

استخدام تكنولوجيا النانو للحد من نشاط البكتريا والفيروسات على أسطح المنتجات المعدنية Using nanotechnology to reduce bacterial and viral activities on metal products surfaces

د/ محمد شهدي أحمد

أستاذ مساعد بقسم المنتجات والحلي- كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلون shohdy_kb@hotmail.com

د/ أحمد محمد صبري

المدرس بقسم التعليم الصناعي- كلية التربية- جامعة حلوان asabry.mail@gmail.com

د/ مأمون عبد الحميد مأمون

باحث بمركز بحوث وتطوير الفلزات maamouncmrdi@yahoo.com

أمل عبد الرازق عبد الرحمن

معيدة بقسم التعليم الصناعي- شعبة الصناعات المعدنية- كلية التربية- جامعة حلوان moly.mahran@gmail.com

كلمات دالة Keywords :

تكنولوجيا النانو
Nanotechnology
النشاط البكتيري
Bacterial Activities
النشاط الفيروسي
Viral Activities
المنتجات المعدنية
Metal Products

ملخص البحث Abstract :

إن أسطح المنتجات المعدنية من أكثر الأسطح الناقلة للبكتريا والفيروسات من مستخدم لأخر، ونظرا لتزايد أعداد الأشخاص المستخدمين لهذه المنتجات مثل (المقايض، وسائل التحكم في المياه، لوحات التحكم المعدنية داخل المصاعد الكهربائية، وغيرها) خاصة في الأماكن العامة والمستشفيات وبالإضافة إلى تقشي بعض أنواع البكتريا والفيروسات التي وصلت إلى مستوى الجائحة مثل فيروس كورونا (COVID-19) أصبح حتما على مصمم المنتجات ضرورة البحث عن طرق وأساليب حديثة ومتطورة لمعالجة الأسطح المعدنية بهدف تحسين خصائصها وإكسابها القدرة على مقاومة البكتريا والفيروسات. وكان التساؤل الرئيسي للدراسة هو هل يمكن توظيف نتائج تكنولوجيا النانو في تلافى بعض المشكلات الصحية التي تنتقل للإنسان من خلال استخدام المنتجات المعدنية؟ وهل يمكن معالجة أسطح المنتجات المعدنية باستخدام تكنولوجيا النانو لإكسابها القدرة على مقاومة البكتريا والفيروسات؟ واستهدفت الدراسة: استخدام تكنولوجيا النانو في معالجة أسطح المنتجات المعدنية لتحسين كفاءة أسطح المنتجات المعدنية وإكسابها القدرة على مقاومة البكتريا والفيروسات وكذلك تحديد أنسب الطرق لمعالجة أسطح المنتجات المعدنية باستخدام تكنولوجيا النانو بما يتلائم مع طبيعة المنتج. ضمت فروض البحث: يمكن الإستفادة من تكنولوجيا النانو في تلافى بعض المشكلات الصحية التي يمكن أن تنتقل للإنسان من خلال استخدام المنتجات. يمكن توظيف نتائج تكنولوجيا النانو في معالجة أسطح المنتجات المعدنية لإكسابها القدرة على مقاومة البكتريا والفيروسات. طبقات الطلاء الكهربى المعالجة بنانو الفضة تعمل على تحسين خواص أسطح المنتجات المعدنية وتجعلها مقاومة للبكتريا والفيروسات. منهج البحث: المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التجريبي.

Paper received 18th August 2019, Accepted 20th September 2020, Published 1st of October 2020

مشكلة البحث Statement of the problem :

إن أسطح المنتجات المعدنية من أكثر الأسطح الناقلة للبكتريا والفيروسات من مستخدم لأخر، ونظرا لتزايد أعداد الأشخاص المستخدمين لهذه المنتجات مثل (المقايض، وسائل التحكم في المياه، لوحات التحكم المعدنية داخل المصاعد الكهربائية، وغيرها) خاصة في الأماكن العامة والمستشفيات وبالإضافة إلى تقشي بعض أنواع البكتريا والفيروسات التي وصلت إلى مستوى الجائحة مثل فيروس كورونا كوفيد-19 (COVID-19) أصبح حتما على مصمم المنتجات ضرورة البحث عن طرق وأساليب حديثة ومتطورة لمعالجة الأسطح المعدنية بهدف تحسين خصائصها وإكسابها القدرة على مقاومة البكتريا والفيروسات.

وهذا ما يضعنا بصدد بعض التساؤلات التي تمثل مشكلة البحث وهي :

1. هل يمكن توظيف نتائج تكنولوجيا النانو في تلافى بعض المشكلات الصحية التي تنتقل للإنسان من خلال استخدام المنتجات المعدنية؟
2. هل يمكن معالجة أسطح المنتجات المعدنية باستخدام تكنولوجيا النانو لإكسابها القدرة على مقاومة البكتريا والفيروسات؟

هدف البحث Objective

1. استخدام تكنولوجيا النانو في معالجة أسطح المنتجات المعدنية.

مقدمة Introduction

واجهت البشرية على مر العصور العديد من المشكلات وهددها العديد من الأمراض والأوبئة، وهذا ما جعل العلماء دائمي البحث والتفكير في تطوير التكنولوجيا التي تمكن البشرية من حل ما يواجهها من مشكلات، وبفضل هذه الجهود المستمرة في البحث العلمي شهدت السنوات الأخيرة تسارعا كبيرا في التطور التكنولوجي .

تعد تكنولوجيا النانو من أهم ثمار هذا التطور الهائل؛ حيث استطاعت أن تؤثر في شتى مجالات الحياة من طب وهندسة وعمارة وزراعة وغيرها، ويرجع ذلك لما تكتسبه المواد من خواص مميزة عند مقياس النانو مثل الصلابة العالية والقدرة الفائقة على التوصيل الكهربى والقوة المغناطيسية الهائلة بالإضافة إلى خواص أخرى مستحدثة مثل ذاتية التنظيف ومقاومة البكتريا والفيروسات.

للمنتجات المعدنية أهمية كبرى في حياة المستخدم اليومية، وذلك لما تقوم به من وظائف أساسية وضرورية، وبعض هذه المنتجات يتم التعامل معها يدويا بشكل مباشر عن طريق الالتماس أو اللمس لتأدية وظيفتها مثل أدوات تناول ومقايض الأبواب كما أنه يتم تداولها بين العديد من المستخدمين، لذلك فمن المهم أن يتم توظيف التكنولوجيا الحديثة مثل تكنولوجيا النانو لتحسين خواص أسطح هذه المنتجات وإكسابها بعض الخواص المستحدثة مثل مقاومة البكتريا والفيروسات لتوفير المزيد من الوقاية والحماية لصحة المستخدم .

استخدمه القدماء المصريون في كتاباتهم، حيث يعود سر بقائه منذ أكثر من سبعة آلاف سنة وحتى يومنا هذا إلى احتوائه على دقائق نانوية من الكربون، وكذلك السيف الدمشقي الذي ترجع خفته وصلابته إلى أنه مصنوع من صلب الـتوتوز الهندي الذي يحتوي على خليط من الأنابيب الكربونية النانوية وأسلاك السمنتيت النانوية. (د/ فتح الله الشيخ، د/ محمود موسي - 2009 - ص 23)

(2-2) الخيال العلمي:

المرحلة التي تفتقت فيها أذهان بعض العلماء إلى التفكير في المادة من منظور أكثر عمقا حيث افترض العلماء أن أصغر جزء مكون للمادة قد يتكون من عدة أجزاء أصغر.

ولقد بدأت هذه المرحلة بالتجربة الذهنية "غريت ماكسويل" عام 1867 م التي قام بها جيمس ماكسويل والتي جعلته أول من طرح فكرة التحكم بالذرات، مروراً بتفسير ماكس بلانك لطبيعة الموجات الكهرومغناطيسية من خلال ميكانيكا الكم عام 1900م والذي يعتبر بمثابة إعلان مبكر لتكنولوجيا النانو. (محمد شريف الاسكندراني - أبريل 2010 - ص 43)

إلى أن انتهت بمحاضرة ريتشارد فاينمان "هناك متسع في القاع" عام 1959م والذي تنبأ من خلالها لأول مرة في الأوساط العلمية بإمكانية تحريك الذرات. (فؤاد نمر عجيل - 2016 / 2017 - ص 2، 3، 4)

(3-2) تكنولوجيا النانو بين الإطار النظري والواقع العملي:

في هذه المرحلة أطلق العالم الياباني نوريو تانغوتشي مصطلح تكنولوجيا النانو لأول مرة عام 1974م أثناء محاضراته في جامعة طوكيو مستخدماً إياه لوصف آلات دقيقة كانت بمقياس الميكرو. (د/ منير سالم - 2011 - ص 78)

وتبع ذلك اكتشاف آخر على يد الفيزيائي الفلسطيني منير نايفة عام 1976 م حيث تمكن من رصد ذرة واحدة منفردة من بين ملايين الذرات وكشف هويته لأول مرة في تاريخ العلم، بالإضافة إلى اختراع العالمان الفيزيائيان هنريك روهر (Heinrich Roher) وجير ببنج (Gerd Binnig) التابعان لشركة IBM الأمريكية للميكروسكوب النفقي الماسح عام 1981م.

كما صدر كتاب محررات الإنشاء للعالم إيريك دريكسلر عام 1986م والذي يرجع إليه الفضل في بداية استخدام مصطلح تكنولوجيا النانو كتقنية مستقلة في الأوساط العلمية، وانتهت هذه المرحلة بإنشائه "معهد فورسايت لتكنولوجيا النانو" عام 1989م كمؤسسة غير ربحية تهدف لتوعية الرأي العام بنتائج تكنولوجيا النانو. (د/ محمود محمد سليم صالح - 2015 - ص 50)

(4-2) عصر تكنولوجيا النانو:

لقد أثمرت هذه المرحلة بالعديد من الإنجازات حيث بدأت برسم أصغر شعار في التاريخ لشركة IBM عام 1989م وذلك بتحريك ذرات غاز الزينون الخامل وإعادة ترتيبها على يد فريق بحثي تابع للشركة، كما تمكن الباحثان واين روبينيت (Warren Robinett) وستان وليامز (Stan Williams) من جامعة نورث كارولينا الأمريكية (University of North Carolina) من اختراع جهاز المعالج النانومتري الذي يقوم بتكبير صور الدقائق والجسيمات والكائنات متناهية الصغر مثل البكتيريا والفيروسات، ثم تمكن العالم الأمريكي رونالد بيثون (Donald Bethune) التابع لشركة IBM عام 1993م من رصد أنبوب نانوي (Nano tube) مكون من طبقة واحدة (Single-Wall) يبلغ قطرها 12 نانومتر (محمد شريف الاسكندراني - 2010 - ص 29)، وفي عام 2003م قدمت سالي رامسي أول تجربة للتغليف بالنانو عندما حاولت تطبيق طبقة عازلة للماء فوق الورق، وأخيراً وليس آخراً في عام 2004م بدأت التطبيقات الصناعية لتكنولوجيا النانو من خلال مضرب التنس الذي قدمته للأسواق شركة ويلسون (Wilson) الأمريكية التي استخدمت في صناعته بللورات أكسيد السيلكون النانوية، ثم توالى بعدها العديد من تطبيقات تكنولوجيا النانو التي مازلت مستمرة حتى يومنا هذا ومن المتوقع أن تقاومنا

2. تحسين كفاءة أسطح المنتجات المعدنية وإكسابها القدرة على مقاومة البكتيريا والفيروسات.
3. تحديد أسب الطرق لمعالجة أسطح المنتجات المعدنية باستخدام تكنولوجيا النانو بما يتلائم مع طبيعة المنتج.

أهمية البحث Significance

تتمثل أهمية البحث في محاولة توظيف نتائج تكنولوجيا النانو لحماية صحة المستخدم ووقايته من المشكلات الصحية التي قد تنتقل إليه أثناء استخدام المنتجات المعدنية، مما يؤدي إلى تقليل فرص انتشار العدوى في ظل جائحة الكورونا التي يمر بها العالم.

حدود البحث Delimitations

المنتجات المستهدفة: المقابض - وسائل التحكم في المياه - لوحات التحكم المعدنية داخل المصاعد الكهربائية
الخامات المستخدمة: الإستانليس - الأنثيمونيا المطلية بطبقة من الكروم

التكنولوجيا المستخدمة: تكنولوجيا نانو الفضة
المعالجات الترسيب بالهجرة الكهربية للبوليمرات المركبة مع نانو الفضة (Electrophoretic Deposition) - ترديد البوليمرات المترابطة مع نانو الفضة (Spray)
المكان: تم إجراء التجارب بمركز بحوث وتطوير الفلزات

فروض البحث Hypothesis

1. يمكن الاستفادة من تكنولوجيا النانو في تلافى بعض المشكلات الصحية التي يمكن أن تنتقل للإنسان من خلال استخدام المنتجات.
2. يمكن توظيف نتائج تكنولوجيا النانو في معالجة أسطح المنتجات المعدنية لإكسابها القدرة على مقاومة البكتيريا والفيروسات.
3. طبقات الطلاء الكهربي المعالجة بنانو الفضة تعمل على تحسين خواص أسطح المنتجات المعدنية وتجعلها مقاومة للبكتيريا والفيروسات.

منهج البحث Methodology

المنهج الوصفي التحليلي والمنهج التجريبي.

الإطار النظري Theoretical Framework

1- مفهوم تكنولوجيا النانو:

يقصد بها "التقنية التي تهتم بتصميم وتصنيع المواد والآلات عند مقياس النانو". (د/ شيماء عبد الستار - 2019 - ص 270)
كما يفسر الدارس مفهوم تكنولوجيا النانو على أنه "توظيف الحبيبة المعرفية والعلمية المتعلقة بالنانو في إنتاج مواد نانوية التركيب بهدف الاستفادة من خواصها المستحدثة".

2- نبذة تاريخية حول تكنولوجيا النانو:

لقد مرت تكنولوجيا النانو برحلة طويلة عبر الزمن منذ بدأ الخلق وقبل أن تلتفت إليها البشرية إلى أن دخلت عالم التطبيقات الصناعية ولذا يقسم الدارس تاريخ تكنولوجيا النانو إلى أربعة مراحل رئيسية:

(1-2) ما قبل الاكتشاف:

يقصد بها مرحلة الوجود في الطبيعة قبل اكتشاف العلماء لها فبعض الكائنات الحية مثل السحلية تستطيع أن تتسلق أي نوع من أنواع الأسطح مهما كانت لينة أو زلقة بفضل الشعيرات النانوية الحجم التي تغطي أقدامها مما يسمح لها بالالتصاق على الأسطح بشكل قوي، وكذلك التعدد اللوني الخلاب لأجنحة الفراشات والذي يرجع إلى اعتماد لون الجناح على طبيعة الحدود النانوية المكونة له من حيث سماكتها والمسافة بينها مما يخلق طيفا واسعا من الألوان شديدة اللعان التي يمكن أن تتغير بتغير زاوية النظر.

(Dr. P. Gopinath, 2017, p 4,22)

وشملت هذه المرحلة أيضا استخدام تكنولوجيا النانو بشكل بدائي في بعض منتجات العصور القديمة مثل الحبر الأسود الذي

(2-5) معالجة السطح بتغيير مكوناته كيميائياً :

يعتمد هذا النوع على معالجة سطح المنتج المعدني بالمحاليل الكيميائية عن طريق الغمر أو الدهان حيث يتم التفاعل بين المحلول الكيميائي وسطح المنتج المعدني فيتحوّل إلى مادة جديدة ومثلاً على ذلك

- الأئودة Anodization
- الأكسدة والتلوين الكيميائي Patina & coloring
- الفسفة Phosphating
- الطلاء بالكرومات Chromating
- الكربنة Carburizing
- النتريدة Nitriding
- السنيديدة Cyaniding

حيث يتم في عملية الأئودة تحويل سطح المنتج المصنوع من الألومنيوم إلى أكسيد الألومنيوم ومن ثم صبغه بغمر المنتج في حمام ساخن مضاف إليه صبغة اللون المطلوب، كما يتم في عملية الأكسدة والتلوين الكيميائي غمر المنتج المعدني في محاليل مؤكسدة قوية عند درجات حرارة مختلفة فيتأكسد السطح ويتحول إلى أكسيد المعدن ذو اللون المطلوب ويمكن الحصول على العديد من الألوان من خلال هذه العملية منها الأسود والبني والبرتقالي والأزرق. (د/ محمد العوامي محمد، د/ ياسر عيد محمد علي - 2020 - ص 568، 570)

(3-5) معالجة السطح بإضافة مادة جديدة:

تشمل تثبيت أجزاء من المعدن على سطح المنتج المعدني (عملية اللحام)، كما تشمل عمليات تغطية السطح بطبقة من مادة جديدة.

6- عمليات تغطية أسطح المنتجات المعدنية:

يتم فيها إضافة طبقة من مادة جديدة على سطح المنتج المعدني قد تكون هذه الطبقة معدنية أو غير معدنية.

ويمكن تصنيفها طبقاً للعديد من المعايير منها :

- نوع طبقة الطلاء (طلاءات معدنية، طلاءات غير معدنية)
- التقنية المستخدمة مثل (الطلاء الكهربائي، الطلاء بالرش)
- نوع معدن المنتج مثل (النحاس وسبائك، الحديد وسبائك)

(1-1-6) تصنيف عمليات التغطية طبقاً لنوع طبقة الطلاء

(1-1-6-1) التغطية بطبقات طلاء معدنية:

يتم فيها ترسيب طبقات من المعادن مثل (الذهب، والفضة، والنيكل،.....) على أسطح المنتجات المعدنية، ويتم ذلك من خلال عدد من التقنيات

- الطلاء الكهربائي Electroplating
- الطلاء اللاكهربائي Electroless Plating
- الترسيب بالتبخير الكيميائي (CVD)
- الترسيب بالتبخير الفيزيائي Chemical Vapor Deposition
- الترسيب بالتبخير الفيزيائي Physical Vapor Deposition (PVD)
- الطلاء بالرش بالبلازما Plasma Spray Coating
- الطلاء بالغمر في معدن منصهر Hot- Plating
- Dipping Metal

(الجلفة، القصدرة) (Galvanization)، (Tinning)

(2-1-1-6) التغطية بطبقات طلاء غير معدنية:

يتم فيها طلاء أسطح المنتجات المعدنية بطبقات من المواد غير المعدنية والتي تنقسم إلى الدهانات العضوية والمواد الغير عضوية (الخرزفيات - المينا الزجاجية - اللدائن)، ويتم ذلك من خلال عدد من التقنيات

- الرش (الترنيد) Spraying
- الغمس Hot-Dip
- رش المساحيق بالكهربائية الساكنة (الكتروستاتيك)
- Electrostatic Spraying
- الطلاء بالسيراميك في المحاليل الغروية Sol-Gel

في المستقبل بالمزيد من الإنجازات. (البروفيسور منير نايفه - 2009 - ص 84، 82)

3- المواد النانوية:

النانومتر (nm) هو وحدة قياس تساوي جزء من المليار من المتر (m) أو جزء من المليون من المليمتر". (د/ محمد بن عتيق الدوسري - 2011 - ص 62)

ولقد قدمت تكنولوجيا النانو العديد من المواد النانوية التي تنقسم إلى مركبات نانوية وأجسام نانوية.

(1-3) المركبات النانوية:

عبارة عن مواد يضاف إليها جسيمات نانوية أثناء تصنيعها بهدف تحسين خواصها ومن أشهر المركبات النانوية "مركبات البوليمرية النانوية". (موقع معهد الملك عبد الله لتقنية النانو)

(2-3) الأجسام النانوية:

يقصد بها المواد التي تمتلك بعد نانوي أو أكثر وتنقسم إلى:

(1-2-3) الأجسام النانوية أحادية الأبعاد:

أجسام نانوية يصل مقياس أحد أبعادها الثلاثة إلى 100 نانومتر أو أقل مثل الأغشية الرقيقة.

(1-2-3) الأجسام النانوية ثنائية الأبعاد:

أجسام نانوية يصل مقياس بعدين من أبعادها الثلاثة إلى 100 نانومتر أو أقل مثل الأنابيب النانوية والأسلاك النانوية والألياف النانوية.

(1-2-3) الأجسام النانوية ثلاثية الأبعاد:

أجسام نانوية يصل مقياس أبعادها الثلاثة إلى 100 نانومتر أو أقل، مثل الجسيمات النانوية. (Alagarasi, 2016, p.4)

الجسيم النانوي هو أصغر وحدة تحمل الخواص الكيميائية والفيزيائية للأجسام النانوية (Nano-Objects)، كما يمكن تعريفه على أنه "عبارة عن تجمع ذرى أو جزيئي ميكروسكوبي يتراوح عدد ذراته من بضع ذرات إلى مليون ذرة"، وترتبط هذه الذرات مع بعضها البعض بشكل كروي بحيث أن جسيم نانوي نصف قطره نانومتر واحد يحتوي تقريباً على 25 ذرة، وباختلاف عدد ذرات الجسيم يختلف حجمه وخواصه. (د/ أحمد عوف عبد الرحمن - 2019 - ص 52، 55)

4- مفهوم معالجة أسطح المنتجات المعدنية:

يقصد بها إجراء تعبيرات على أسطح المنتجات المعدنية بهدف الحصول على الخصائص السطحية المرغوبة. (محمد عبد العليم - 2019)

5- أنواع المعالجات السطحية للمنتجات المعدنية:

تمثل المعالجات السطحية مجموعة العمليات التي يتم تنفيذها بشكل متتابع لتنشيط وإنهاء سطح المنتج المعدني و يمكن تقسيمها إلى ثلاثة أنواع:

(1-5) معالجة السطح دون إحداث تغيير كيميائي في مكوناته:

يتم فيها تغيير بنية السطح فقط دون إحداث أي تغييرات كيميائية في مكوناته، ويتم هذا التغيير البنوي باستخدام أنواع مختلفة من الطاقات وفقاً لنوع المعالجة ويتم تصنيفه إلى ثلاثة أنواع:

(1-1-5) المعالجات الحرارية:

يتم من خلالها معالجة سطح المنتج باستخدام الطاقة الحرارية مثل عمليات التقسية التي تعيد ترتيب جزيئات سطح المنتج بهدف رفع صلادته.

(2-1-5) المعالجات الميكانيكية:

يتم من خلالها تغيير مظهر سطح المنتج من خلال عمليات التشغيل على البارد باستخدام القوى الميكانيكية كالسفع الرملي والطرق.

(3-1-5) معالجات أخرى:

تشمل معالجات سطح المنتج بالحذف والتي لا تعتمد على الطاقة الحرارية أو القوى الميكانيكية مثل التمشيش الكروكيميائي والنقش بالليزر والمواد الكيميائية المختلفة بالإضافة إلى عمليات التنظيف بالمذيبات والموجات فوق صوتية. (محمد عبد العليم - 2019)

تحديد القيمة الاقتصادية للمنتج، وذلك لأنها تؤثر بشكل مباشر على جودة مظهر السطح وهو من أهم العوامل التي تؤثر على إقبال المستخدم على المنتج وبالتالي تؤثر على قيمته في الأسواق. وبشكل عام يمكن اعتبار تحسين جودة سطح المنتج المعدني هو الهدف الرئيسي لعمليات معالجة أسطح المنتجات المعدنية حيث يرتبط بمجموعات الأهداف الثلاثة السابقة - مخطط (2)



مخطط (2) يوضح ترابط تحسين جودة سطح المنتج المعدني كهدف رئيسي لمعالجة أسطح المنتجات المعدنية بباقي الأهداف

8- الهدف من استخدام تكنولوجيا النانو في معالجة أسطح المنتجات المعدنية:

1. تحسين جودة أسطح المنتجات المعدنية.
2. زيادة صلادة سطح المنتج المعدني.
3. زيادة مقاومة تآكل سطح المنتج المعدني.
4. (تحويل أسطح المنتجات المعدنية لأسطح كاره للمياه وذاتية التنظيف).
5. توفير الوقت والجهد المبذول في تكرار عمليات التنظيف لبعض المنتجات المعدنية.
6. الحفاظ على مظهر سطح المنتج المعدني لأطول فترة ممكنة.
7. الحد من نشاط البكتيريا والفيروسات على أسطح المنتجات المعدنية.
8. تلافى بعض المشكلات الصحية التي يمكن أن تنتقل للإنسان من خلال استخدام المنتجات.

9- نبذة تاريخية حول استخدام الفضة في الأغراض الطبية:

لقد بدأ الإنسان باستخدام الفضة في الأغراض الطبية منذ العصور القديمة حيث استخدم الأطباء اليونانيون القدماء غبار الفضة الناعم لتطهير الجروح، كما فضل الصينيون استخدام الإبر الفضية في أسلوبهم العلاجي الخاص (الوخز بالإبر) والذي بدأ قبل 7000 سنة.

ولقد عاد العلاج بالفضة في الطب الحديث في السبعينات من القرن العشرين حيث قام كارل موير من جامعة سانت لويس في واشنطن ومعه هاري مارجراف من نفس الجامعة باستخدام نترات الفضة المخففة بتركيز 0.5 في علاج الجروح حيث لاحظا قتلها للبكتيريا الهوائية مما نتج عنه التئام الجروح، كما لاحظا اختفاء معظم الميكروبات الشرسة المقاومة للمضادات الحيوية، وبعد

- الترسيب بالهجرة الكهربائية
- Electrophoretic
- الطلاء بالمينا Enameling



مخطط (1) يوضح تصنيف عمليات تغطية أسطح المنتجات المعدنية وفقا لنوع طبقة الطلاء

7- الهدف من عمليات معالجة سطح المنتج المعدني

يتم معالجة سطح المنتج المعدني بهدف تعزيز ثلاثة جوانب أساسية وهي (الجانب الجمالي، الجانب الأدائي، الجانب الاقتصادي) لذلك يمكن تقسيم أهداف عمليات معالجة سطح المنتج المعدني إلى ثلاثة أهداف:

(1-7) هدف جمالي

وهو زيادة القيمة الجمالية للمنتج المعدني وابتكار تصميمات مستحدثة لمظهر سطح المنتج اعتمادا على بعض الإمكانيات التطبيقية مثل تغيير لون السطح أو تطبيق التعدد اللوني على السطح الواحد وذلك بواسطة عمليات التغطية وتغيير ملمس السطح من خلال معالجته بالإضافة كالحام أو بالحذف كالسفع الرملي والحفر، بالإضافة إلى إمكانية تعدد الملمس على السطح الواحد.

(2-7) هدف وظيفي

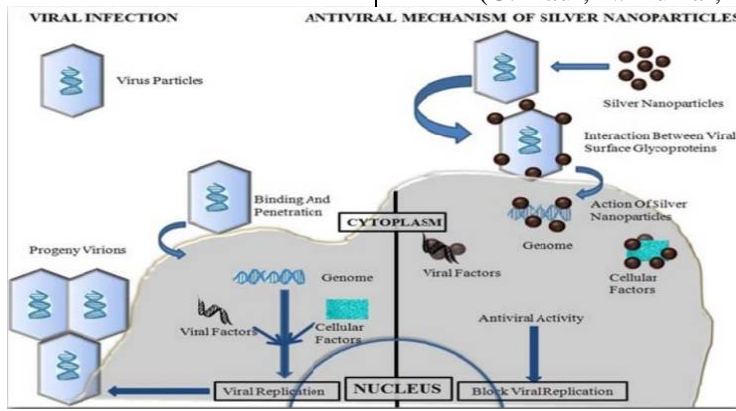
وهو تحسين كفاءة أداء سطح المنتج المعدني، وذلك بتعزيز بعض خصائصه مثل مقاومة فقدان اللمعة ومقاومة التآكل الكيميائي.

(3-7) هدف اقتصادي

وهو زيادة القيمة الاقتصادية للمنتج المعدني وذلك من خلال تغطية سطحه بمعدن يتمتع بقيمة اقتصادية أعلى من قيمة معدن الأساس (Base Metal) كطلاء وحدات الإضاءة المصنوعة من النحاس الأصفر بطبقات رقيقة من الذهب، وطلاء أدوات التناول المصنوعة من الإستانليس بطبقات رقيقة من الفضة. وجديرا بالذكر أن عمليات معالجة الأسطح تلعب دورا هاما في

11- نشاط جسيمات الفضة النانوية ضد الفيروسات:

يتم استخدام جسيمات الفضة النانوية بحجم يتراوح بين (1 - 100) نانومتر لتثبيط نشاط العديد من الفيروسات منها فيروس الهيريس وفيروس الإنفلونزا (Mahendra Rai, Kateryna, Konn, Avinash Ingle, Nelson Duran, Stefania Galdiero, Massimiliano Galdiero, 2014, P 1954). كما تم تقديم دراسة عاجلة للتحقيق في الاستخدام المحتمل لجسيمات الفضة النانوية في تثبيط نشاط فيروس الكورونا كوفيد-19 (Corona Virus COVID-19) باعتباره المرشح الأول لذلك حيث استخدمه الباحثون في تثبيط نشاط عائلة فيروس الهالة مثل فيروس الإنفلونزا (H1V1, H3N2). (Seyyed Amir, Siadati, Mohsen afzali, Mehdi Sayadi, 2020, P 9). وتعمد آلية عمل جسيمات الفضة النانوية ضد الفيروسات على التفاعل المباشر مع بروتينات السطح الفيروسي ومن ثم التفاعل مع DNA الخاص بالخلية الفيروسية وإيقاف تكاثرها وبالتالي تدميرها. شكل (1) (N. Khandelwal, G. Kaur, N., Kumar, A. Tiwari, 2014, P 179).

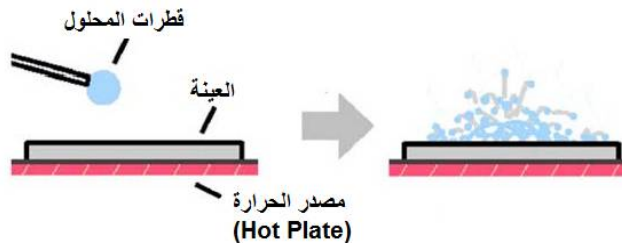


شكل (1) يوضح آلية عمل جسيمات الفضة النانوية ضد الفيروسات

تحتوي كل قطرة من قطرات المحلول المتدفقة على (0.03 ml) من محلول الفضة.

(2-12) الترسيب بالتبخير أو الغليان (Boil deposition)

يمكن من خلالها لجسيمات الفضة النانوية الانتشار على مساحة أكبر من السطح بعد تبخير السائل المذيب للمحلول، ويتم ذلك من خلال وضع العينة على مصدر للحرارة (Hot Plate) وضبط درجة الحرارة ثم تقطير المحلول على السطح وأخيراً يتم إبعاد السطح عن مصدر الحرارة عند تبخر السائل المذيب للمحلول بشكل كامل. شكل (2)



شكل (2) يوضح الترسيب بالتبخير أو الغليان (Boil deposition)

ويتم ذلك عن طريق وضع عدة قطرات في المحلول على السطح أثناء تدويره بمعدل عدة آلاف دورة في الدقيقة، ويتأثر سمك الطبقة الناتجة بعدة عوامل مثل (اللزوجة - التوتر السطحي - سرعة التجفيف - سرعة الدوران - نسبة المواد الصلبة في المحلول - التسارع)، على سبيل المثال سرعات التدوير العالية وأزمنة التدوير الطويلة مع لزوجة محلول منخفضة يعطي طبقات أقل سماكة.

(5-12) الترسيب بالسيلان التدريجي البطيء للمحلول (Slow

المزيد من البحث حول خاصية مقاومة الفضة للبكتريا قال مارجراف عبارته المسجلة "الفضة أفضل محارب ميكروبي لدينا". (د/محمد آل محروس - 2020)

10- نشاط جسيمات الفضة النانوية ضد البكتريا:

تُظهر جسيمات الفضة النانوية خاصية مضادة للميكروبات فعالة مقارنة بالجسيمات النانوية الأخرى، ويرجع ذلك إلى كبر مساحة سطحها مما يتيح لها تحقيق أفضل اتصال مع الكائنات الحية الدقيقة، حيث يتم امتصاص جسيمات الفضة النانوية داخل غشاء الخلية البكتيرية ويتم اختراقه والتفاعل مع المكونات الداخلية للخلية وإيقاف إنقسامها وبالتالي موتها. (Mahendra Rai, Kateryna, Konn, Avinash Ingle, Nelson Duran, Stefania Galdiero, Massimiliano Galdiero, 2014, P 1952, 1953)

من الجدير بالذكر أن آلية عمل جسيمات الفضة النانوية ضد البكتريا غير معروفة بالضبط وإنما قام العلماء بافتراضها وفقاً للتغيرات المورفولوجية والهيكليّة التي تطرأ على الخلايا البكتيرية بعد تفاعلها مع جسيمات الفضة النانوية. (N. Khandelwal, G. Kaur, N., Kumar, A. Tiwari, 2014, P 177)

12- طرق ترسيب جسيمات الفضة النانوية على الأسطح:

يتم ترسيب جسيمات الفضة النانوية من المعلق الغروي (Slimy suspension) على الأسطح في صورة طبقة من بوليمر مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Polymer)، ويمكن إتمام ذلك باستخدام الطرق التالية.

(1-12) الترسيب بالتقطير (Drop-on)

يتم فيها تقطير المحلول على السطح باستخدام ماصة يدوية دقيقة مدرجة (micropipette) مع مراعاة أن يكون السطح في وضع أفقي مائل حتى تتدفق القطرات ببطء شديد عليه، كما يجب أن

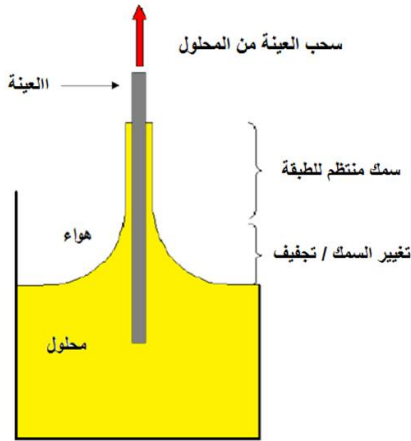
(3-12) الترسيب بالغمس (Dip coating)

يتم فيها غمس السطح في المحلول ثم سحبه ببطء بعد فترة محددة ثم تجفيفه، وتخضع هذه الطبقة لعدة عوامل تؤثر في تجانسها وهي (سرعة سحب السطح من المحلول - لزوجة المحلول - حجم جسيمات الفضة النانوية - خواص الالتصاق). شكل (3) (عبد الرحيم محمود الأحمد - 2014/2013 - ص 157، 158)

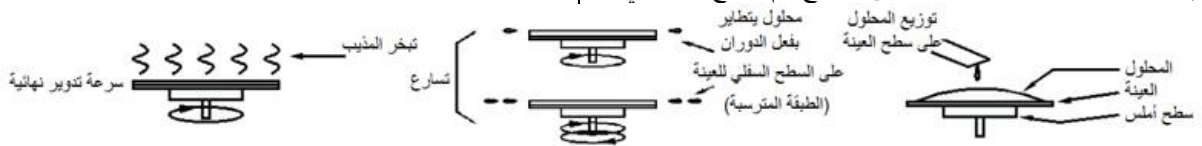
(4-12) الترسيب بالتدوير (Spin coating)

يمكن من خلالها الحصول على طبقات رقيقة منتظمة السمك،

الفرن الحراري مرة أخرى لإتمام عملية التصليد.



شكل (3) يوضح الترسيب بالغمس (Dip coating)



شكل (4) يوضح خطوات الترسيب بالتدوير (Spin coating)

الهدف

تكوين طبقة من أكريليك مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Acrylic) مقاومة للبكتريا والفيروسات.

الخطوات

أولاً: تحضير المحلول

- إضافة الأكريليك والماء المقطر بنسبة 1 : 1
- إضافة محلول معلق نانو الفضة لمحلول الأكريليك بنسبة 1 : 10
- تقليب المحلول جيداً
- ترك المحلول لمدة ربع ساعة للتخلص من الفقاعات الهوائية داخل المحلول نتيجة التقليب

ثانياً: تجهيز العينة

- غسل العينة بالماء الجاري
- التطهير القلوي للعينة في محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم
- التطهير الحمضي للعينة في محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك
- غسل العينة بالماء المقطر
- تجفيف العينة بالهواء البارد

ثالثاً: طلاء العينة

- ترديد المحلول على سطح العينة باستخدام مسدس الرش تحت ضغط الهواء
- تجفيف العينة لمدة دقيقة باستخدام الهواء الساخن
- وضع العينة في الفرن الحراري عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة 10 دقائق
- رفع درجة حرارة الفرن الحراري إلى 140 درجة مئوية مع إبقاء العينة داخله لمدة 20 دقيقة

نتيجة التجربة

تكون طبقة شفافة من أكريليك مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Acrylic) على السطح. صورة (1)، صورة (2)

(sol draining)

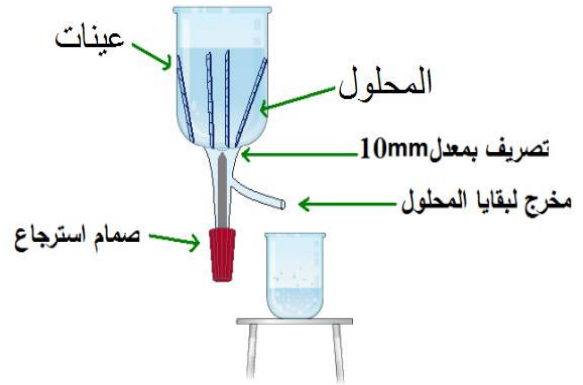
توضع الأسطح المراد طلاؤها بشكل عمودي في وعاء مزود بصمام استرجاع ومخرج لبقايا المحلول، حيث يتحكم صمام الاسترجاع في ضبط فتحة التصريف وبالتالي يمكن التحكم في سيلان المحلول من الوعاء وتستمر العملية حتى تتدفق كمية المحلول بالكامل خارج الوعاء. شكل (5) (عبد الرحيم محمود الأحمد - مرجع سابق - ص 159، 160، 161)

(6-12) التريذ (الرش) (Spray)

يتم فيها رش المحلول على السطح باستخدام ضغط الهواء ثم تجفيفه بالهواء الساخن وأخيراً يتم وضعه في فرن حراري حيث يتم رفع درجة حرارة الفرن بشكل تدريجي إلى أن تصل إلى 140 درجة مئوية وذلك لتبخير السائل المذيب للمحلول وإكساب طبقة الطلاء كامل صلابتها.

(7-12) التخدش النانوي (Nano Scratching)

يتم فيها نشر جسيمات الفضة النانوية على طبقة البوليمر بواسطة الاحتكاك بينهما، ويتم ذلك عقب رش أو طلاء طبقة البوليمر على السطح ثم تجفيفها ووضعها في الفرن الحراري تحت درجة حرارة منخفضة لتصلدها بشكل جزئي وأخيراً وبعد الإنتهاء من نشر جسيمات الفضة على السطح يتم وضع العينة في



شكل (5) يوضح الترسيب بالسيلان التدريجي البطيء للمحلول (Slow sol draining)

(8-12) الترسيب بالهجرة الكهربية (Electrophoretic)

(Deposition)

يتم فيها ترسيب طبقة من أحد أنواع البوليمرات على سطح المنتج المعدني وذلك باستخدام التيار الكهربائي الذي يدفع جزيئات البوليمر المعلقة في المحلول في اتجاه سطح المنتج، ويختلف القطب الكهربائي الذي يتم تعليق المنتج عليه باختلاف شحنة جزيئات البوليمر المستخدم، ويتم معالجة السطح حرارياً عقب انتهاء عملية الترسيب وذلك لإكساب طبقة البوليمر المترسبة كامل صلابتها.

ويمكن الاستفادة من هذه العملية في ترسيب طبقات من بوليمر مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Polymer) بإضافة محلول نانو الفضة إلى معلق البوليمر في حوض الطلاء حيث ترتبط جسيمات الفضة النانوية بجزيئات البوليمر المعلق في محلول الطلاء ويترسبان معاً على سطح المنتج المعدني.

التطبيق العملي:

تجربة (1)

ترديد محلول أكريليك مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Acrylic)

تجربة (3)

الترسيب بالهجرة الكهربائية لطبقة من بولي أميد مركب نانو الفضة
(Nano Silver Composite polyamide)

الهدف

تكوين طبقة من بولي أميد مركب نانو الفضة (Nano Silver
(Composite polyamide)

الخطوات

أولاً: تحضير المحلول

- إضافة البولي أميد والماء المقطر بنسبة 1 : 25
- إضافة محلول معلق نانو الفضة إلى محلول البولي أميد بنسبة 1 : 52
- تقليب المحلول باستخدام جهاز المحرك المغناطيسي لمدة ربع ساعة

ثانياً: تجهيز العينة

- غسل العينة بالماء الجاري
- التطهير القلوي للعينة في محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم
- التطهير الحمضي للعينة في محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك
- غسل العينة بالماء المقطر
- تجفيف العينة بالهواء البارد

ثالثاً: طلاء العينة

- تعليق أنود من الإستانليس
- تعليق العينة في القطب السالب (الكاثود)
- ضبط فرق الجهد مساوياً 10 فولت
- ملاحظة انخفاض شدة التيار الكهربائي حتى يثبت أو يتضائل معدل الإنخفاض بشدة
- رفع فرق الجهد إلى 15 فولت
- ملاحظة انخفاض شدة التيار الكهربائي حتى يثبت أو يتضائل معدل الإنخفاض بشدة
- سحب العينة من المحلول
- غمس العينة في ماء مقطر
- تجفيف العينة لمدة دقيقة باستخدام الهواء الساخن
- وضع العينة في الفرن الحراري عند درجة حرارة 50 درجة مئوية لمدة 10 دقائق
- رفع درجة حرارة الفرن الحراري إلى 140 درجة مئوية مع إبقاء العينة داخله لمدة 20 دقيقة

نتيجة التجربة

تكون طبقة شفافة من بولي أميد مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite polyamide) على السطح. صورة (4)



صورة (4) توضح طبقة شفافة من بولي أميد مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite polyamide) بتقنية الترسيب بالهجرة الكهربائية على سطح مقبض من الأنتيمونيا المطلية بالكروم

ملحوظات

- يمكن زيادة سمك طبقة البوليمر المترسبة بواسطة الترسيب



صورة (1) تكون طبقة شفافة من أكريليك مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Acrylic) بتقنية التريذ على مقبض من الأنتيمونيا المطلية بالكروم



صورة (2) توضح الفرق بين سطح عينة الإستانليس بدون طلاء وسطحها المطلية بطبقة الأكريليك مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Acrylic) تحت الميكروسكوب

تجربة (2)

استخدام المسدس الحراري (Hot Gun) في تصليد طبقة طلاء البوليمر

الهدف

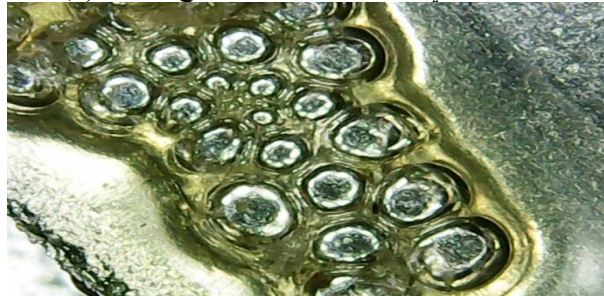
دراسة إمكانية استخدام المسدس الحراري (Hot Gun) في تصليد طبقة طلاء البوليمر

الخطوات

- تم تكرار خطوات تجربة (1) في تحضير المحلول وتجهيز العينة وتريذها
- تجفيف العينة لمدة دقيقة باستخدام الهواء الساخن
- المعالجة الحرارية لسطح العينة باستخدام المسدس الحراري (Hot Gun) بدرجة حرارة متوسطة لمدة دقيقة
- رفع مستوى درجة حرارة المسدس الحراري (Hot Gun) لدرجة مرتفعة مع الإستمرار في المعالجة الحرارية للسطح لمدة دقيقة أخرى

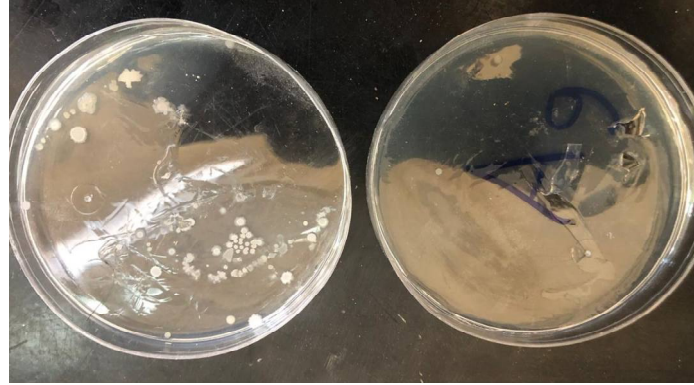
ملحوظات

- تتطلب تقنية التريذ مهارة عالية لتكوين طبقة منتظمة السمك خالية من العيوب.
- تزداد لزوجة محلول الطلاء بزيادة تركيز البوليمر مما يؤدي إلى زيادة سمك طبقة الطلاء.
- عند استخدام المسدس الحراري في المعالجة الحرارية للأسطح ذات المساحات الكبيرة يراعى زيادة زمن المعالجة ليكون كافي لتسخين السطح بالكامل.
- يجب مراعاة أن تتم المعالجة الحرارية لطبقة الطلاء بشكل تدريجي حتى لا يتبخر السائل المذيب للمحلول بشكل مفاجئ مما يتسبب في ظهور فقاعات على السطح. صورة (3)



صورة (3) توضح فقاعات هوائية ناتجة عن التسخين المباشر لطبقة البوليمر تحت الميكروسكوب

- الرغاء وإضافة نفس المحفز على السطح الداخلي لوعاء اختبار آخر غير مطلي
- إضافة مسحات من البكتريا لكل من الوعائين
 - وضع وعائى الإختبار في حاضنة حفظ العينات لمدة 24 ساعة
 - إخراج العينات وملاحظة النتائج
- تم إجراء اختبار مقاومة البكتريا على طبقة طلاء بوليمر مركب نانو الفضة المستخدمة في التجارب وأظهرت النتائج نمو البكتريا على السطح الداخلي لوعاء الإختبار الغير مطلي وعدم نموها على السطح الداخلي لوعاء الإختبار المطلي. صورة (5)



وعاء اختبار مطلي بطبقة طلاء بوليمر
وعاء اختبار غير مطلي
صورة (5) توضح نتائج اختبار مقاومة البكتريا لطبقة طلاء بوليمر مركب نانو الفضة



صورة (6) توضح جهاز اختبار التآكل المستخدم

- بالهجرة الكهربية بزيادة فرق الجهد ولكن قد يؤدي زيادة فرق الجهد عن 15 فولت إلى ترسيب طبقة غير متجانسة.
- لا بد من التدرج في زيادة فرق الجهد الكهربى لترسيب طبقة متجانسة.
- الاختبارات المستخدمة**
- 1. اختبار مقاومة البكتريا**
- الهدف**
- تحديد قدرة طبقة الطلاء على مقاومة البكتريا
- الخطوات**

- طلاء السطح الداخلي لوعاء الإختبار بطبقة الطلاء المراد اختبارها
- إضافة محفز لنمو البكتريا على سطح طبقة الطلاء داخل

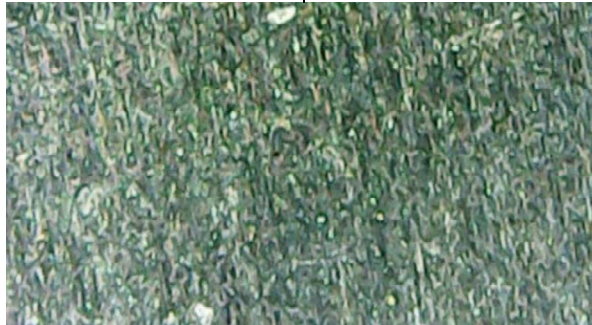
2. اختبار مقاومة التآكل

الهدف

تحديد قدرة طبقة الطلاء على مقاومة التآكل

الخطوات

- تثبيت قطعة من قماش الجوخ (المخصص لاختبار تآكل طبقات طلاء البوليمر) في قرص الإحتكاك. صورة (6)
 - تثبيت العينة التي تم طلاؤها على الجزء الدوار في جهاز اختبار التآكل
 - تشغيل الجهاز
 - ملاحظة التغييرات على العينة بزيادة عدد اللفات
- تم إجراء اختبار مقاومة التآكل على طبقة طلاء بوليمر مركب نانو الفضة المستخدمة في التجارب وأظهرت النتائج تآكل قماش الجوخ المستخدم في إجراء الإختبار بفعل حواف عينة الاستانليس بعد 3253 لفة وعدم حدوث أي تغييرات على سطح العينة. صورة (7)



صورة (7) توضح عينة الاستانليس المطلية بطبقة بوليمر مركب نانو الفضة تحت الميكروسكوب ولا يظهر عليها أي أثر لتآكل طبقة الطلاء بعد إجراء الإختبار

تهيج الجهاز التنفسي ولا يدوم مفعول تطهير الأسطح بمحاليل الكلور إلا لبضع ساعات، كما أن الكحوليات المستخدمة في التطهير يجب ألا يقل تركيزها عن 70% مما قد يتسبب في تلف بعض الأسطح ولا يدوم مفعول تطهير الأسطح بالكحول إلا لبضع دقائق. (Metal Research and Development Center)

مقارنة بين تطهير أسطح المنتجات المعدنية بالكلور والكحول وبين تعقيمها بترسيب جسيمات الفضة النانوية:

أظهرت المطهرات الشائع استخدامها مثل محاليل الكلور والكحول بعض الآثار السلبية؛ حيث تؤثر محاليل الكلور بشكل سلبي على الأسطح بالإضافة إلى تميزها برائحة نفاذه تعمل على

تطوير أسطح المنتجات المعدنية بمحاليل الكلور	تطوير أسطح المنتجات المعدنية بالكحول	تقييم أسطح المنتجات المعدنية من خلال التغطية ببوليمر مركب نانو الفضة (Nano Silver Composite Polymer)
له آثار سلبية على الأسطح	قد يتسبب في تلف بعض الأسطح	لا يتسبب في أي آثار سلبية لمختلف الأسطح المعدنية بل يعمل على تكوين طبقة حماية تعزل السطح عن العوامل البيئية المحيطة
يتسبب في الأضرار الجلدية كما يتسبب في تهيج الجهاز التنفسي بفعل رائحته النفاذة	يتسبب في الأضرار الجلدية	لا يتسبب في أي آثار سلبية على صحة المستخدم
بضع ساعات	بضع دقائق	يدوم بدوام طبقة الطلاء على سطح المنتج

نتائج البحث Results

1. يتم ترسيب جسيمات الفضة النانوية على الأسطح متراكبا مع طبقات البوليمرات.
2. يمكن تطبيق طبقات طلاء شفافة من أكريليك مركب نانو الفضة على أسطح المنتجات المعدنية باستخدام تقنية التريزيد.
3. يمكن ترسيب طبقات طلاء شفافة من بولي أميد مركب نانو الفضة على أسطح المنتجات المعدنية باستخدام تقنية التريسيد بالهجرة الكهربية.
4. يمكن تريزيد طبقات طلاء شفافة من أكريليك مركب نانو الفضة على الأسطح المعدنية كبيرة المساحة وتصليدها باستخدام المسدس الحراري.
5. يمكن طلاء أسطح المنتجات المعدنية المتواجدة بالمنزل والأماكن العامة والمستشفيات بطبقات من البوليمرات المركبة مع نانو الفضة دون الحاجة إلى فكها ونقلها وإعادة تركيبها.
6. تتمتع طبقات طلاء البوليمرات المركبة مع نانو الفضة بخواص مقاومة للبكتريا.
7. استخدام نانو الفضة في معالجة أسطح المنتجات المعدنية يحد من انتشار العدوى.
8. لا تتآكل طبقات البوليمر بفعل الاحتكاك الناتج عن ملامسة سطح المنتج.
9. طلاء الأسطح المعدنية بطبقات البوليمرات المركبة مع نانو الفضة يبقها معقمة حتى زوال طبقات الطلاء.

التوصيات Recommendations

1. طلاء أسطح المنتجات المعدنية المتداول استخدامها في الأماكن العامة والمستشفيات بطبقات البوليمرات المركبة مع نانو الفضة.
2. اختبار تأثير جسيمات الفضة النانوية على فيروس الكورونا كوفيد-19.
3. إجراء المزيد من البحوث حول الاستفادة من تكنولوجيا النانو في مجال المنتجات المعدنية.
4. إجراء البحوث البيئية بين تخصص المنتجات المعدنية والتخصصات الأخرى.

المراجع References

5. نهى علوى الحبشى - " ما هي تقنية النانو" - إصدار 2009
6. محمد شريف الاسكندراني- "تكنولوجيا النانو من أجل غد أفضل"- أبريل 2010
7. فواد نمر عجيل - " أدوات التعامل مع العالم النانوي" - كلية العلوم جامعة ذي قار العراق - إصدار 2016 / 2017
8. د/ منير سالم - "طب النانو الأفاق والمخاطر" - جامعة الملك سعود الرياض - مجلة عجمان للدراسات و البحوث المجلد العاشر العدد الأول - 2011
9. د/ محمود محمد سليم صالح - " تقنية النانو وعصر علمي جديد" - إصدار 2015 - مدينة الملك عبد العزيز للعلوم والتقولوجيا
10. البروفيسور منير نايفه - "النانو تكنولوجي" - مؤسسة محمد بن راشد آل مكتوم عام 2009
11. د/ محمد بن عتيق الدوسري - "التقنية متناهية الصغر (النانو)" - مجلة الأمن والحياة - العدد 358 - 2011
12. د/ أحمد عوف عبد الرحمن - "الطب النانوي" - موقع العيكيان للنشر - تم النشر عام 2019
13. د/ محمد العوامي محمد، د/ ياسر عبد محمد علي - "توجيه المصمم لاختيار الطريقة الملائمة لمعالجة وإنهاء سطح المنتج المعدني" - مجلة العمارة والفنون - 2020
14. Dr. P. Gopinath - Lec: Nano-Biomimicry - Department of Biotechnology Indian Institute of technology Roorkee - 2017.
15. Alagarasi - INTRODUCTION TO NANOMATERIALS - research gate web site - 21 November 2016
16. Jaison Jeevanandam, Ahmed Barhoum, Yen S. Chan, Alain Dufresne and Michael K. Danquah - Review on nanoparticles and nanostructured materials - BEILSTEIN Journal of nanotechnology - 3 April 2018
17. Mahendra Rai, Kateryna Konn, Avinash Ingle, Nelson Duran, Stefania Galdiero, Massimiliano Galdiero - "Broad -spectrum bioactivities of silver nanoparticles: the emerging trends and future prospects" - Appl Microbiol Biotechnol - 2014
18. N. Khandelwal, G. Kaur, N. Kumar, A. Tiwari - "Application Of Silver Nanoparticles In Viral Inhibition: A New Hope For Antivirals" - Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures - 2014
19. Seyyed Amir Siadati, Mohsen afzali, Mehdi Sayadi - "Could silver nano-particles control the 2019-nCoV virus?; An urgent glance to the past" - Chem Rev Lett Journa - 2020

and Development Center.

20. Green Synthesis of Colloidal Nano Silver as an Effective Disinfectant - Metal Research