تحقيق معايير جودة سطح المنتج المعدني من خلال عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) والترسيب بالهجرة الكهربية (EPD)

Employing the physical evaporation deposition (PVD) and electrophoretic deposition (EPD) processes in enhancing the durability and sturdiness of product surfaces.

د/ محمد شهدي أحمد
أستاذ مساعد بقسم المنتجات المعدنية والحلي - كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلون
د/ أحمد محمد صبري
أستاذ مساعد بقسم التعليم الفني والصناعي، كلية التربية، جامعة حلوان
د/ مامون عبد الحميد مامون
أستاذ مساعد بمركز بحوث وتطوير الفلزات
م/ أمل عبد الرازق عبد الرحمن
معيدة بقسم التعليم الفني والصناعي- شعبة الصناعات المعدنية- كلية التربية- جامعة حلوان

ملخص البحث Abstract :
إن أسطح المنتجات المعدنية المتداول استخدامها بين الأشخاص من أكثر الأسطح عرضة للتلف وذلك لما تواجهه من مشكلات أثناء الاستخدام فتداول لمس هذه الأسطح من المستخدمين آلاف المرات يوميا يجعلها أكثر عرضة للتآكل بفعل الاحتكاك، كما يعمل على زيادة تراكم الملوثات على الأسطح وبالتالي تكرار عمليات التنظيف مما يؤدي أيضا لجعلها أكثر عرضه للتآكل، بالإضافة إلى تواجد العديد من المنتجات المعدنية في بيئة رطبة معرضة للهواء الجوي مما يتسبب أيضا في تعرضها للتآكل، لذا أصبح حتما على المصمم البحث عن طرق التغطية الحديثة والمتطورة لتحقيق معايير جودة سطح المنتج المعدني وإكسابه أحد الخصائص المستحدثة وهي ذاتية التنظيف. **تساؤل البحث الرئيسي:** هل تحقق عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية معايير جودة سطح المنتج المعدني؟ **واستهدف البحث** : دراسة عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي وعمليات الترسيب بالهجرة الكهربية، وإمكانية تحقيق معايير جودة سطح المنتج المعدني من خلالهما والمقارنة بينهما؛ بالإضافة إلى توظيفهما لإكساب أسطح المنتجات المعدنية القدرة على ذاتية التنظيف. ضمت **فروض البحث** : يمكن تحقيق معايير جودة سطح المنتج لمعدني من خلال عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية. يمكن توظيف عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية لإكساب أسطح المنتجات المعدنية القدرة على ذاتية التنظيف. **منهج البحث** : المنهج الوصفى التحليلى والمنهج التجريبى .

كلمات دالة Keywords :
جودة سطح المنتج المعدني
Product Surface Quality
الترسيب بالتبخير الفيزيائي
Evaporation Deposition (PVD)
الترسيب بالهجرة الكهربية
Electrophoretic Deposition (EPD)

Paper received 19th January 2020, Accepted 20th March 2021, Published 1st of May 2021

مقدمة Introduction:

إن سطح المنتج المعدني هو عامل الجذب الأول للمستخدم فهو أول ما يراه ويتفاعل معه بحواسه ، مما يعني أن زيادة جودة السطح تعمل على زيادة قدرة المنتج التنافسية في الأسواق المحلية والعالمية، والعمل على جودة سطح المنتج المعدني يتطلب من المصمم التعرف على معايير جودة سطح المنتج المعدني وإمكانية تحقيقها من خلال تعزيز عناصر شكل وأداء مظهر سطح المنتج المعدني.

تعد عمليات إنهاء سطح المنتج المعدني من أصعب عمليات تصنيع المنتج لما تطلبه من مهارة ودقة، لذلك يجب على المصمم دراستها والإطلاع على مستحدثاتها ليكون قادرا على تحديد عمليات النهو الملائمة لطبيعة كل منتج من المنتجات المعدنية المختلفة، ولقد جذبت عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية الأنظار في السنوات الأخيرة نظرا لما تقدمه من خصائص يمكنها تحسين شكل وأداء مظهر سطح المنتج المعدني بالإضافة إلى إمكانية تطويرها للحصول على خصائص مستحدثة مثل ذاتية التنظيف.

مشكلة البحث Statement of the problem :

إن أسطح المنتجات المعدنية المتداول استخدامها بين الأشخاص من أكثر الأسطح عرضة للتلف وذلك لما تواجهه من مشكلات أثناء الاستخدام، فتداول هذه الأسطح بين المستخدمين لمئات المرات يوميا يجعلها عرضة للتآكل بفعل الاحتكاك، ويعمل على زيادة تراكم الملوثات على الأسطح وبالتالي تكرار عمليات التنظيف وهو ما يؤدي أيضا للتآكل، هذا بالإضافة إلى تواجد العديد من المنتجات المعدنية في بيئة رطبة معرضة للهواء الجوي مما يتسبب أيضا في تعرضها للتآكل بشكل سريع .

لذا أصبح حتما على مصمم المنتجات المعدنية البحث عن طرق تغطية حديثة ومتطورة تحقيق معايير جودة سطح المنتج المعدني وتكسبه الخصائص المستحدثة اللازمة لتحقق ذلك الهدف.

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

1. هل تحقق عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية معايير جودة سطح المنتج المعدني؟
2. هل يمكن توظيف عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية لإكساب أسطح المنتجات المعدنية القدرة على ذاتية التنظيف؟

أهداف البحث Objectives:

1. دراسة عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي .
2. دراسة عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية.
3. دراسة إمكانية تحقيق معايير جودة سطح المنتج المعدني من خلال عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية.
3. توظيف عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي وعمليات الترسيب بالهجرة الكهربية لإكساب أسطح المنتجات المعدنية القدرة على ذاتية التنظيف؟
4. المقارنة بين عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي وعمليات الترسيب بالهجرة الكهربية.

أهمية البحث Significance :

تكمن أهمية البحث في محاولة الاستفادة من عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) والترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) لتحقيق معايير جودة أسطح المنتجات المعدنية من خلال إكسابها القدرة على ذاتية التنظيف مما يزيد من قدرة المنتج المعدني

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

التنافسية في الأسواق المحلية والعالمية.

فروض البحث Hypothesis:

1. يمكن تحقيق معايير جودة سطح المنتج لمعدني من خلال عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية.
2. يمكن توظيف عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي والترسيب بالهجرة الكهربية لإكساب أسطح المنتجات المعدنية القدرة على ذاتية التنظيف.

منهج البحث Methodology:

المنهج الوصفى التحليلى .

لوصف وتحليل موضوع ومشكلة وأهداف ونتائج البحث.

المنهج التجريبى .

لإجراء بعض التجارب والتطبيقات العملية التى تخدم أهداف البحث.

مصطلحات البحث Terminology:

مفهوم الجودة :

يرجع مفهوم الجودة (Quality) إلى الكلمة اللاتينية الأصل (Qualitas)، والتي تعني درجة صلاح الشئ (جميل شيخ عثمان-2016- صـ 13)، ويشير مصطلح الجودة في اللغة العربية إلى "سلامة التكوين وإتقان الصنعة" (معجم اللغة العربية المعاصر).

ومفهوم الجودة كما عرفته الجمعية الأمريكية للجودة (ASQ) هو مجموعة المميزات التى تتمتع بها المنتجات والخدمات والتي لها القدرة على تلبية احتياجات المستخدم (محمد العوامي-2007- صـ 67).

تعريف سطح المنتج :

يشير مصطلح سطح المنتج إلى "أعلاه"(معجم المعاني الجامع)؛ بمعنى أنه الوجه الخارجي للمنتج.

مفهوم جودة سطح المنتج :

استنادا على ما سبق يمكن تعريف جودة سطح المنتج على أنها (مطابقة السطح للمواصفات القياسية المعتمده التي تلبي احتياجات المستخدم من الناحية الجمالية والوظيفية وبأقل تكلفة ممكنة.

الإطارالنظري Theoretical Framework

1- معايير جودة سطح المنتج المعدني :

تصميم مظهر سطح المنتج المعدني بحيث يتلائم مع وظيفته ويحقق الجانب الجمالي للمنتج ويلبي احتياجات المستخدم .

- تحقيق مظهر السطح المطلوب بأقل التكاليف الممكنة.
- تحقيق مظهر السطح المطلوب دون الإضرار بالبيئة .
- إمكانية اعادة معالجة سطح المنتج في حالة تعرضه للتلف.
- تحقيق مظهر السطح المطلوب بواسطة خامات آمنة على صحة المستخدم.
- قدرة السطح على مقاومة التأثير السلبي للعوامل الطبيعية وذلك من خلال مقاومته لفقدان اللمعة وللتآكل الكيميائي.
- صلادة سطح المنتج بحيث يكون قادرا على مقاومة الخدش والبري والتآكل بفعل الاحتكاك.

2- تقنية الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) :

تستخدم في ترسيب طبقات ملونة من مركبات بعض المعادن مثل التيتانيوم والألومنيوم والكروم.

صورة (1) توضح مقابض تم تغطيتها بطبقات متعددة الألوان من خلال عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي

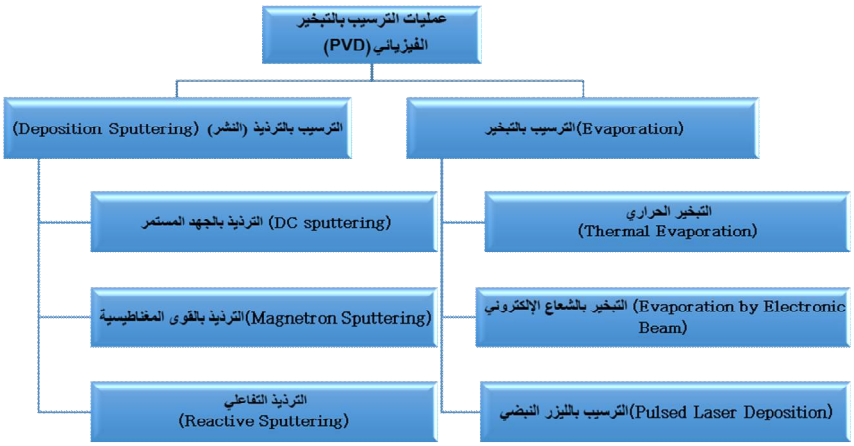
صورة (2) توضح أدوات تناول تم تغطيتها بطبقات متعددة الألوان من خلال عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي

القاعدة الأساسية لعملية الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)

تعتمد على تحويل خام الطلاء (Target) من حالته الصلبة أو السائلة إلى الحالة الغازية، حيث ينتشر على هيئة بخار في وسط مفرغ من الهواء، ثم يتم تكثيف هذا البخار على السطح المراد طلائه (substrate) مكونا طبقة يتراوح سمكها من بضعة نانومترات إلى آلاف النانومترات، وهي طبقة قابلة لتكرار البناء (Donald M. Mattox -2010) مما يتيح استخدام هذه التقنية لتشكيل طلاءات متعددة الطبقات يتراوح سمكها الإجمالي من 2 : 5 ميكرون (richterprecision website).

عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)

تنقسم بشكل رئيسي لنوعين وهما عمليات الترسيب بالتبخير (evaporation) والترسيب بالترذيذ (sputtering). R. Prabu 2013



مخطط (1) يوضح عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)

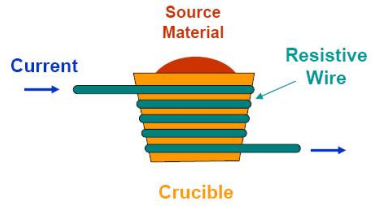
الترسيب بالتبخير (Evaporation) :

يعتمد على تبخير وتكثيف خام الطلاء في وسط مفرغ وتختلف باختلاف الطاقة المستخدمة في عملية التبخير.(Khin Yoke, Yap and Dongyan Zhang-2015- P 1)

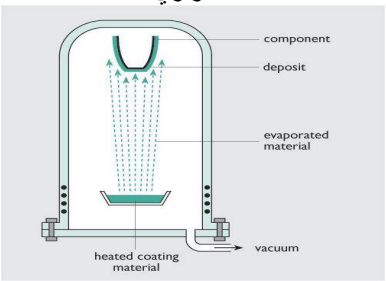
1 التبخير الحراري (Thermal Evaporation) :

يتم فيه وضع خام الطلاء داخل بوتقة ملفوفة بسلك مقاومة يتصل طرفيه بمصدر تيار كهربي يصل إلى 80 أمبير مما يولد الحرارة اللازمة لصهر. شكل (1)

وتبخير خام الطلاء الذي يتم تكثيفه على الأسطح المراد طلائها، وذلك في وسط مفرغ وضغط مرتفع. شكل (2)



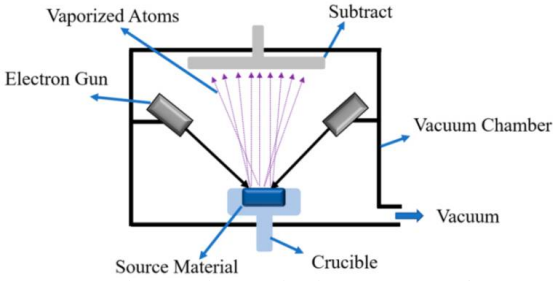
شكل (1) يوضح شكل البوتقة داخل غرفة الترسيب بالتبخير الحراري



شكل (2) يوضح عملية التبخير الحراري (Thermal Evaporation)

2 التبخير بالشعاع الإلكتروني (Evaporation by Electronic Beam) :

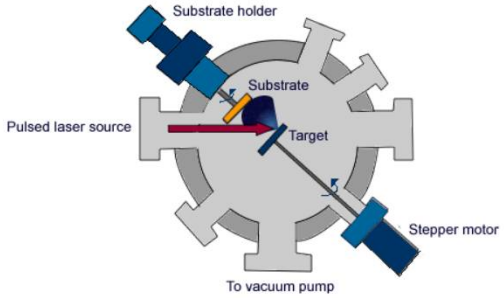
تتشابه مع عملية التبخير الحراري في جميع الظروف ماعدا طريقة التبخير؛ حيث يتم بتسليط حزمة من الالكترونات نحو خام الطلاء فيخترقه مباشرة مؤديا إلى انصهاره ثم تبخيره نتيجة رفع درجة حرارته مباشرة دون الحاجة لتسخين البوتقة أولا. شكل (3)



شكل (3) يوضح عملية التبخير بالشعاع الإلكتروني

3 الترسيب بالليزر النبضي (Pulsed Laser Deposition) :

تتم فيه عملية التبخير باستخدام نبضات ليزر عالية الطاقة وهو ما يطلق عليه (الاستئصال الليزري)، ويتم ذلك في وسط مفرغ أثناء دوران خام الطلاء مع تسخين الأسطح المراد طلائها



شكل (4) يوضح عملية الترسيب بالليزر النبضي (استئصال ليزري)

2 الترسيب بالترذيذ (النشر) (Sputtering Deposition) :

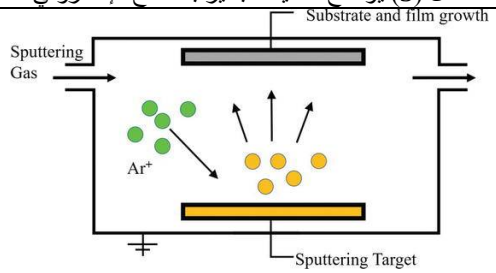
يتم فيها قذف سطح خام الطلاء بجسيمات تحمل طاقة كافية لفصل ذرات من سطح المادة فيتآكل سطح خام الطلاء، وتعود هذه الذرات للارتباط مرة أخرى على السطح المراد طلائه مكونة طبقة الطلاء، وتختلف عمليات الترسيب بالترذيذ باختلاف الطاقة المستخدمة لنزع ذرات خام الطلاء. (R.Prabu , S.Ramesh , M.Savitha and M.Balachandar –2013- P 428, 430)

1-2 الترذيذ بالجهد المستمر (DC sputtering) :

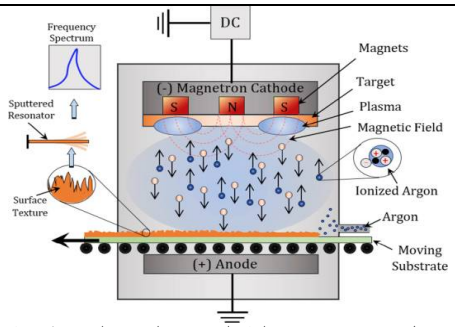
يتم فيها استخدام مصدر جهد ثابت بحيث يتصل به خام الطلاء ككاثود وتتصل به الأسطح المراد طلائها كآنود، ويتم ضبط فرق جهد مرتفع يتراوح بين (0,5 : 5) كيلو فولت وذلك في وسط مفرغ يحتوي فقط على غاز الآرجون الخامل – شكل (23) - الذي يتأين بفعل تسارع الإلكترونات الحرة الموجودة بالغرفة، ومع تزايد عدد الإلكترونات وتكرار عملية إثارة وتأين غاز الآرجون يتوهج محدثا شرارة كهربية تعمل على تفتيت ذرات خام الطلاء ونشرها في الوسط ثم ترسيبها على السطح المراد طلائه. شكل (5)

2-2 الترذيذ بالقوى المغناطيسية (Magnetron Sputtering) :

يعد تطوير لطريقة الترسيب بالجهد المباشر بإضافة المجال المغناطيسي، حيث تعمل القوتان الكهربائية والمغناطيسية على توليد بلازما عالية الكثافة محصورة في المنطقة المجاورة للكاثود المتصل بخام الطلاء، ويتم إنتاج المجال المغناطيسي بواسطة مغناطيس دائم مثبت خلف خام الطلاء فتتنقل الالكترونات الموجودة في البلازما على طول خطوط المجال المغناطيسي لتتصادم مع ذرات الآرجون الخامل مولدة طاقة أكبر بكثير من تلك التي يتم توليدها في طريقة الترذيذ بالجهد المستمر. شكل (6)



شكل (5) يوضح عملية الترذيذ بالجهد المستمر (DC sputtering)

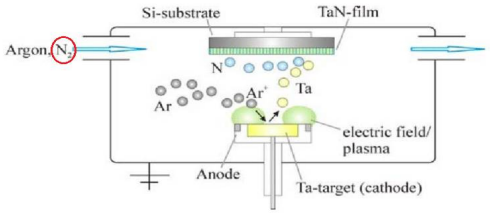


شكل (6) يوضح عملية الترذيذ بالقوى المغناطيسية (Magnetron Sputtering)

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

3-2 الترذيذ التفاعلي (Reactive Sputtering) :

يتم فيها إضافة غازات نشطة مثل (الأكسجين والنيتروجين) إلى غرفة الطلاء بجانب الغاز الخامل؛ بحيث يكون تأين الغاز الخامل هو المسئول عن نزع ذرات خام الطلاء بينما تدخل الغازات النشطة في تفاعلات كيميائية مع هذه الذرات بما يسمح بترسيب المركبات مثل (النيتريدات، الأكاسيد، الكربيدات). شكل (7)



شكل (7) يوضح عملية الترذيذ التفاعلي Reactive Sputtering

(3-3) الألوان الناتجة عن الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) :

يمكن إنتاج طلاء (PVD) بمجموعة متنوعة من الألوان مثل الذهبي الداكن والذهبي الفاتح والبني والبرونزي والرمادي والأسود وألوان الطيف والأرجواني والأحمر والأخضر والأزرق وغيرها، ويختلف لون الطلاء باختلاف خامة الطلاء والغاز المار وزمن العملية؛ فالألوان الذهبي والأزرق والأرجواني يتم الحصول عليهم باستخدام نيتريد التيتانيوم ومركب التيتانيوم والسيليكات، وتستخدم سبائك القصدير والإنديوم للحصول على اللون الأزرق ولون الفضة الساطعة، ويستخدم التنغستن للحصول على اللون الأسود، ويستخدم القصدير والنيكل والكروم للحصول على اللون الرمادي، وفيما يلي بعض تركيبات الألوان الشائعة (Danko website)

اللون	الغاز المار + خامة الطلاء
Titanium gold	$Ti + N_2$
Zirconium gold	$Zr + N_2$
Silver	Ti/Zr/Cr + Ar
Transparent Blue/rainbow/	$Ti + O_2$
Dark black	$Ti/Cr + C_2H_2$
Rose gold	$Ti + N_2 + C_2H_2$ or Ti & Al alloy + N_2
Silvery grey	$Cr + N_2$

(3-3) مميزات وعيوب الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) :

المميزات	العيوب
• الصلادة العالية. • قوة الألتصاق بالسطح. • إمكانية الحصول على العديد من الألوان للأغراض الجمالية والزخرفية. • إمكانية طلاء الأشكال الهندسية الصغيرة والمعقدة.	• ارتفاع التكلفة. • نظام التشغيل معقد يحتاج إلى دقة ومهارة. • معدل الطلاء بطيئ نسبيا. • صعوبة إعادة تدوير المنتجات التالفة. • ضار بالبيئة.

3- الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) :

يستخدم في ترسيب طبقات شفافة وملونة من البوليمرات العضوية على أسطح المنتجات المعدنية، حيث تعمل الطبقات الشفافة كطبقات حماية لمظهر السطح (Protective Coat) وتستخدم الطبقات الملونة الأغراض الجمالية (Coat Decorative).

صورة (3) توضح مقابض تم تغطيتها بطبقات متعددة الألوان من خلال عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية

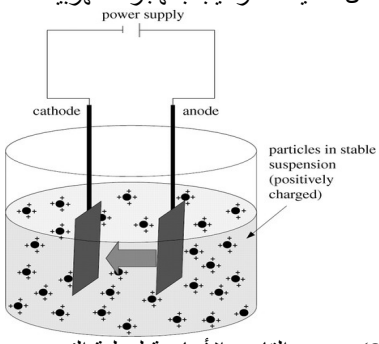
(3-9-1) مفهوم الترسيب بالهجرة الكهربية :

تقنية تستخدم في ترسيب طبقات رقيقة السمك من المواد العضوية على الأسطح الموصلة للكهرباء. (Laxmidhar Besra , Meilin Liu-2007-p3)

(3-9-2) القاعدة الأساسية لعملية الترسيب بالهجرة الكهربية :

تعتمد على ترسيب جزيئات مشحونة مشتتة في وسط سائل على قطب كهربائي معاكس لها في الشحنة تحت تأثير مجال كهربي مستمر (DC). شكل (8)

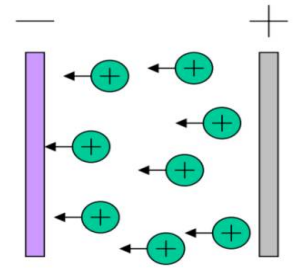
من الجدير بالذكر أن الأسطح المطلية بتقنية الترسيب بالهجرة الكهربية يتم معالجتها حراريا عقب عملية الترسيب.



شكل (8) يوضح القاعدة الأساسية لعملية الترسيب بالهجرة الكهربية

(3-9-3) عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية :

تنقسم إلى نوعين وفقا للقطب الكهربائي الذي يحدث عليه الترسيب وهما : (Laxmidhar Besra , Meilin Liu-2007-p3)



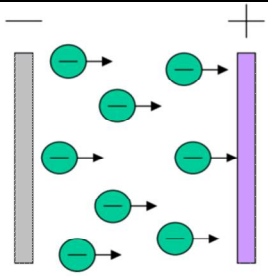
شكل (9) يوضح الترسيب الكهربي الكاثودي

(1-3-9-3) الترسيب الكهربي الكاثودي :

يتم في حالة ترسيب جسيمات موجبة الشحنة؛ حيث يتم توصيل السطح المراد طلائه بالقطب السالب (الكاثود). شكل (9)

(2-3-9-3) الترسيب الكهربي الآنودي :

يتم في حالة ترسيب جسيمات سالبة الشحنة؛ حيث يتم توصيل السطح المراد طلائه بالقطب الموجب (الآنود). شكل (10)



شكل (10) يوضح الترسيب الكهربي الآنودي

(4-9-3) مميزات وعيوب الترسيب بالهجرة الكهربية

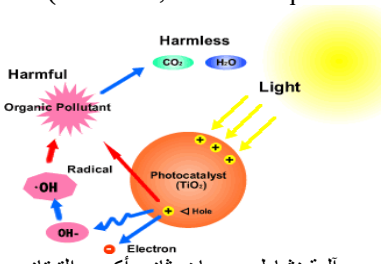
المميزات	العيوب
• التحكم في سمك طبقة الطلاء من خلال التحكم في الزمن وفرق الجهد. • الحصول على طبقة متجانسة ذات سمك موحد على السطح بالكامل. • سهولة طلاء الأشكال الهندسية المعقدة. • لا ينتج عنها ملوثات بيئية. • حماية مظهر السطح من التشوهات بفعل العوامل الخارجية.	• صعوبة تطبيق التعدد اللوني على السطح الواحد. • إنشاء نظام طلاء خاص بكل لون.

4- خاصية ذاتية التنظيف (Self-Cleaning)

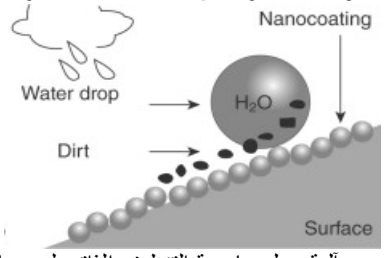
يعتمد مبدأ التنظيف الذاتي على خفض الطاقة الإستاتيكية للمادة مما يؤدي إلى انخفاض معامل الإرتباط بالسطح فتنتج أسطح مضادة للأتربة والسوائل (المياه، الزيوت، المنتجات النفطية)، (د/منى صبح- 2018- صـ703) وتتمتع بهذه الخاصية بعض المواد النانونية مثل نانو ثاني أكسيد التيتانيوم (TiO_2).

5- نشاط جسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية ضد ملوثات الأسطح :

تتميز جسيمات ثاني أسيد التيتانيوم النانونية باستجابتها للضوء الذي يعمل على تحفيزها لتحليل الملوثات العضوية وتسمى هذه العملية بالتحفيز الضوئي – شكل (11) بالإضافة إلى قدرتها على طرد المياه مما يزيد من فرصة التخلص من الملوثات الأخرى حيث ترتبط الملوثات بقطرات المياه أثناء انسيابها على السطح وهو ما يسمى بخاصية التنظيف الذاتي. (F. Pacheco-Torgal, M.V. Diamanti,C-G. Granqvist-2013-p27) شكل (12)



شكل (11) يوضح آلية نشاط جسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية ضد الملوثات العضوية من خلال عملية التحفيز الضوئي



شكل (12) يوضح آلية عمل خاصية التنظيف الذاتي لجسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية

6- استخدام عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)للحصول على أسطح ذاتية التنظيف :

يمكن الحصول على طبقة شفافة نانونية البنية من ثاني أكسيد التيتانيوم الذي يتميز بخاصية ذاتية التنظيف، ويتم ذلك باستخدام النوع الثاني من عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي وهو الترسيب بالترذيذ (النشر) (sputtering) حيث يتم استخدام هدف (Target) من التيتانيوم ويتم تمرير غاز الأكسجين أثناء العملية.

7- توظيف عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) للحصول على أسطح ذاتية التنظيف :

يمكن باستخدام عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية الحصول على أسطح كارهة للمياه لها القدرة على التنظيف الذاتي من خلال ترسيب طبقة من بوليمر مركب نانو ثاني أكسيد التيتانيوم، ويتم ذلك بإضافة جسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية لمحلول الطلاء، كما يمكن أيضا إضافة جسيمات نانو الفضة النانونية لتعزيز خاصية التنظيف الذاتي والتخلص من البكتريا والفيروسات إلى جانب التخلص من الملوثات.

الدراسة التجريبية:

تجربة (1)

الأجهزة المستخدمة :

- Multi-arc Ion PVD Coating Machine / Model : HCCA-1818

العينة المستخدمة :

- عينة من الحديد المطاوع (الصاج) المطلي بالنيكل أبعادها 4 سم، 6 سم وسمكها 0,7 مم (عينة 1).

المواد المستخدمة :

- معدن التيتانيوم (Target).
- غاز النيتروجين.
- غاز الأكسجين.

تجهيز العينة :

- غسل العينة بالماء الجاري.
- التطهير القلوي للعينة في محلول مخفف من هيدروكسيد الصوديوم.
- التطهير الحمضي للعينة في محلول مخفف من حمض الهيدروكلوريك.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

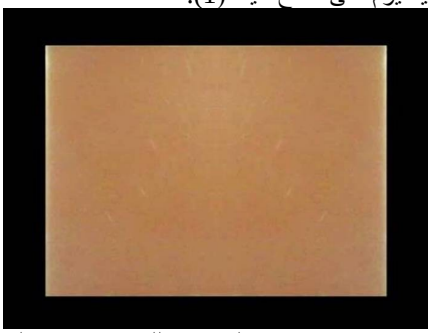
- غسل العينة بالماء المقطر.
- تجفيف العينة بالهواء البارد.

طلاء العينة :

- تعليق العينة داخل غرفة الطلاء.
- ضبط درجة حرارة غرفة الطلاء بدرجة حرارة 350 درجة مئوية.
- ضخ غاز النيتروجين.
- استمرار العملية لمدة 45 دقيقة فيتكون فيلم ذهبي اللون من نيتريد التيتانيوم.
- وقف ضخ غاز النيتروجين.
- ضخ غاز الأكسجين.
- استمرار العملية لمدة 10 دقائق فيتكون فيلم شفاف من ثاني أكسيد التيتانيوم.

نتيجة التجربة :

تكون فيلم ذهبي اللون من نيتريد التيتانيوم وفيلم شفاف من ثاني أكسيد التيتانيوم على سطح عينة (1).



صورة (4) توضح تكون فيلم ذهبي اللون من نيتريد التيتانيوم وفيلم شفاف من ثاني أكسيد التيتانيوم على سطح عينة (1)

تجربة (2)

الترسيب بالهجرة الكهربية لطبقة من بولي أميد مركب نانو الفضة ونانو ثاني أكسيد التيتانيوم (Nano Composite Polymer (Nano Silver & titanium dioxide)

الهدف

توظيف عملية الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) في الحصول على سطح ذاتي التنظيف

المواد المستخدمة:

- بوليمر بولي أميد كاتيوني.
- ماء مقطر.
- محلول معلق نانو الفضة المحضر كهربيا (Electro) Nano Silver.
- مسحوق نانو ثاني أكسيد التيتانيوم.
- آنود من الاستانليس.

العينة المستخدمة :

- عينة من النحاس المطلي نيكل أبعادها 4 سم ، 6 سم وسمكها 1 مم. (عينة 2)

الأجهزة المستخدمة :

- مولد التيار المستمر (موحد التيار).
- جهاز المحرك المغناطيسي.
- الفرن الحراري.
- جهاز الموجات فوق الصوتية (Ultrasonic).

تحضير المحلول :

- إضافة البولي أميد والماء المقطر بنسبة 1 : 25
- إضافة محلول معلق نانو الفضة المحضر كهربيا إلى محلول البولي أميد بنسبة 1 : 52
- إضافة مسحوق نانو ثاني أكسيد التيتانيوم إلى محلول البولي أميد ومعلق نانو الفضة بنسبة 0,08: 10
- تقليب المحلول باستخدام جهاز المحرك المغناطيسي لمدة ربع ساعة.
- وضع المحلول في جهاز Ultrasonic لمدة نصف ساعة.

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.

طلاء العينة :

- توصيل آنود من الاستانليس بالقطب الموجب.
- توصيل العينة بالقطب السالب (الكاثود).
- ضبط فرق الجهد مساويا 10 فولت.
- ملاحظة انخفاض شدة التيار الكهربي حتى يثبت أو يتضائل معدل الإنخفاض بشدة.
- رفع فرق الجهد إلى 15 فولت.
- ملاحظة انخفاض شدة التيار الكهربي 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

تحول سطح عينة (2) لسطح غير لامع مغطى بطبقة من بولي أميد مركب نانو الفضة ونانو ثاني أكسيد التيتانيوم.

(Nano titanium dioxide & Nano Silver Composite Polymer)

صورة (5) توضح تحول سطح عينة (2) لسطح غير لامع مغطى بطبقة من بولي أميد مركب نانو الفضة ونانو ثاني أكسيد التيتانيوم

Composite Polymer Nano titanium dioxide &) (Nano Silver

ملحوظة

طبقة الطلاء المتكونة على سطح عينة (2) طبقة غير لامعة ذات ملمس خشن يشبه ملمس السطح المعالج بعملية السفع الرملي، ويرجع ذلك إلى تجمع جسيمات نانو ثاني أكسيد التيتانيوم المتعلقة بطبقة البوليمر على هيئة حبيبات صغيرة تظهر على السطح.

القياسات المستخدمة :

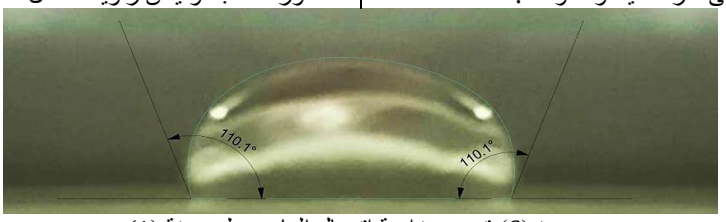
قياس زاوية اتصال السطح بالماء :

الهدف من القياس :

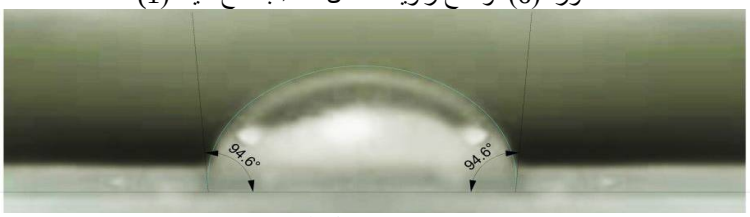
تحديد مدى قدرة السطح على طرد المياه والملوثات.

آلية القياس :

يتم تصوير قطرة الماء على السطح باستخدام عدسة مكبرة ثم تحليل الصورة الناتجة وقياس زاوية اتصال قطرة الماء بالسطح.



صورة (6) توضح زاوية اتصال الماء بسطح عينة (1)



صورة (7) توضح زاوية اتصال الماء بسطح عينة (2)

مقارنة بين عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) والترسيب بالهجرة الكهربية (EPD):

	عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)	عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD)
إمكانية إعادة معالجة سطح المنتج في حالة تعرضه للتلف	يصعب إعادة تدوير المنتجات التالفة وذلك لصعوبة إزالة طبقات الطلاء	يسهل إعادة تدوير المنتجات التالفة وذلك لسهولة إزالة طبقات الطلاء كيميائيا باستخدام المذيبات العضوية
مقاومة آثار العوامل الطبيعية	تتمتع طبقات الطلاء الناتجة عنها بمقاومة عالية لآثار العوامل الطبيعية	تتمتع طبقات الطلاء الناتجة عنها بمقاومة عالية لآثار العوامل الطبيعية
مقاومة التآكل الكيميائي	لا تتأثر طبقات الطلاء الناتجة عنها بالكيماويات	تتأثر طبقات الطلاء الناتجة عنها بالكيماويات
التكلفة	مرتفعة	منخفضة
متطلبات الحصول منتجات متعددة الألوان	يمكن الحصول على طبقات متعددة الألوان باستخدام غرفة طلاء واحدة وذلك من خلال تغير الغاز المار ودرجة الحرارة وزمن العملية	لابد من تجهيز وحدة طلاء خاصة لكل لون حيث يتغير لون طبقة الطلاء بتغييرالصبغة المضافة لمحلول الطلاء، كما يصعب فيه تحقق التعدد اللوني على السطح الواحد
متطلبات نظام التشغيل	نظام تشغيل معقد يتطلب مهارة ودقة عالية	نظام تشغيل بسيط
معدل عملية الطلاء	بطيئ	سريع
التأثير البيئي	ملوثة للبيئة	تستخدم خامات عضوية صديقة للبيئة
إمكانية الحصول على خاصية ذاتية التنظيف	يمكن الحصول على طبقات ذاتية التنظيف بمعالجة الأسطح اللامعة والغير لامعة	يمكن الحصول على طبقات ذاتية التنظيف بمعالجة الأسطح الغير لامعة فقط
زاوية اتصال الماء بالسطح	^{o}110,1	^{o}94,6

نتائج البحث Results:

1. يحكم جودة سطح المنتج المعدني معايير محددة يجب مراعاتها.
2. تتميز تقنية الترسيب بالتبخير الفيزيائي بالقدرة على إنتاج مجموعة متنوعة من الألوان ولكن يصعب إعادة تدوير المنتجات التالفة الناتجة عنها.
3. يتميز الترسيب بالهجرة الكهربية بقدرته على طلاء الأشكال الهندسية المعقدة ولكن يصعب استخدامه في تحقيق التعدد اللوني على السطح الواحد.
4. تتمتع جسيمات ثاني أكسيد التيتانيوم النانونية بخاصية التنظيف الذاتي.
5. يمكن توظيف عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) في الحصول على طبقات ذاتية التنظيف بمعالجة الأسطح الغير لامعة فقط.
6. يتميز فيلم ثاني أكسيد التيتانيوم ذو البنية النانونية بخاصية ذاتية التنظيف كما أنه يلائم معالجة مظهر أسطح المنتجات المعدنية اللامعة والغير لامعة.
7. نظام تشغيل عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) نظام معقد يتطلب مهارة ودقة عالية بينما يتميز نظام تشغيل عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) بالبساطة.
8. تستخدم عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) مواد عضوية صديقة للبيئة بينما تؤثر عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) بالسلب على البيئة.
9. استخدام نانو ثاني أكسيد التيتانيوم في معالجة أسطح المنتجات المعدنية يقلل من تراكم الملوثات على الأسطح.
10. يمكن الحصول على أفلام ذات بنية نانونية باستخدام إحدى عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) وهي عملية الترذيذ (Sputtering).

التوصيات Recommendations:

1. التوسع فى استخدام عمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD) في تطبيق طبقات حماية على أسطح المنتجات المعدنية لما تتمتع به من مقاومة عالية لآثار العوامل البيئية.
2. التوسع فى استخدام الترسيب بالتبخير الفيزيائي لطبقات ثاني أكسيد التيتانيوم ذات البنية النانونية على أسطح المنتجات المعدنية، لما تتمتع به من خواص ذاتية التنظيف تحافظ على مظهر سطح المنتج وتزيد عمره الافتراضي.
3. إجراء المزيد من البحوث حول كيفية تلافي عيوب كل من عمليات الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD) وعمليات الترسيب بالهجرة الكهربية (EPD).
4. إجراء المزيد من البحوث حول مستحدثات تكنولوجيا تغطية

This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

الأسطح المعدنية.

المراجع References:

1. جميل شيخ عثمان - "ادارة الجودة الشاملة" - كلية الإقتصاد - جامعة حماة - سوريا - 2016 م - صـ 13
2. محمد العوامي محمد - "تصميم مظهر السطح في المنتجات المعدنية بترسيب السبائك كهربيا" - رسالة دكتوراة - كلية الفنون التطبيقية - جامعة حلوان - عام 2007 م - صـ 67
3. منى صبح - بحث عنوان " التأثير التقنى والجمالى لتطبيقات النانو تكنولوجى على تصميم الواجهات المعمارية " - مجلة العمارة و الفنون العدد الحادى عشر الجزء الثانى - -عام ٢٠١٨م - صـ ٧٠٣
4. Donald M. Mattox - “Physical Vapor Deposition (PVD) Processing” – Published by Elsevier – second edition 2010
5. R.Prabu , S.Ramesh , M.Savitha and M.Balachandar – “REVIEW OF PHYSICAL VAPOUR DEPOSITION (PVD) TECHNIQUES” - Namakkal India - Proceedings of the International Conference on “Sustainable Manufacturing” ICSM 2013 – P 428
6. Yoke Khin Yap and Dongyan Zhang" Physical Vapor Deposition, Department of Physics, Michigan Technological - University, Houghton, MI, USA, Springer Science, Encyclopedia of Nanotechnology, 2015, P 1
7. Laxmidhar Besra , Meilin Liu – “A review on fundamentals and applications of electrophoretic deposition (EPD)” – Science Direct – 2007 – p 3
8. F. Pacheco-Torgal, M.V. Diamanti,C-G. Granqvist - Nanotechnology in Eco-Efficient Construction - Cyprus University of Technology, Cyprus – 2013 – p 27
9. http://www.richterprecision.com/coating-data/frequently-asked-questions/#whatispvdcoating
10. https://uomustansiriyah.edu.iq/media/lectures/6/6_2019_05_23!10_13_57_AM.pdf
11. https://tr.pinterest.com/pin/755830749935983177/
12. https://www.mdpi.com/2504-4494/3/1/28/htm
13. http://www.kfupm.edu.sa/Sites/tsf/SitePages/en/ContentDetailsPage.aspx?CUSTOMID=8
14. https://www.intechopen.com/online-first/introductory-chapter-basic-theory-of-magnetron-sputtering
15. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1386947718306507
16. https://www.researchgate.net/figure/Deposition-of-TaN-by-reactive-sputtering-of-Ta-in-a-nitrogen-ambient-The-blue-atoms_fig1_28360949
17. https://www.pvd-coatingmachine.com/technology/what-are-the-colors-of-the-pvd-coating.html
18. https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsif.2010.0156.focus
19. mchnanosolutions.com