يشبه تمامًا النوع السابق من التآكل، ولكنه يحدث فى وجود أيونات الكلوريد، حيث إنها تُقلِّل من قدرة المعدن على صنع طبقه حامية له – تجعله خاملًا – تُسمى بـ .(passivation film)أغلب السطح يكون مغطّىً بطبقة الحماية ماعدا مناطق ضيقة جدًا يتم التآكل فيها بعمقٍ للداخل، مما يجعله من أخطر انواع التآكل لأنه يصعب ملاحظته.

12- التآكل بالاحتكاك أو التعرية (Erosion corrosion)

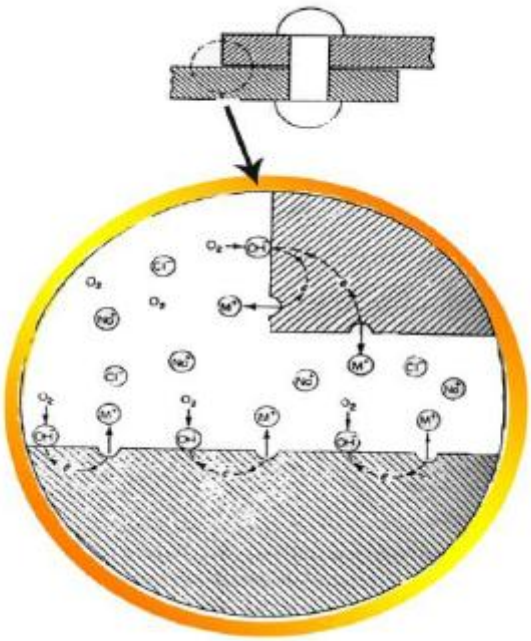
يحدث نتيجة لتعرُّض سطح المعدن لاحتكاكٍ ميكانيكيٍّ ناتجٍ من حركة المياة المستمرة عليه. عملية الاحتكاك مع التآكل تجعل عملية تدمير المعدن سريعة نسبيًا . [13]

13- التآكل العام (General Corrosion)

هو تآكل جميع اجزاء سطح المعدن بنفس المعدل تقريباً

14- التآكل الصدعي (Crevice Corrosion)

هو تآكل موضعي شدشد يظهر على سطح المعادن ويشغل مواقع اكبر من النقرة الى منطقة متآكلة واسعة تصيب الاجزاء المستترة الواقعة تحت الترسبات او الحواشي وكما مبين بالشكل (2) والذي يوضح التآكل الصدعي .[14]



شكل (2) : التاكل الصدعي

15- التآكل الشعيري

يظهر هذا التآكل على شكل شبكة خيطية شعيرية على سطح المعدن المطلي وتحت طبقة الطلاء.

16- النزع الانتقائي

هو تآكل موضعي يتضمن نزع وزوال العنصر الاكثر نشاطا من مكونات السبيكة [15].

رابعاً:- أضرار التأكل على المعادن

1- تغير الابعاد وفقدان الخواص الميكانيكية

يؤدي التأكل إلى فقدان الوزن بسبب انحلال المعدن وبالتالي إلى تغير أبعاده ، لذلك تعطى في الغالب بعض السماحات للتأكل (Corrosion Allowance) عند وجوده وعند التصميم وتكون هذه السماحات أكبر سمكاً في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل عالية منها في الأوساط التي يكون فيها معدلات التآكل منخفضة .

شكل (3) : التغير في خواص المعدن المتآكل

2- المظهر

يتأثر مظهر المعدن بدرجة كبيرة عند إصابته بالتآكل حيث يظهر المعدن دائماً بمظهر سيىء . لذا يجب استخدام معادن مقاومة للتآكل الجوي مثل الألمنيوم أو الفولاذ المقاوم للصدأ بلاً من الفولاذ الكربوني.

3- الأضرار الإقتصادية بسبب الإجراءات الوقائية

إن الأضرار الإقتصادية الناتجة عن التأكل عديدة ومهمة ، حيث يسبب هذا الفشل في كثير من الأحيان توقف المصانع عن العمل توقف غير مبرمج ، وما يوافق ذلك من كلف إقتصادية إضافية غير متوقعة .[16]

4- تلوث المنتجات

إن نواتج التأكل تؤدي إلى تغيير الطبيعة الكيميائية للوسط ، أي تلوثه وفي الغالب يكون ذلك غير مرغوب فيه حيث أن المتطلبات التجارية هي الحصول على منتج نقي ذي مواصفات محددة وخالي من التلوث .والأمثلة على ذلك عديدة منها تلوث المنتجات الغذائية المعلبة بسبب حصول درجة بسيطة في التآكل في العلبة التي تحفظ فيها تلك المادة الغذائية.

5- فقدان السلامة

يؤدي التآكل أحياناً أو في كثير من الأحيان إلى حصول كوارث إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية الكفيلة بإيقافه أو الحد منه فمثلاً التعامل مع المواد الخطرة مثل الغازات السامة وحامض الهيدروفلوريك والأحماض المركزة [17].

الفصـــــل الثانـــي

الفصل الثاني
تقنية النانو

أولا : مفهوم تقنية النانو

أصبحت تقنية النانو في طليعة المجالات الأكثر أهمية وإثارة في الفيزياء، الكيمياء، الأحياء والهندسة ومجالات عديدة اخرى. فقد أعطت أملاً كبيراً لثورات علمية في المستقبل القريب ويعود الإهتمام الواسع بتقنية النانو إلى الفترة مابين 1996 إلى 1998م عندما قام مركز تقييم التقنية العالمي الامريكي (WTEC) بدراسة تقويمية لأبحاث النانو وأهميتها في الإبداع التقني. وخلصت الدراسة إلى نقاطٍ من أهمها أن لتقنية النانو مستقبلاً عظيماً في جميع المجالات الطبية والعسكرية والمعلوماتية والالكترونية والحاسوبية والبتروكيميائية والزراعية والحيوية وغيرها، وأن تقنية النانو متعددة الخلفيات فهي تعتمد على مبادئ الفيزياء والكيمياء والهندسة الكهربية والكيميائية وغيرها إضافةً لتخصص الأحياء والصيدلة.[18]

ويعتمد مفهوم تقنية النانو على اعتبار أن الجسيمات التي يقل حجمها عن مائة نانومتر (النانومتر جزء من الف مليون من المتر) تُعطي للمادة التي تدخل في تركيبها خصائص وسلوكيات جديدة. وهذا بسبب أن هذه الجسيمات (والتي هي أصغر من الأطوال المميِّزة المصاحبة لبعض الظواهر) تُبدي مفاهيم فيزيائية وكيميائية جديدة ، مما يقود إلى سلوك جديد يعتمد على حجم الجسيمات. وقد لوحظ ، كمثال لذلك ، أن كلاً من التركيب الإلكتروني، التوصيلية ، التفاعلية ، درجة الانصهار والخصائص الميكانيكية للمادة تتغير كلها عندما يقل حجم الجسيمات عن قيمة حرجة من الحجم. حيث كلما اقترب حجم المادة من الأبعاد الذرية كلما خضعت المادة لقوانين ميكانيكا الكم بدلاً من قوانين الفيزياء التقليدية .[19]

أن كلمة النانو مشتقة من الكلمة الأغريقية (Dwarf) والتي تعنى جزء من البليون من الكل ، ويعرف النانومتر بأنه جزء من البليون من المتر، وجزء من الألف من الميكرومتر، وتتمثل تقنية النانو في توظيف التركيبات النانونية في أجهزة وأدوات ذات أبعاد نانوية ، ومن المهم معرفة أن مقياس النانو صغير جداً جداً بحيث لا يمكن بناء أشياء أصغر منه.[20]

إن اعتماد سلوك المادة على حجمها يمكننا من التحكم بهندسة خواصها ، وبناءً عليه فقد استنتج أن لهذا المفهوم آثاراً تقنية عظيمة تضم مجالات تقنية واسعة ومتنوعة تشمل إنتاج مواد خفيفة وقوية ، إختزال زمن توصيل الدواء النانوي إلى الجهاز الدوري البشري، زيادة حجم استيعاب الأشرطة المغناطيسية وصناعة مفاتيح حاسوب سريعة... الخ. وبشكلٍ عام فإن تقنية النانو هي تلك التي تتعامل مع تراكيب متعددة من المواد ذات أبعاد من رتبة النانومتر.

وعلى الرغم من أن تقنية النانو حديثة نسبياً ، فإن وجود أجهزة تعمل بهذا المفهوم وتراكيب ذات أبعاد نانوية ليس بالأمر الجديد، والواقع أن وجودها يعود إلى عمر الأرض وبدء الحياة فيها. حيث من المعروف ان الأنظمة البيولوجية في الجسم الحي تقوم بتصنيع بعض الاجهزة الصغيرة جدا والتي تصل الى حدود مقياس النانو. فالخلايا الحية تعد مثالا مهما لتقنية النانو الطبيعية، حيث تُعد الخلية مستودعا لعدد كبير من الآلات البيولوجية بحجم النانو ويتم تصنيع البروتينات داخلها على شكل خطوط مجتمعة بحجم النانو تسمى ريبوزومات ثم يتم تشكيلها بواسطة جهاز نانوي آخر يسمى جولجي. بل ان الانزيمات هي بنفسها تعد آلة نانوية تقوم بفصل الجزيئات او جمعها حسب حاجة الخليه. وبالتالي فيمكن للآلات النانوية المصنعة ان تتفاعل معها وتؤدي الهدف المنشود مثل تحليل محتويات الخلية ، ايصال الدواء اليها او ابادتها عندما تصبح مؤذية. [21]

ثانياً : ميزات تقنية النانو

هناك مميزات عديدة لتقنية النانو والتي تمتاز بها عن التقنيات الاخرى وكما في الجدول (1):[22]

الاساس	الميزة
إمكانية التحكم في الذرات	إمكانية بناء أي مادة في الكون لان الذرة هي وحدة البناء لكل المواد.
الخصائص الفيزيائية والكيميائية	اكتشاف خصائص مميزة للمواد يستفاد منها في الكثير من الاختراعات والمجالات التطبيقية.
ارتباط تقنية النانو بالعلوم	تربط العلوم وتشجع الجميع باختلاف

	تخصصاتهم العلمية على الدخول في مجالها والتعاون فيما بينهم.
صناعة مواد والالات ذات جودة عالية	تصبح خصائص المواد والآلات أفضل فهي اصغر واخف وأقوى وأسرع وارخص واقل استهلاكا للطاقة.
الأبحاث العلمية.	تعتمد تقنية النانو على الأبحاث العلمية التي تتصف بإمكانية تطبيقها في اختراعات واستخدامات مفيدة تحول الخيال العلمي إلى واقع حقيقي.

ثالثاً : خواص المواد النانوية

يمكن القول أن المواد النانوية هي تلك الفئة المتميزة من المواد المتقدمة التي يمكن إنتاجها بحيث تتراوح مقاييس أبعادها أو أبعاد حبيباتها الداخلية بين 1 نانومتر و 100 نانومتر وقد أدى صغر هذه المواد أن تختلف صفاتها عن المواد الأكبر حجما(أكبر من 100 نانومتر.) وتعد هذه المواد هي مواد البناء للقرن الحادي والعشرين وركن مهم من أركان تكنولوجيات هذا القرن .وتتنوع المواد النانوية من حيث المصدر ,وتختلف باختلاف نسبها , كأن تكون مواد عضوية أو غير عضوية – طبيعية او مخلّقة (مصنّعة) وللمواد النانوية خواص تتميز بها ومنها :

1- **الخواص الميكانيكية** :ترتفع قيم الصلابة للمواد الفلزية وسبائكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة إجهادات الأحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب ذراتها , فمثلاً إذا قمنا بتصغير حبيبات المواد السيراميكية إلى إكسابها المزيد من المتانة وهي صفة لا توجد في مواد السيراميك العادية.

2- **درجة الانصهار** :تتأثر قيم درجات حرارة انصهار المادة بتصغير أبعاد مقاييس حبيباتها فمثلاً درجة انصهار الذهب هي 1064 درجة مئوية , واذا قمنا بإنقاص أقطار حبيبات الذهب فإن درجة الانصهار تنقص حوالي 500 درجة مئوية.

3- **الخواص المغناطيسية** :تعتمد قوة المغناطيس اعتماداً كلياً على مقياس أبعاد حبيبات المادة المصنوع منها المغناطيس , وكلما صغر حجم الجسيمات النانوية وتزايدت مساحة أسطحها الخارجية ووجود الذرات على تلك الأسطح كلما زدات قوة المغناطيس وشدته .

4- **الخواص الكهربائية** :إن صغر أحجام حبيبات المواد النانوية يؤثر إيجاباً على خواصها الكهربائية حيث تزداد قدرة المواد على توصيل التيار الكهربائي , حيث تستخدم المواد النانوية في صناعة أجهزة الحساسات الدقيقة والشرائح الالكترونية في الأجهزة الحديثة وهي ذات مواصفات تقنية عالية .

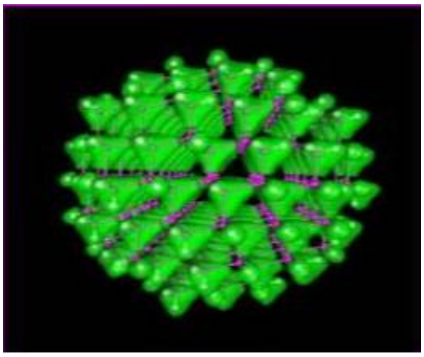
5- **الخواص الكيميائية** :إذا كانت الجسيمات النانوية متجانسة وبنفس الحجم فإن تفاعلها يزداد.[23]

رابعاً : اشكال المواد النانوية

تتخذ المواد النانوية أشكالاً عدة ، لكل منها تركيب وخصائص ومقياس لقطرها وطولها ، ولكل منها استخدامات مميزة أيضا ، ويمكن تصنيف المواد النانوية حسب الشكل إلى:

1- النقاط الكمية (Quantum Dots)

هي عبارة عن تركيب نانوي شبه موصل ثلاثي الأبعاد يتراوح بعدة بين 2 و10 نانومتر، وهذا يقابل 10 -50 ذرة في القطر الواحد، و 100 -100000 ذرة في حجم النقطة الكمية الواحدة .وعندما يكون قطر النقطة الكمية يساوي 10 نانومتر فإنه إذا رصفنا 3 ملايين نقطة كمية بجانب بعضها البعض نحصل على طول يساوي عرض إصبع إبهام الانسان والشكل (4) يوضح النقاط الكمية .[24]



شكل (4) النقاط الكمية

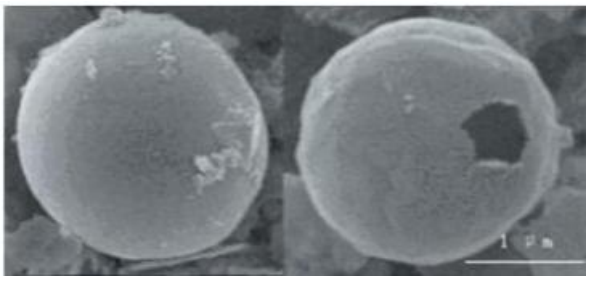
2- الفولورين

تركيب نانوي غريب آخر للكربون وهو عبارة عن جزيء مكون من 60 ذرة كربون ورمز لها بالرمز, C60 وقد اكتشف عام 1985 .إن جزيء الفولورين كروي يشبه كرة القدم المنقطة كما في الشكل (5) وهو يحضر منذ اكتشافه وحتى الآن بكميات تجارية، وقد سمي بالفولورين نسبة للمخترع والمهندس المعماري "بكمنستر فولر".

شكل (5) الفولورين

3- الكرات النانوية Nano balls

من أهمها كرات الكربون النانوية التي تنتمي إلى فئة الفولورينات من مادةC60 ولكنها تختلف بالتركيب حيث أنها متعددة القشرة، كما أنها خاوية المركز. والكرات النانوية لا يوجد على سطحها فجوات وبسبب أنا تركيبها يشبه البصل فقد سماها العلماء (البصل)، وقد يصل قطر الكرة الواحدة إلى500 نانومتر أو أكثر والشكل (6) يوضح الفولورين.

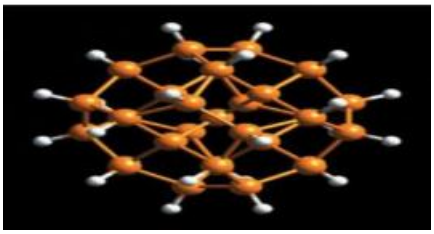


شكل (6) الكرات النانوية

4- الجسيمات النانوية

على الرغم من أن كلمة (الجسيمات النانوية) حديثة الاستخدام، الا ان هذه الجسيمات كانت موجودة في المواد المصنعة أو الطبيعية منذ قديم الزمان .ويمكن تعريف الجسيمات النانوية على أنها عبارة عن تجمع ذري أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عددها من بضع ذرات (جزيء)

إلى مليون ذرة، وتكون مرتبطة مع بعضها البعض بشكل كروي تقريباً ونصف قطره أقل من 100 نانومتر كما في الشكل (7) .



شكل (7) الجسيمات النانوية

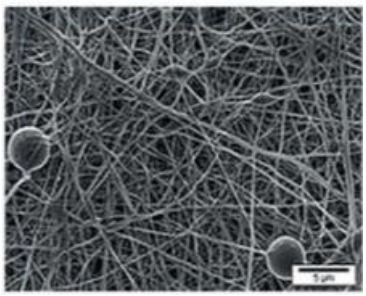
5- الأنابيب النانوية Nano tubes

هي عبارة عن شرائح تطوى بشكل اسطواني، وغالباً تكون نهاية الانبوب مفتوحة والاخرى مغلقة بشكل نصف دائرة. تصنع من مواد عضوية (كربون) أو مواد غير عضوية (أكاسيد الفلزات كأسيد الفناديوم والمنجنيز). تتمتع هذه الانابيب بالقوة والصلابة والناقلية الكهربائية، ولكن أكاسيد الفلز ات تكون أثقل وأضعف من أنابيب الكربون والشكل (8) يوضح الانابيب النانوية .

شكل (8) الانانبيب النانوية

6- الالياف النانوية

القت هذه المواد اهتماماً كبيراً مؤخراً لأهميتها الصناعية. وتتخذ عدة أشكال كالالياف السداسية والحلزونية واألالياف الشبيهة بحبة القمح . تتميز بأن مساحة سطحها إلى حجمها كبيرة حيث أن عدد ذرات السطح كبيرة بالنسبة للعدد الكلي، وهذا ما يكسبها خواص ميكانيكية مميزة كالصلابة وقوة الشد وغيرها والشكل (9) يوضح الالياف النانوية .



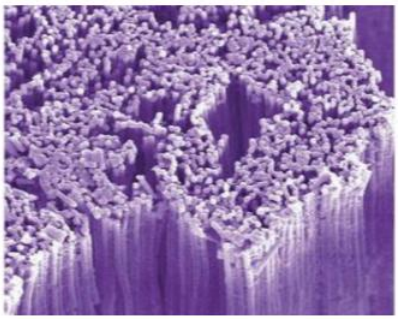
شكل (9) الالياف النانوية

7- المركبات النانوية (Nanocomposites)

هي عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية خلال تصنيعها، ونتيجة لذلك يحدث تحسناً كبيرا في خصائصها ، وقد يؤدي إضافة أنواع أخرى من الجسيمات النانوية إلى تحسين الخصائص الضوئية وخصائص العزل الكهربائي , وكذلك الخصائص الميكانيكية مثل الصلابة والقوة.

8- الاسلاك النانوية

هي أسلاك نانوية قد يقل قطرها عن نانومتر واحد وبأطوال مختلفة، أي نسبة طول إلى عرض تزيد عن 1000 مرة ، لذا فهي تلحق بالمواد ذات البعد الواحد وهي تتفوق على الاسلاك العادية لأن الاكترونات فيها باتجاه جانبي واحد مما يجعلها تحتل مستويات طاقة محددة تختلف عن تلك المستويات العريضة الموجودة في المادة المحسوسة. وتتخذ أشكالاً متعددة منها حلزونية أو متماثلة خماسية والشكل (10) يوضح اطوالاً مختلفة للاسلاك النانوية .[25]



شكل (10) الاسلاك النانوية

خامساً : تصنيف المواد النانوية

1- المواد النانوية احادية الابعاد:

تقع تحت هذه الفئة جميع المواد التي يقل احد مقاييس ابعادها عن 100 نانومتر ، وسميت هذه الفئة بالمواد النانوية احادية الابعاد (اي التي لها بعد نانوي واحد فقط). ومن امثلة هذه المواد الرقائق او الاغشية Thin Layers الموظفة في اعمال طلاء الاسطح التي تستخدم في طلاء اسطح المنتجات الفلزية بفرض حمايتها من التآكل بالصدأ .

2- المواد النانوية ثنائية الابعاد :

يشترط في هذه الفئة من المواد النانوية ان يقل مقياس بعدين من ابعادها عن 100 نانومتر. وتعد الانابيب او الاسطوانات النانوية (Nanotubes) ومنها انابيب الكاربون النانوية والالياف النانوية وكذلك الاسلاك النانوية Nanowires)) نماذج مهمة لتلك الفئة من المواد. وتعد انابيب الكاربون النانوية مواد داعمة ومقوية لقوالب الفلزات لرفع قيم صلادتها وتحسين خواصها الميكانيكية، وعلى الاخص رفع مقاومتها للانهيار .

3- المواد النانوية ثلاثية الابعاد :

تعد الكريات النانوية ثلاثية الابعاد ، مثل الحبيبات النانوية وكذلك مساحيق الفلزات والمواد السيراميكية فائقة النعومة ، امثلة لهذه الفئة من المواد التكنولوجية المهمة التي نعتت بانها ثلاثية . نظرا الى مقاييس ابعادها على المحاور الثلاثة X ،Y، Z تقل عن 100 نانومتر. ومن الجدير بالذكر ان هذه الفئة من المواد النانوية ثلاثية الابعاد سواء كانت على هيئة حبيبات ام مساحيق فائقة النعومة تتصدر قائمة الانتاج العالمي من المواد النانوية بوجه عام وذلك نظرا لتعدد استخداماتها في المجالات والتطبيقيات التكنولوجية الحديثة .[24]

سادساً : تطبيقات النانو تكنولوجي:

مجالات استخدام تقنية النانو في الوقت الحاضروفي المستقبل في مختلف النواحي والمجالات الحياتية وهي خلاصة ما يهم من هذه التقنية فالعلماء يسعون لاستخدامها في خدمة البشرية وكما موضح في الجدول (2) .

ت	المجال	تطبيقاته
1	الطب	ساهم تطور تقنية النانو على تغيير القواعد الطبية المتبعة في منع الأمراض وتشخيصها وعلاجها وأصبحنا نعيش عصر التقنية الطبية النانوية ويمكن بواسطة هذه التقنية تصوير خلايا الجسم بسهولة و كذلك يمكن التحكم بتلك الخلايا وتشكيلها بأشكال مختلفة. إضافة إلى استخدام الليبوزوم النانوية المصنعة كأنظمة توصيل للعقارات المضادة للسرطان واللقاحات و أجهزة الاختبار المنزلي للكشف عن الحمل. [26] وكذلك لها دور كبير في الكشف عن الامراض وعلاج امراض السرطان وتصنيع الادوية والعقاقير ، حيث أدخل حاليا مصطلح جديد إلى علم الطب هو النانو بيوتك وهو البديل الجديد للمضادات الحيوية وهذه التقنية سوف تحل الكثير من مشاكل البكتيريا المقاومة للمضادات الحيوية التي أحدثت طفرات تحوّل تأثير المضاد الحيوي على هذه البكتيريا .حيث يقوم النانو بيوتك بثقب الجدار الخلوي البكتيري أو الخلايا المصابة بالفيروس مما يسمح للماء بالدخول إلى داخل الخلايا فتقتل.[23]
2	الصناعة	- صناعة الطائرات والسيا رات : لتحسين الصناعة في هذا المجال ,فهي تدخل على سبيل المثال في صناعة الأبواب والمقاعد والدعامات , ومن أهم مميزات القطع المحسنة أنها صلبة وذات مرونة عالية بالإضافة إلى أنها تتميز بخفة الوزن . - صناعة الزجاج : تدخل تقنية النانو في تحسين الزجاج بشكل عام وتحسين زجاج النوافذ بشكل خاص حيث يصبح عالي الشفافية - صناعة المنتجات الرياضية : تستخدم تقنية النانو في هذا المجال بشكل عام لهدفين ,أولاً لتقوية الأدوات الرياضية ,وثانياً لإكسابها المرونة والخفة - صناعة الدهانات والأصبغة : حيث تتميز هذه الدهانات بأن لها القدرة على مقاومة الخدش والتآكل والتفتت مما يجعلها مناسبة لطلاء السفن والمراكب. - التطبيقات الصحية : أهمها سوائل النانو المضادة للبكتيريا والميكروبات المسؤولة

		عن الكثير من الأمراض .وتتميز بعدم تأثيرها على الأسطح فهي لا تسبب التآكل ولا الصدأ. - صناعة الشاشات :تتميز هذه الشاشات المحسنة عن طريق تقنية النانو بأنها توفر كثيراً من الطاقة التي تستهلك في تشغيلها ,كما أنها تتميز بوضوح ودقة عالية . وبالنسبة لحجمها فهي تتميز بقلة سماكتها وخفة وزنها. - مادة تضاف إلى البلاستيك والسيراميك والمعادن :وتعمل على جعل هذه المواد قوية كالفولاذ وخفيفة كالعظام وستكون لها استعمالات كثيرة خصوصاً في هيكل الطائرات والأجنحة [26]
3	الالكترونيات	تعد الإلكترونيات عصب الحياة الحديثة وقد أضحت عنصرا مهماً في حياتنا اليوم ولا يمكن تخيل حياتنا بدونها كونها مكون رئيسي في جميع الأجهزة الكهربية الحديثة التي نستخدمها اليوم ومما لا شك فيه أن تكنولوجيا النانو أضحى لها دور أساسي وكبير في تطوير صناعة الإلكترونيات المعروفة باسم الالكترونيات النانوي
4	استخدام انظمة للطاقة اكثر صداقة للبيئة	تساهم تقانة النانو في زيادة تقليص الملوثات المنبعثة من محرك الاحتراق من خلال استخدام مرشحات المسام النانوية، والتي تستطيع تنقية وتنظيف العوادم ميكانيكياً من خلال المحولات المحفزة والقائمة على جزيئات المعادن النبيلة النانوية أو من خلال المغلفات المحفزة على جدران الاسطوانة والجزيئات النانوية المحفزة والتي قد تستخدم كذلك كإضافاتٍ للوقود
5	الطاقة النانوية	تستخدم تقنية النانو في مجالات عدة للطاقة التي تتمثل في التخزين والتحويل وتحسين التصنيع ، الذي يؤدي إلى ترشيد استهلاك الطاقة الكهربائية في الإضاءة ، وتعمل تقنية النانو على تحسين كفاءة محرك الاحتراق الداخلي.
6	معالجة المياه	تستخدم تقنية النانو في تصنيع مواد نانوية تعمل على معالجة المياه السطحية ومياه الصرف الصحي والمياه الجوفية ، حيث أنه لديها القدرة الفائقة على التخلص من الملوثات.
7	الاغذية النانوية	أصبحت عملية إنتاج الاغذية تعتمد على تقانة النانو من خلال مشروع تقانة النانو الناشئة PIN التي تتضمن ثلاثة أنواع من الأطعمة مثلا زيت الكانولا الذي يحتوي

على نقاط نانوية تحمل فيتامينات ومعادن ومواد كيميائية نباتية تمر عبر الجهاز الهضمي واليوريا ، والشاي النانوتي بالإضافة إلى شوكولاته الحمية التي تحتوي على كتل نانوية تعمل على تحسين المذاق دون الحاجة إلى إضافة السكر. [27]

.

الفصـــــل الثالث

الفصل الثالث

السيطرة على تآكل المعادن باستخدام المواد النانوية

يقصد بالمتراكبات أو المواد النانوية Materials Composite تلك المجموعة من المواد الهندسية التى يتم إنتاجها عن طريق إضافة نسب وزنية أو حجمية معينة من مادة أو أكثر (المواد الداعمة) Materials Reinforcement لمادة الأساس (مادة القالب)Matrix بحيث يتم دمج وخلط المواد الداعمة مع مادة القالب بشكل جيد مما يضمن الحصول على متراكبة متجانسة تتوزع بداخلها جسيمات المواد الداعمة توزيعا مثاليا ويشترط فى اختيار المواد الداعمة أن تتمتع بالحياد الكامل بحيث لا تتفاعل مع بعضها البعض أو مع مادة الأساس لتحتفظ بهويتها الفردية داخل مادة القالب ويتبلور الهدف من إنتاج المواد المتراكبة فى إضافة خواص معينة لمادة القالب أو إضافة صفات لم تكن متأصلة بها مثلاً إنتاج المتراكبات الداخلة فى صناعة المركبات الجوية الطائرات والفضائية الصواريخ ومكوك الفضاء والمركبات الفضائية المأهولة وغير المأهولة والتلسكوبات الفضائية والأقمار الصناعية (حيث يتم إضافة ألياف الكربون (Fibers Carbon) لسبائك الأمنيوم والتيتانيوم الفلزية المستخدمة فى صناعة أجسام وهياكل المركبات بنسب حجمية مختلفة تعمل على تحسين وتطوير الخواص الميكانيكية لمادة الأساس للسبيكة الفلزية ووقايتها من خطر الأنهيار عند تعرضها للضغوط الجوية المختلفة وعند درجات حرارة متباينة أثناء رحلاتها بالفضاء الخارجي وأن المواد المضافة تعمل على زيادة مقاومة السبيكة ضد عوامل الصدأ والتاكل خلال فترة وجودها فى ظروف بيئية وجوية قاسية بحيث يتم إضافة مساحيق حبيبات مادة كربيد السيليكون لسبائك الألمنيوم التى تزيد من صلادة الفلز وتضيف إليه القوة فى مقومة الأجهادات الخارجية الواقعة عليه اثناء التشغيل.[28]

إن فكرة دمج مادتين أو أكثر داخل مادة أخرى يرجع إلى أكثر من (1000 عام) حين أدرك الأنسان المصرى القديم أن إضافة الألياف النباتية كالقشور الخارجية لحبيبات الرز لقوالب الطوب اللينة – الطوب اللبن – المستخدمة فى أغراض البناء والمصنعة من الطمى (Mud)

تعمل على تقوية ودعم القوالب وحمايتها من التشققات فهى تضيف خواص لم تكن موجودة أصلاَ فى مادة الطمى . نظرا للتطورات السريعة في مجال التكنولوجيا وحاجته لمواد تحمل مواصفات عالية جاء هذا العصر ببزوغ فجر المواد المترا كبة النانوية بشكل عام وذات الأساس البوليمر منها بشكل خاص اذ القت اهتمام العديد من الباحثين والصناعيين وذلك لما تتمتع به من مواصفات عالية منها خفة الوزن ومقاومة ميكانيكية عالية ومقاومة للتاكل بالأضافة لذلك كونها مواد عازلة حراريا وكهربائيا اعتماد على المواد المضافة ، لذا يمكن تعريف المواد المتراكبة النانوية بانها تلك البوليمرات التي تضاف اليها مواد ذات حجم (نانو متر 0–80) وهذه المضافات تكون بشكل ثلاثة انواع هي مواد ثلاثية الابعاد مثل الدقائق النانوية particles) (Nano ، مواد ثنائية الأبعاد مثل الألياف النانوية (Fiber N) و مواد احادية الأتجاه مثل الأطيان النانوية (Clays Nano) [29]

ففي مجال حماية المعادن من التاكل حيث تساهم تقنيات النانو تكنولوجي الحديثة في :

1- إن تميز قوالب متراكبات المواد السيراميكية النانونية بارتفاع صلادتها ومقاومتها للأجهادات الناشئة عن أحمال الضغط مع ثباتها الحرارى والكيميائى فإنها فقيرة فى التوصيل الكهربى والحرارى فتتنوع المواد النانونية المضافة للقوالب من عناصر أو سبائك فلزية أو مواد سيراميكية أو ألياف زجاجية تبعا للخواص المطلوب الحصول عليها والتطبيقات التى ستوظف فيها وتستخدم متراكبات المواد السيراميكية النانونية فى تصنيع منتجات التشغيل التى تعمل عند درجات الحرارة العالية كأجزاء من محركات الصواريخ أو الأجزاء المعرضة لعوامل الصدأ والتآكل أثناء التشغيل كبعض أجزاء الماكينات والمحركات.

2- حماية الصلب الكربوني والذي يمثل الفلز الرئيسي في العديد من الصناعات من التآكل في العديد من الاوساط التآكلية حيث يتم تحضير احجام نانوية مختلفة من جسيمات مادة ثاني أكسيد التيتانيوم واضافتها إلي طلاء الالكيد وان هذا الطلاء الذي يحتوي علي المواد النانونية له تأثير كبير على كفاءة مقاومة تآكل الصلب الكربوني في حمض الكبريتيك . [30]

3- اضافة احجام نانونية مختلفة من جسيمات مادة ثاني أكسيد التيتانيوم (من 150 إلي 10 نانومتر) إلي طلاء الالكيد يؤدي إلي زيادة كفاءة طلاء الالكيد في مقاومة تآكل الصلب الكربوني في حمض الكبريتيك. كما أن كفاءة طلاء الالكيد كمانع لتآكل الصلب الكربوني تقل بزيادة الاحجام النانونية من جسيمات مادة ثاني أكسيد التيتانيوم .

4- ويوفر الطلاء النانوي حماية دائمة من ظروف الطقس والتلوث. يمكن استخدامها مع المباني القائمة لإطالة عمر البناء من خلال حماية الخرسانة من التأكل والتصدع بسبب الظروف الجوية و يعمل هذا الطلاء على تقليل التصاق الماء بجدران المنزل فلا تعلق قطرات المطر على الجدار ولايبتل كما في الأسطح العادية.

5- وتعتبر خواص الصلادة (Hardness properties) من أهم الخواص التي تم الاستفادة فيها من صغر حجم الحبيبات النانوية وجود إعداد كبيره من ذرات المادة على السطوح الخارجية فمثلا ترتفع قيم الصلادة للمواد الفلزية وسبائكها وكذلك تزيد مقاومتها لمواجهة إجهاد الأحمال المختلفة الواقعة عليها وذلك من خلال تصغير مقاييس حبيبات المادة والتحكم في ترتيب الذرات .

6- يؤدي تصغير مقاييس حبيبات المواد السيراميكية الى اكتسابها المزيد من المتانة او اكتسابها صفة لا توجد في مواد السيراميك المعروفة بقاصفتيها ومقاومتها للتشكيل. تظهر نتائج الأبحاث الهادفة إلى تطوير المواد السيراميكية ورفع قيم مواصفاتها المختلفة لغرض خلق أنواع جديدة. [31]

7- استخدام حبيبات كربيد التيتانيوم في تصنيع أدوات القطع والحفر المستخدمة في تقطيع الأجسام شديدة الصلادة وكذلك في الوصول إلى مكامن زيت النفط وبحيرات المياه الجوفية من خلال التعامل مع صخور الطبقات الجيولوجية عالية الصلادة وذلك بدلا من استخدام مادة الماس الأسود مرتفع الثمن والذي تنخفض خواصه عن خواص هذه المواد النانوية الجديدة

8- ان الحبيبات النانوية ذات الصلادة والمتانة المرتفعة مثل حبيبات مادة أوكسيد الألمنيوم واوكسيد الزركونيوم مجالا تطبيقيا مهماً، حيث توظف في تغليف الأسطح الداخلية لأسطوانات المحركات من اجل زيادة العمر الافتراضي لتلك المحركات ووقايتها من الصدأ الذي تتعرض له في إثناء التشغيل نتيجة لتلامس مكوناتها الفلزية مع بعضها خاصة في الأماكن مرتفعة الحرارة والتي تفقد معها الزيوت المستخدمة في التبريد كفاءتها .

9- تعد الأغلفة المكونة والمؤلفة من حبيبات النانو الفلزية التي تدمج مع حبيبات أخرى من مواد السيراميك احد المفاتيح المهمة الموظفة في صناعة أجسام الطائرات والمركبات الفضائية الأخر لغرض تحاشي ظاهرة الاجهادات الواقعة عمليا نتيجة تعرض أجسامها ديناميكيا للضعف .

10- تعمل الحبيبات المكونة للأغلفة التي تغطى بها أسطح هياكل المركبات الفضائية بمنع امتداد الشقوق التي تقع على الجسم ووقف تقدمها وزحفها مما يحافظ على سلامة ومتانة الطائرات وحمايتها من التآكل ، مما يزيد من أعمارها الافتراضية إلى نسب تتراوح بين % 211 و % 111، وتجدر الإشارة إلى ارتفاع قدرة المواد النانوية في وقف امتداد الشروخ بأجسام المركبات الفضائية ناتج عن تناهي صغر مقاييس إبعاد حبيباتها.

11- يستخدم لحماية المعادن أنواع خاصة من الأطلية السطحية أو عمليات تغيير التركيب السطحي للمعدن أو الخلائط المعدنية ، ودمج الطريقتان الأخيرتان هما خلاصة بحوث متطورة في علم الحماية من التآكل وتم انتاج فولاذ جديد ، مقاوم للتآكل ، مطور باستخدام بنى نانوية غير منتظمة ، فعند بداية حدوث التآكل ، يتشكل على سطح بعض المعادن طبقة اوكسيدية كما يحدث في الزنك والكروم، والتي تمنع من امتداد التآكل للداخل بحيث تمنع الأوكسجين من تكملة الهجوم إلى الطبقات الداخلية. في حال لم تتشكل طبقات واقية، يستمر تآكل المعدن، مما ينتج عنه سطح معدني مسامي وهش ، مما يؤدي لانهيار الهيكل الأساسي كما في حالة السيارات و السفن.

12- قيام فريق عالمي باشراف علماء من معهد ماكس بلانك Max Planck Institue/ألمانيا، بتحليل الفولاذ عديم الشكل amorphous steel الحاوي على الحديد، الكروم، الموليبدن، البور والكربون. اكتشفوا أن بنية المواد الأكثر انتظاما هي الأكثر قابلية لأن تتآكل. إذا لم تتوزع عناصر الخليطة المعدنية ضمن بنية بلورية منتظمة، وتم توزيعها بشكل عشوائي، عندها سيتم حماية السطح من التآكل

13- قيام باحثو معهد ماكس بلانك و لأول مرة باكتشاف كيف يمكن لبنى الخلائط المعدنية ذات الصيغة الكيميائية Fe50Cr15Mo14C15B6 وعلى المستوى الميكروئي والنانوي أن تؤثر على آلية حدوث التآكل ، وتعد هذه الخليطة من عائلة الفولاذ عديم الشكل ، والمستخدمة كطلاء لمنع التآكل الاحتكاكي حيث تكون العناصر المشكلة لها موضوعه بشكل غير منتظم . كون هذه الخليطة مشابهة للفولاذ الحاوي على الكروم – الموليبدن و المناطق الأكثر عشوائية على سطح الخليطة هي أكثر المناطق مقاومة للتآكل ضمن الشروط العادية ، يكون تآكل الكروم ضعيفا بسبب تشكل طبقة أوكسيدية رقيقة على سطحه. يحدث نفس الشيء على سطح الخليطة غير المنتظمة المعدنية ، بينما لا يحدث ذلك على سطح الخليطة المتبلورة.

14- تعد قوالب الفلزات أكثر أنواع القوالب شيوعا واستخداما ويتوقف اختيار الفلز المستخدم فى تصنيع مادة القالب على الغرض من استخدام المتراكبة النانونية والخواص المرجوة منها فإذا كان الهدف تأليف متراكبات للأستخدام فى بيئة أو أجواء مؤكسدة عند درجات الحرارة العالية فإن قوالب فلز التنجستن تكون الأنسب لهذا الغرض بسبب الثبات الحرارى والكيميائى لفلز (التنجستن) المقاوم للأنصهار وقوالب العناصر الفلزية النانونية الخفيفة مثل الالمنيوم والماغنسيوم تجد مكانا مرموقا فى الصناعات التى يكون مقاومة التآكل فيها عاملا مهما كصناعة السيارات والطائرات والمركبات الفضائية وتتألف المتراكبات الفلزية النانونية من قوالب لمواد فلزية تضاف إليها نسبة حجمية بسيطة من مواد مدعمة لعناصر فلزات حرة أو مواد سيراميكية . [32]

الخاتمـــــة

إن التطور التكنولوجى المذهل فى شتى الميادين أصبحت الصناعات والتطبيقات الحديثة تتطلع لأنواع جديدة من مواد غير تقليدية (المواد المتقدمة Materials Advanced) لكونها مواد حديثة يتم توظيفها فى تطبيقات تكنولوجية متقدمة لم تكن معروفة من قبل فإن التطبيقات المتقدمة والصناعات الحديثة تتطلب مواد تجتمع فيها خواص فريدة ومتعددة قد لا تتوافر مجتمعة فى مادة واحدة من المواد التقليدية كالمواد الفلزية / المواد السيراميكية / البلمرات وتعد المواد المتراكبة نانونية الحبيبات (المتراكبات النانونية Materials Nanocomposite /) واحدة من أهم فئات المواد المتقدمة كنتيجة لتزاوج العقل البشرى بإمكاناته الخلاقة مع التكنولوجيات الحديثة فى مجالات إنتاج المعادن والفلزات والمواد الهندسية المقاومة للتاكل

اذ يعد التآكل أخطر المشاكل التي تهدد الصناعة وهو عبارة عن تآكل أجزاء من المعادن والفلزات المستخدمة في الصناعات المختلفة والمنشآت بفعل العديد من العوامل الكيميائية والطبيعية ، وقد قدرت الخسائر السنوية الناجمة عن التآكل بحوالي 70 بليون دولار سنويا في الولايات المتحدة الأمريكية وحدها وهي خسارة باهظة بسبب ما يسببه من تلف المعادن والفلزات وقد أجريت عدة أبحاث في الدول المتقدمة لتقدير تكلفة التآكل علي الاقتصاد القومي حيث قدرت نسبة الخسارة والتكلفة الناتجة عن التآكل بنحو 4 – 2.4%

حيث تعاني المعادن المعرضة للهواء للأكسدة، أو مايعرف بتآكل المعدنmetal corrosion ، وتعتبر هذه الظاهرة سيئة خصوصاً عند استعمال المعادن في الأبنية واللانشاءات الكبيرة، حيث يسبب تآكل المعادن، خسارة بحوالي 75 مليار يورو من الناتج الاقتصادي السنوي في ألمانيا وحدها .

أما الأضرار الاقتصادية الناتجة عن التآكل فهي عديدة ومهمة ، حيث يسبب في كثير من الأحيان توقف المصانع عن العمل ، مما يؤدي إلى التسبب بحدوث تكلفة اقتصادية إضافية غير متوقعة ، كذلك فإن حصول التآكل يؤدي إلي ارتفاع تكلفة الصيانة الدورية حيث يتطلب في كثير من الحالات تبديل الجزء المعدني التالف بجزء آخر جديد .

كما يؤدي التآكل في كثير من الأحيان إلي حصول كوارث إذا لم تتخذ الإجراءات الوقائية الكفيلة بإيقافه أو الحد منه فمثلاً التعامل مع المواد الخطرة مثل الغازات السامة والأحماض المركزة والمواد القابلة للاشتعال والمواد المشعة والمواد الكيميائية في درجات حرارة عالية وعند ضغط عال يتطلب استعمال مواد معدنية معينة لا تتآكل بدرجة كبيرة في مثل هذه الظروف .

وتعتمد فكرة البحث الحالي علي استخدام تقنية النانوتكنولوجي الحديثة في مجال حماية المعادن والفلزات من التآكل وهي من الاساليب الحديثة والجديدة وذات الفاعلية الكبيرة في حماية المعادن والفلزات من التآكل .

وتعد تقنية النانو من اهم التقنيات للقرن الواحد والعشرون المعروفة حتى يومنا هذا ويتزايد الأهتمام بها يوما بعد يوم في كافة مجالات الحياة ، وفي السنوات القليلة القادمة سوف تقود تطبيقات النانو تكنولوجي الأختراعات والأبداعات المتطورة وتساهم بشكل كبير في تطوير الأقتصاد.

المصـــــــادر

1) Qahtan Khalaf Al-Khazraji, Abdul Jawad(1987): Mohammed Ahmed, "Corrosion - its causes - Types of protection methods University of Baghdad, p55.

2) Issam Kamil Salih;(2003) "Inhibitor Effect of Benzoytriazok on The Corrosion of Mild Steel in Sulfuric Acid Solution"; Engineering & Technology,Vol.22, No.6; p25.

3) JE Breakell, M Siegwart, K Foster, D Marshall, M Hodgson,R1Cottis, S Lyon (2005). Management of Accelerated Low WaterCorrosion in Steel Maritime Structures, Volume 634 of CIRIASeries, ISBN 0-86017-634-7.

4) Rehan, N.A. Al-Mobarak, H.A. Al-Rafai;(2002) "Evaluation of Chromates Dezincification Inhibitors for α- Brass (Cu/Zn: 64/36) in 3% Chloride Buffer Solution"; Portugaliae Electrochimiea Acta 21, pp99-116;p73.

5) Mohamed Zakaria Meshael, Iyad Aboud, 2012 "Corrosion tests (rust)" University of Aleppo / Faculty of Mechanical Engineering / Engineering Materials Science.p38

6) Issa Masoud Baghni (2006): Basics of Corrosion Engineering, First Edition, National Book House, Benghazi, Libya, p109.

7) https://ar.wikipedia.org/wiki/

8) Qassim Saad Abdel Wahid, 2018 «Corrosion« University of Qadisiya Faculty of Engineering, Department of Materials Engineering,p33

9) Jamal al-Din, Haidar Hussein Jaber, 2015 " The Concept of Corrosion " University of Pabl Faculty of Materials Engineering,p45.

10) R.Winstone.R,"Uhlig's corrosion handbook"2nd edition ,John Wiley and sons Inc.,(2000), New York, pp.3-343.

11) Huang R.T.,(2000); "Corrosion Protection of Carago Tank", Chererson shipping company, Tokyo, Japan,p62

12) M.E. Botello –Zubiate ,(2004) ;" Influence Of Magnetic Water Treatment On The Calcium Carbonate Phase Formation And The Electrochemical Corrosion Behavior Of Carbon Steel" ,Journal of Alloys and Compounds 369, p 256–259.

I. J. Lin , and , J. Yotvat , " Exposure Of Irrigation And Drinking Water To Magnetic Field With Controlled Power And Direction",Jornal of magnetism and magnetic materials,(1990),pp.525-526

13) Ahmed.Saddam.M.,(2009); "Effect Of Magnetic Water On Engineering Properties Of Concrete " , Al-Rafidain engineering ,Vol.17,No.1,p87.

14) Rameen S. AbdelTawab ,et.al.,(2011)" Testing Commercial Water Magnetizers: A Study Of TDS and PH" Fifteenth International Water Technology Conference, IWTC -15, Alexandria, Egypt,p54

15) R. Zuo; D. Örnek; B.C. Syrett; R.M. Green; C.-H. Hsu; F.B. Mansfeld; T.K. Wood (2004). "Inhibiting mild steel corrosion from sulfate-reducing bacteria using antimicrobial-producing biofilms in Three-Mile-Island process water". Appl. Microbiol. Biotechnol. 64 (2): 275–283. doi:10.1007/s00253-003-1403

16) Gerhardus H. Koch, Michiel P.H.Brongers, Neil G. Thompson, Y. Paul Virmani and Joe H. Payer.(2001); "Cost erosion of educational strategies in the United States" –report by CC Technologies Laboratories, Inc. to Federal Highway Administration (FHWA), September.

17) https://ar.wikipedia.org/wiki/ تقنية_النانو

18) Noha Alawi Al-Habashi (2011): What is nanotechnology (a brief introduction in the form of simplified lessons) Ministry of Culture and Information, Saudi Arabia

19) Salihi and Al-Diwaiyan, (2007). Introduction to Nanotechnology, King Saud University, Publication of the Nanotechnology Research Workshop at Universities.p30.

20) Mohamed Sherif Alexandrani (2010): Nanotechnology for a Better Tomorrow, First Edition, Cairo, Egypt

21) Mashaghi ،S.؛ Jadidi ،T.؛ Koenderink ،G.؛ Mashaghi ،A. "Lipid Nanotechnology". Int. J. Mol. Sci. 2013 (14):p 4242–4282. 23- Hillie, Thembela and Mbhuti according to sunil this method of catalysis will surely improve the performances of the old catalysis methodsHlophe. "Nanotechnology and the challenge of clean water." Nature.com/naturenanotechonolgy. November 2007: Volume 2. 24- Suresh Neethirajan, Digvir Jayas. 2009. Nanotechnology for food and bioprocessing industries. 5th CIGR International Technical Symposium on Food Processing, Monitoring Technology in Bioprocesses and Food Quality Management, Postdam, Germany. p8.

22) https://www.almrsal.com/post/147965

23) Hasebe, S. (2003). Design And Operation Of Micro-Chemical Plants - Bridging The Gap Between Nano, Micro And Macro Technologies.- Computer Aided Chemical Engineering, 15: pp. 89-100

24) Andersen, P. (2005) Technology Foresight On Danish Nano-Science And Nano-Technology.- foresight,7 (6): pp.64

25) Nalwa. H. S, Encyclopedia of Nanoscience and Nanotechnology, Stevenson Ranch, American Scientific publishers, 2003.

26) Mansoori. G.A, Principle of Nanotechnology: Molecular based study condensed matter in small systems, World Scientific Publishing Co. 2005.

27) Nanotechnology Challenges Implications for Philosofy Ethics and Society, Edited by J. Schummer and D. Baird, World Scientific Publishing Pte. Ltd., Singaphore 2006

28) John Wiley & Sons,(2010) " Encyclopedia of Polymer Science and Technology", Inc. vol. (9) .

29) R.M.Rofdgers,H.Mahfuz,(2005) "Infusion of SiC Nanoparticles in Epoxy Investigation of Thermal & Mechanical Response ",Macromolecular Mertials and Engineering, vol(290),PP(423- 429)

الفهـــرست

ت	المحتويات	الصفحه
1	المقدمة	2-1
2	الفصل الاول التـــــــآكل	10-3
3	أولا : مفهوم التآكل	4
4	ثانياً : العوامل الرئيسية المؤثرة في معدل تاكل المعادن	7-5
5	ثالثاً : أنواع التاكل	9-8
6	رابعاً : اضرار التاكل على المعادن	10
7	الفصل الثاني تقنية النانو	20-11
8	اولاً: مفهوم تقنية النانو	13-12
9	ثانياً : مميزات تقنية النانو	13
10	ثالثاً : خواص المواد النانوية	5
11	رابعاً : اشكال المواد النانوية	5
12	خامساً : تصنيف المواد النانوية	6
13	سادساً : تطبيقات النانو تكنولوجي	20-7
14	الفصل الثالث السيطرة على تاكل المعادن باستخدام المواد النانوية	25-21
15	الخاتمة	26
16	المصادر	30-27