Journal of
Design Sciences and Applied Arts

الترسيب الفيزيائي للبخار كبديل اقتصادي لطلاء الذهب في الحلي المقلدة

هاجر طارق كمال [١] سلوى محمد عبد النبي [٢] محمد العوامي [٣]

١. معيده بالمعهد العالي للفنون التطبيقية ,٦ أكتوبر , الجيزة , مصر
٢.استاذ متفرغ بقسم المنتجات المعدنية والحلي , جامعه حلوان , الجيزة ,مصر
٣.استاذ معالجة السطح بقسم المنتجات المعدنية والحلي , جامعه بنها ,بنها ,مصر

Submit Date: 2020-11-19 09:47:00 | Revise Date: 2021-05-21 12:54:28 | Accept Date: 2021-05-24 05:30:23

DOI: 10.21608/jdsaa.2021.50381.1085

ملخص البحث:-

الحلي من المنتجات التي تعتمد علي الجانب الجمالي اكثر من الجانب الوظيفي ولزياده القيم الجمالية هناك العديد من الطرق لإكسابها مظهر براق والوان لامعه ولكنها ذات تكلفه مرتفعة ويعد الترسيب الفيزيائي للبخار من إحدى الطرق التي تزيد من القيم الجمالية حيث انه يضفي الوان عديده وبراقه الي سطح المنتج ومماثلة للمعادن الثمينة كالذهب وهناك اعتقاد خاطئ أن تكاليف ترسيب البخار المادي (PVD) مرتفعة وتزيد من تكلفه المنتج النهائي ولكن التكلفة تعتمد علي حجم الألة وحجم المشغولات، فالشركات المصنعة لآلات طلاء PVD تقوم ببناء أنظمة قادرة على طلاء أحجام صغيرة أو كبيرة من الأجزاء بسرعة. اعتمادًا على أبعاد الأجزاء، يمكن لأنظمة الطلاء الأكبر حجمًا تغطية مئات الأجزاء في دفعة واحدة، ومما يعني أنه يمكن قياس تكاليف المنتج بالسنت وليس بالدولار، ومن هنا تكمن مشكله البحث في إمكانية استخدام الطلاءات المختلفة من بدائل الخامات الثمينة في إنتاج حلى مقلدة والتحقق من وملاءمتها لإعطاء صفات ذات جودة للون والبريق ويهدف البحث في إيجاد بدائل لطلاء المعادن بنفس درجه بريق المعادن الثمينة ,طلاء الحلى المقلدة بطبقة طلاء قليلة التكلفة ذات قيم جمالية وألوان براقة ثابتة ,والارتقاء بصناعة الحلى المقلدة المصرية لتمكينها من منافسة مثيلاتها الوافدة ، وتكمن اهميه البحث في إنتاج طبقات طلاء متعددة ذات ألوان متعددة وعمر افتراضي كبير وإيجاد طرق اقتصادية لطلاء الحلى المقلدة لرفع القدرة التنافسية للمنتج المصري ويفترض البحث أن طلاء الحلى المقلدة بالطبقات المماثلة للمعادن الثمينة ذات ألوان براقة وتكلفة اقتصادية أقل وعمر افتراضي أطول، ويتبع البحث المنهج الوصفي التحليلي ومن أهم نتائج البحث الحصول على ألوان متعددة ومتداخله على سطح الحلي واكسابه بريق مميز.

الكلمات المفتاحية:-

ترسيب فيزيائي للبخار- بدائل الذهب - طلاء - حلي مقلده

المقدمة

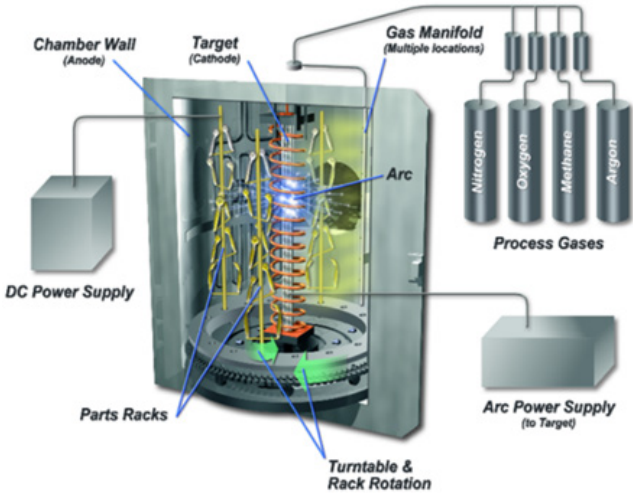
لمصمم المنتجات المعدنية والحلي دور بارز وهام للمساهمة في تحسين الجوانب الجمالية والاقتصادية لإنتاج الحلي ذات تكلفه اقتصادية بسيطة وذلك بوضع الحلول الملائمة للموارد والإمكانيات المتاحة، والحلي من المنتجات التي تعتمد على الجانب الجمالي أكثر من الجانب الوظيفي ولزياده القيم الجمالية هناك العديد من الطرق لإكسابها مظهر براق والوان لامعه ولكنها ذات تكلفه مرتفعة. وتتوقف صناعه الحلي المقلدة على خامات ذات تكلفه اقتصادية بسيطة ومظهر متميز وقدرة على الأداء المطلوب مما يجعلها تعمل على تحقيق رغبات المستهلك وتنافس مثيلاتها الوافدة من دول تغذوا بها السوق. وتقنية الترسيب الفيزيائي للبخار من التقنيات التي تعمل علي زيادة القيم الجمالية للمنتج حيث أنها تنتج طبقه طلاء لونها مماثل للمعادن الثمينة كالذهب الأصفر والذهب الوردي وذات عمر افتراضي كبير وذات تكلفة اقتصادية منخفضه التكاليف.

الترسيب الفيزيائي للبخار

الترسيب الفيزيائي للبخار والمعروف أيضًا بطلاء الأغشية الرقيقة، هو عملية يتم فيها تبخير مادة صلبة في فراغ وترسيبها على سطح معين. هذه الطلاءات ليست مجرد طبقات معدنية، وفيها يتم ترسيب المواد المركبة ذرة بالذرة، لتشكيل طبقة سطح رقيقة معدنية تحسن بشكل كبير مظهر ومتانة ووظيفة المنتج. هو مجموعه متنوعة من تقنيات ترسيب طبقات طلاء رقيقه حيث يتم تبخير ماده صلبه في بيئة مفرغه وترسب على خامات معدنيه او غير معدنيه كماده نقيه أو طلاء سبيكة والغرض منها هو تغطية سطح منتج معدني بطبقة معدنية أو غير معدنية لإضافة قيمه جمالية للمنتج. ويعتبر وصف عام لعدد من طرق ترسيب البخار تحت في بيئة مفرغة من أجل القيام بعملية تكوين طبقة سطحية رقيقة على سطح المنتجات، وذلك بواسطة طرق فيزيائية مثل إجراء عملية تبخر عند درجات حرارة مرتفعة وتحت الفراغ مع إجراء عمليات تكثيف متتالية، أو الطلاء بالرش الكاثودي للبلازما. تجري عمليات الترسيب الفيزيائي للبخار دون حدوث تفاعل كيميائي على سطح المنتج. وإذا حدث التفاعل يصنف الترسيب على أنه ترسيب كيميائي للبخار. يستخدم ايضا الترسيب الفيزيائي للبخار في إضافة الطبقات الرقيقة المعدنية على أسطح المواد البلاستيكية (٣).

كيف تتم عمليه الترسيب الفيزيائي للبخار؟

تتم عمليات PVD تحت ظروف الفراغ وتتضمن العملية أربع خطوات: هي التبخر، النقل، رد الفعل، الترسب.
التبخر: يتم قصف الهدف بمصدر طاقة عالي مثل حزمة الإلكترونات أو الأيونات. هذا يزيح الذرات من سطح الهدف، مما يؤدي إلى تبخيرها، وبالتالي ترسيب المواد على قطعة العمل.
النقل: هي حركة الذرات المتبخرة من الهدف إلى سطح المنتج، أو القطعة المراد طلاؤها.
رد الفعل: في الحالات التي يكون فيها المعدن هو الهدف، فإن طلاء PVD يتكون من أكاسيد معدنية، نتريد، كربيد ومواد مماثلة. ثم تتفاعل ذرات المعدن مع الغاز المحدد أثناء مرحلة النقل. قد تكون الغازات المستخدمة في الطلاءات المذكورة أعلاه من الأكسجين والنيتروجين والميثان.
الترسيب: عندما يتراكم الطلاء ويرتبط بسطح المنتج. حتى أنه يخترق السطح قليلاً، لإعطاء مستوى ثابت من الالتصاق



صورة (1) يوضح عمليه الترسيب الفيزيائي للبخار

أنواع الترسيب الفيزيائي للبخار:

يشمل الترسيب الفيزيائي للبخار كل من:

- ترسيب القوس المهبطي: حيث تحدث عملية تفريغ قوس كهربائي عالي الشدة على المادة الهدف الموجودة على المهبط، مما يؤدي إلى تشكل أيونات في الحالة الغازية (بخار)، والذي يتم ترسيبه وتكثيفه على المادة الهدف.
- ترسيب فيزيائي للبخار بالحزمة الإلكترونية: حيث تسخن المادة المراد ترسيبها إلى درجات حرارة عالية لتصبح بالحالة الغازية وذلك بواسطة تسليط حزمة إلكترونية تحت التفريغ العالي، ومن ثم القيام بعملية انتشار للبخار بيترسب بالتكثيف على السطح الهدف.
- ترسيب بالتبخير: حيث تسخن المادة المراد ترسيبها إلى درجات حرارة عالية لتصبح بالحالة الغازية وذلك بواسطة وشيعة كهربائية تحت التفريغ المنخفض.
- ترسيب الليزر النبضي: حيث يستخدم ليزر نبضي عالي الشدة من أجل تذرية المواد إلى بخار.
- ترسيب بالرش المهبطي: حيث تلفظ الذرات من مادة صلبة لدى تعريضها إلى قذف من جسيمات عالية الطاقة.
- الترسيب بالرش المهبطي (Sputter Deposition): وهي تقنية تستخدم في صناعة مواد أقراص التخزين الجديدة وتحديداً أشرطة التخزين المغناطيسية وأفلام التخزين الرقيقة المفرغة، وتنطوي هذه العملية في إطلاق أيونات الأرجون على ركيزة من فيلم البوليمر مما يؤدي إلى إنتاج طبقات من جزيئات الكريستال المغناطيسي (١).

مميزات (PVD) Physical vapor deposition:

١. يضيف قيم وظيفيه للمنتج حيث أنه يزيد من متانة المنتج وصلابته ومقاومة الاحتكاك ويضيف قيم جمالية حيث يعطي مجموعة واسعه من المواد والألوان المعدنية من الأسود القاتم إلى الازرق اللامع.
٢. يتم تطبيقه عند درجات حرارة منخفضة فبالتالي يمكننا طلاء أجزاء التي لا يمكن أن تتعرض لدرجات حرارة عالية كالبلاستيك.
٣. يوفر طلاء نقيا وعالي الأداء للغاية
٤. حماية المنتجات من الخدوش والتآكل والصدأ حيث ينتج طبقه أكثر مقاومة للتآكل من الطبقة الناتجة عن الطلاء الكهربي

٥. يمكن أن يطبق على الأسطح الكبيرة.
٦. آمنه وصديقة للبيئة لأنها توفر استخدام المواد السامة التي يتم استخدامها في عملية الطلاء التي تتم عن طريق التفاعلات الكيميائية على عكس PVD فهي عمليه ترسيب بخار فيزيائي.
٧. يوفر طبقه حماية للطلاء تدوم إلى الأبد تقريبا.
٨. يمكن الحصول منه على العديد من الألوان من النحاس والبرونز والكروم والذهب (بما في ذلك الذهب الوردي) والأسود (١).

عيوبه:

١. يستخدم في اشكال غير معقده نسبيا
٢. تعمل بعض تقنيات PVD عادة في درجات حرارة عالية جدًا وفي الفراغات، مما يتطلب اهتمامًا خاصًا من قبل موظفي التشغيل.
٣. يتطلب نظام مياه تبريد لتبديد الأحمال الحرارية الكبيرة.

تطبيقات: PVD

يتم استخدامه في مجموعة واسعة من الصناعات مثل التطبيقات البصرية التي تتراوح من نظارات العين إلى النوافذ الملونة ذات التنظيف الذاتي، والتطبيقات الكهروضوئية للطاقة الشمسية، وتطبيقات الأجهزة مثل شرائح الكمبيوتر والشاشات والاتصالات وكذلك التشطيبات الوظيفية أو الجمالية، من الحماية الصلبة إلى طلاء الذهب والبلاتين أو الكروم الرائعة. يمكن أيضًا أن يكون هذا النوع من الطلاء المادي بترسيب البخار مقاومًا لفقدان اللمعان والتآكل، مما يتيح استخدامها لمجموعة واسعة من التشطيبات الجمالية بألوان ثابتة ومستقرة. ينتج طلاء PVD الذهبي أو البلاتينيوم تشطيبات رائعة تجعل الساعات ذات مقاومة مميزة للخدش. نيتريد التيتانيوم ومواد الطلاء المماثلة توفر تشطيبات جميلة مقاومة للتآكل. هذا يجعلها تستخدم على نطاق واسع في الأدوات المنزلية مثل مقابض الأبواب، تجهيزات السباكة والتركيبات البحرية وكذلك أدوات الطعام والسكاكين.

صورة (2) توضح النتيجة النهائية للمقابض وألوانها بتقنيه الترسيب الفيزيائي للبخار

تطبيق هذه التقينه علي الحلي المصنوعة من الاستلنس ستيل مثل شركة winda

صورة (3) توضح تطبيق هذه التقنية على الحلى

وهي عباره عن حلي من الاستلنس ستيل المقاوم للصدأ متينه وآمنة لارتدائها للأشخاص الذين يعانون من الحساسية. تشبه عملية التصنيع المجوهرات المصنوعة من معادن أخرى. ويتم تطبيق تقنيه PVD لإعطائها مظهر الذهب اللامع والحفاظ عليه من الخدش ومقاومته للتآكل وقبل أن يتم الطلاء يجب ان يتم تنظيف سطح المشغولة جيدا وبعد ذلك يتم وضع الأدوات في غرفه التفريغ على تركيبات خاصة (5).

كيفية الحصول على ألوان مماثلة للمعادن الثمينة بتقنيه الترسيب الفيزيائي للبخار(6):

الخامة	سمك طبقه الطلاء	الصلابة	الاحتكاك	درجه حرارة الاستخدام	درجه حرارة الترسيب	اللون
نيتريد الزركونيوم ZrN	2-4	2600	0.03	500	450	ذهبي
نيتريد التيتانيوم TiN	2-4	2800	0.5	500	450-550	ذهبي
AlTiCrN	2-4	3200	0.55	850	450-550	فضي
AlTiN/TiSiN	2-4	3500	0.4	1100	450-550	نحاس احمر

جدول رقم (1) يوضح كيفية الحصول على الألوان المماثلة للمعادن الثمينة

الفرق بين الطلاء بالذهب والطلاء بالترسيب الفيزيائي للبخار:

وجه المقارنة	الطلاء بالذهب	الطلاء بالترسيب الفيزيائي للبخار
طبقه الطلاء	عباره عن طبقه رقيقه جدا من معدن الذهب الحقيقي	يعطي طبقه أكثر سمكا 10 مرات من طلاء الذهب
حماية السطح	يتأثر بالعوامل الخارجية مثل العطور والمياه	يوفر للمنتج حماية من التآكل وأكثر مقاومه للظروف الخارجية مثل المياه والعطور وحتى الكلور
العمر الافتراضي	18-12 شهر	عمر افتراضي طويل فد يدوم مدي الحياة
التكلفة	تكلفه مرتفعة لاستخدام معدن الذهب الثمين	تكلفه منخفضه حيث أنه ذهب مقلد

جدول رقم (2) يوضح الفرق بين الطلاء بالذهب والطلاء بالترسيب الفيزيائي للبخار

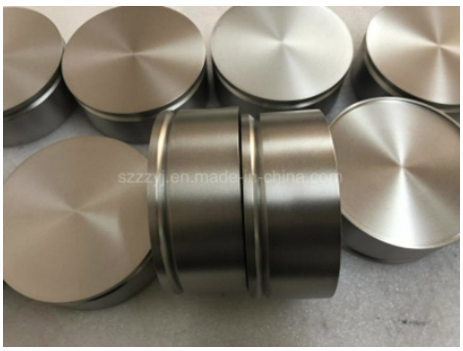
١- تكاليف تشغيل نظام طلاء (PVD) Physical vapor deposition:

١-١- الخامات:

١-١-١- مواد الطلاء الكهربي

١-١-٢- الغازات الشائعة (مثل النيتروجين والأرجون والاكسجين)

١-١-٣- المادة الأساسية وغالبا تكون معدن (مثل الزركونيوم أو الكروم أو التيتانيوم) وقد تستمر هذه المواد لأشهر قبل الحاجة إلى الاستبدال وهي أعلي تكلفه مستهلكة.



صورة (4) توضح سبائك معدن التيتانيوم المصنعة لماكينة Pvd

١-٢- المعدات:

١-٢-١- ماكينة الطلاء بالترسيب البخار المادي pvd

صورة (5) توضح ماكينة (pvd) متوسطه الحجم الأبعاد (1409 *1481* 2142)

١-٣- الطاقة اللازمة للإنتاج: الطاقة الكهربية

١-٤- العمالة:

١-٤-١- عمالة لوحدات طلاء النيكل لخامات مثل (الحديد – النحاس) بينما الاستلنس لا يحتاج إلى خطوه الطلاء ونكتفي بتطهير المنتج.

١-٤-٢- عماله لتجهيز المنتجات (تجفيف – تغليف – تعليق المنتجات قبل الدخول للماكينة)

١-٤-٣- متخصص لبرمجه الماكينة.

صورة(6) يوضح ضبط النسب من الغازات المستخدمة ودرجه حرارة التفاعل عن طريق شاشه تعمل باللمس.

١-٥- الصيانة: صيانة النظام واضحة وتشمل فقط الصيانة الدورية والتنظيف الذي يقوم به العامل، ولكن يتطلب الصيانة نص سنويا علي يد خبراء.

٢- العمر الافتراضي لطبقة الطلاء

يتراوح سمك الطلاء عادة بين ٠,٢٥ ميكرون و٥ ميكرون, وتكون طبقه مقاومة للتآكل والخدش وتدوم مدي الحياة.

٣- زمن الإنتاج

يتراوح زمن العملية من ١٥ الي ٢٥ دقيقه

٤- عدد المنتجات

تختلف عدد المنتجات باختلاف حجم المنتج وحجم وسعه الماكينة.

٥ـ الانبعاثات

تقنيه الطلاء بالترسيب الفيزيائي صديقه للبيئة لا يصدر عنها أي انبعاثات او ابخره أثناء عمليه الطلاء , لذلك تكلفه = صفر.

• تعتبر تقنية الترسيب الفيزيائي للبخار بديل قوي ومؤثر للمعادن الثمينة في الكثير من الصناعات المهمة واهمها الحلي المقلدة وسوف تغزو السوق المصرية بقوة وتؤهل المنتج المصري من منافسه مثيلاتها كما انها صديقة للبيئة فلا ينتج عنها أي مخلفات او انبعاثات ضاره فهذه التقنية مثالية للبيئة.

نتائج البحث: -

تم التوصل من خلال البحث إلى عدة نقاط يمكن إجمالها فيما يلي: -

١. تكلفه الطلاء بالترسيب الفيزيائي غير مرتفعة حيث تدوم المواد الخام لأشهر قبل استبدالها. فبمقارنة النتائج التي توصل إليها تكلفة الطلاء ٤ جنيهات وإذا تم طلاء نفس القطعة بالذهب تكون التكلفة ١٥ جنيه.
٢. طريقه طلاء مماثله للمعادن الثمينة كالذهب الأصفر والذهب الوردي.
٣. طبقة طلاء لامعة ومقاومة للخدش والتآكل والعوامل الخارجية.
٤. طريقة طلاء صديقة للبيئة لا ينتج عنها انبعاثات تلوث البيئة.
٥. وجود طبقه طلاء ذات عمر افتراضي كبير ومنافس للمنتجات المستوردة.
٦. الترسيب الفيزيائي للبخار طريقه طلاء آمنه لا تعرض العمالة لخطر مثل استنشاق غازات سامه او ما شابة
٧. توافر طبقه طلاء تدخل في العديد من التطبيقات بشتى المجالات مثل التطبيقات البصرية والتطبيقات الكهروضوئية وتطبيقات الأجهزة الالكترونية.
٨. يمكن طلاء العديد من المنتجات في نفس الوقت حسب سعة الماكينة وحجم المنتج.
٩. تستخدم التقنية في المنتجات الغير معقدة نسبيا.
١٠. تستخدم على مختلف أنواع المعادن مثل الفولاذ المقاوم للصدأ والنحاس والحديد وغيره من المعادن الأخرى.

المراجع: -

الكتب: -

1-William Andrew, (2010) Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD), 2nd edn, UK.

الأبحاث العلمية: -

2- Guide to exploitation of PVD Research by Kennis transfer Centrum Bouw & Industrie (KCBI)•

المواقع الإلكترونية: -

3-https://vaportech.com/what-is-pvd-coating-an-intro-to-physical-vapor-deposition-other-thin-film-deposition-technologies/
4-KLAUS BRONDUM)2005), https://www.pfonline.com/articles/reinventing-chrome-coatings (Accessed: June 2020)
5-http://www.windajewelry.com/content/17-winda-professional (Accessed: June 2020)
6-https://www.hcvacuum.com/html/3882.html (Accessed: Oct 2020)

صورة (7) توضح ماكينة (pvd) ذات حجم كبير وسعه منتجات أكبر

صورة (8) توضح ماكينة (pvd) أصغر في الحجم وعدد منتجات اقل

صورة (9) توضح طريقه تعليق الحلي قبل عمليه الترسيب الفيزيائي للبخار