توجيه المصمم لاختيار الطريقة الملائمة لمعالجة وإنهاء سطح المنتج المعدني

Guidance Designer to selection the suitable process treatment and finishing metal product surface

أ.م.د/ محمد العوامي محمد

أستاذ مساعد بقسم المنتجات المعدنية والحلي -كلية الفنون التطبيقية- جامعة بنها

Assist. Prof. Dr. Mohammed El awamy Mohammed

Assistant Professor-Metal Products and Jewelry department –Faculty of Applied Arts, Benha University

awamymohamed@yahoo.com

أ.م.د/ ياسر عيد محمد علي

أستاذ مساعد بقسم الأثاثات والإنشاءات المعدنية -كلية الفنون التطبيقية- جامعة حلوان

Assist. Prof. Dr. Yasser Eid Mohammed Ali

Assistant Professor -Metal Furniture and Constructions -Faculty of Applied Arts, Helwan University

yassereid78@gmail.com

الملخص

خلال العقود القليلة الماضية تم تطوير العديد من طرق المعالجة والطلاء، واستخدمت في تقليل الاحتكاك وحماية الأسطح من التلف وخاصة في المنتجات المعدنية.

وأصبح العلماء يدركون أن السطح هو الجزء الأكثر أهمية في كثير من المنتجات الهندسية، ومعظم المشاكل الاستخدامية لها علاقة بخصائص السطح.

كما تعتمد العديد من الخصائص المهمة وظيفيًا على معالجة السطح، مثل الحماية من التآكل والخصائص الاستخدامية والجمالية والمتوافقة مع البيئة.

لذلك أصبح من الواضح تمامًا، أن عملية اختيار الطلاء المناسب أو المعالجة السطحية يتطلب منهجية واضحة ومحددة، كما يجب أن يتم تنفيذ هذه العملية في مرحلة مبكرة من تطوير المنتج، ومن الضروري أن ينظر المطورون بالفعل في المتطلبات السطحية خلال مراحل الأفكار الأولية مباشرة بعد تلبية متطلبات المستخدمين والسوق.

ومن هذا المنطلق ظهرت**مشكلة البحث**

متمثلة في الحاجة إلى وجود أنظمة دقيقة لاختيار طرق معالجة أسطح المنتجات المعدنية المثلى لتلبية احتياجات المستخدم، مع كونها أكثر سهولة وسرعة في التطبيق، وأقل تكلفة في الإنتاج، وملائمة للبيئة، وينتج عنها أسطح متوافقة وظيفيا.

ومن ثم فإن **الهدف من البحث**

يتمثل في وضع منهجية علمية لاختيار أنسب المعالجاتالسطحية للمنتجات المعدنية من خلال إجراء دراسة تحليلية لأهم الطرق المستخدمة، ومعرفة أهم مميزاتها وعيوبها وتحديد كيفيةاختيار المصمم للطريقة الملائمة لخامات المنتج ووظيفته.

وذلك من خلال **فرضية** مفادها أن تحديد الطريقة الملائمة لإنهاء سطح المنتج يقلل الكثير من المشاكل التي يمكن أن يتعرض لها المنتج فيما بعدويحقق قدر كبير من التوافقات الاستخدامية والتقنية والاقتصادية.

واستنادا إلى المنهج الوصفي التحليلي.

كلمات مفتاحية

معالجة السطح - اختيار المعالجة- تصنيف الطلاء - توجيه المصمم.

Abstract

Over the last few decades many methods of treatment and coating have been developed and used to reduce friction and to protect surfaces from damage, especially in metal products.

Scientists have become aware that the surface is the most important part of many engineering products, and most of the usability problems have to do with surface characteristics.

Many functionally important properties depend on surface treatment, such as corrosion protection and functional, aesthetic and environment-friendly properties.

It is therefore very clear that the process of selecting suitable coatings or surface treatment requires a clear and specific methodology. This process should be carried out at an early stage of product development. It is essential that developers consider the surface requirements during the initial stages of ideas immediately after Meet the requirements of users and market.

-The problem of the research

is the need for precise systems to choose the surface treatment of metal products to meet the needs of the user will be easier and faster in the application and less expensive in production and environmentally friendly and result in the surfaces are compatible functionally.

- The objective of the research

is to develop a scientific methodology for the selection of surface treatment of metal products through an analytical study of the most important methods used and know the most important advantages and disadvantages and determine how the designer chooses the appropriate way to the materials of the product and its function.

This will be done by the assumption that determining the appropriate way to end the surface of the product reduces many of the problems that can be experienced by the product later. And achieved a great deal of technical, functionally and economic consensus.

Keywords:

Surface treatment - finishing selection - coatings classification - Designer Guidance

مقدمة

تتطلب عمليات الإنتاج الحديثة معالجات سطحية متميزة في إطارالمعايير القياسية المتطورة لتقنيات صناعة المنتجات والتي أعطت تصورًا مفاده أن تقنيات المعالجات السطحية غالبًا ما تكون الدافع الرئيسي لجذب انتباه المستخدم واقناعه بأن هذا المنتج قادر على تلبية احتياجاته

وبالتالي فإن المصمم يكون في مواجهة اثنين من المهام الأساسية: -

المهمة الأولى: الاختيار الأمثل لمعالجة سطح المنتجات والاستفادةمن خصائص المواد والأسطح.

المهمة الثانية: دمج تقنيات المعالجات المختارة في سلسلة العمليات التي تحقق الهدف وتتفق مع مواصفات المنتج المطلوبة.

كما تعتبر تكاليف الإنتاج والجوانب البيئية من العوامل المؤثرة في اختيار وتطبيق المعالجة السطحية للمنتج ليس فقط كمعايير للإنتاج ولكن أيضًا لأن الاعتبارات الاقتصادية تؤدي إلى زيادة أهمية التقنيات السطحية.

وعند النظر في اثنين من المجالات الرئيسية للتقنيات السطحية مثل المعالجات المقاومة للصدمات والمعالجات المضادة للتآكل، فنجد مثلا أن خبراء الاقتصاد يقدرون الأضرار االناتجة عن عدم تطبيق المعالجات يسبب فقدان 1 ٪ تقريبا من الناتج القومي الإجمالي الألماني(GNP) ، والتأثير الاقتصادي للتلف الناتج عن التآكل أعلى ويتراوح ما ب ين3,5-

4,2 ٪ تقريبا من الناتج القومي الإجمالي لذلك يجب اعتبار المعالجات السطحية واحدة من مجالات التكنولوجيا الرئيسية في هندسة الإنتاج. (W. Tillmann 2006, 6-8)

ومع اتساع نطاق التطبيقات المختلفة لمعالجات الأسطح إلا أن اختيار الطلاء الأمثل لتطبيق معين لا يزال مهمة صعبة بسبب صعوبة تقدير آليات التآكل، واعتماد الأداء على خصائص الطلاء وظروف التشغيل. علاوة على ذلك لا توجد قاعدة ارشادية عامة للمساعدة في اختيار الطلاء المناسب لمختلف التطبيقات. ومن هذا المنطلق يهدف البحث إلى تطوير أدوات ما قبل الاختيار واقتراح بعض الأساليب لتقييم ومقارنة الطلاء وذلك للمساعدة في إرشاد المصمم لاختيار أسلوب الطلاء الأمثل وذلك من خلال المحاور التالية:

1- مفهوم وأهمية معالجة سطح المنتج المعدني

تعد هندسة الأسطح التي تشمل المعالجات والطلاءات السطحية واحدة من أكثرالحلول فعالية ومرونة للمشاكل التي يتعرض لها المنتج.

وذلك لما تشتمله الأنظمة المتغيرة لطبقات الطلاء على العديد من الخصائص مثل تقليل معامل الاحتكاك، وزيادة صلادة السطح، وتغيير كيمياء السطح، وتغيير خشونة السطح، لذلك فهي تعمل على تحسين مقاومة التآكل للأسطح وإطالة عمر المكونات ذات الصلة.

وخلال العقود القليلة الماضية تم طويرالعديد من طرق الطلاءوالترسيب بنجاح، واستخدمت في تقليل الاحتكاك وحماية الأسطح من التلف وخاصة في المنتجات المعدنية. ويعتمد الاستخدام المتزايد للطلاءات في التطبيقات أساسًا على الأسباب التالية:

- إدراك المتخصصون أن السطح هوالجزءالأكثرأهمية في كثير من المنتجات الهندسية، ومعظم الأعطال لها علاقة بخصائص مساحة السطح.
- اعتماد العديد من خصائص المنتج على مساحة السطح، مثل الخصائص الاستخدامية والجمالية والإلكترونية والمغناطيسية والبصرية والبيئية.
- ارتباط تحقق جودة الأداءالمطلوبة للمنتجات والأدوات الميكانيكية بطرق اختيار المواد وخصائص التركيب البنائي، والتي يمكن أن يؤدي استخدام الأسلوب الأمثل في الطلاء إلى تحسينها وبالتالي تحسين الخصائص الميكانيكية الأخرى مثل تقليل الاحتكاك ومقاومة التآكل.
- في بعض الحالات الخاصة لايمكن للمنتجات أن تعمل بشكل طبيعي دون استخدام طبقات الطلاء المتقدمة.
- التطور الحادث في تقنيات معالجة الأسطح والذي أخرج للمصممين بعض عمليات الترسيب الجديدة، والتي تعطي إمكانية ترسيب الطلاءات ذات الأداء العالي والتي لم تكن قابلة للتحقق من قبل مثل الطلاء بالرش الحراري أحد أكثر الطرق فعالية لحماية المنتجات من التآكل الكيميائي والتآكل في درجات الحرارة العالية بالاحتكاك والاجهادات وهي ذات طبقات صلدة وسميكة، وبالتالي يزداد العمرالافتراضي لأسطح المنتجات (Y. Fu, J. Wei-2000)

شكل (1) الرش الحراري

1-1 مفهوم معالجة الأسطح

السطح هو الوجه الخارجي للمنتج. إلا أن الجزء الأكبر أهميةفي سطح المنتج هو الذي تقع عليه عين المستهلك عند رؤية المنتج لأول مرة، لذا يجب أن يحظى بالاهتمام الأكبر عند معالجة وطلاء المنتج، لأن هناكالعديد من المنتجات التي لا تحتاج نفس مستوى جودة التشطيب لكل أجزاء السطح.

لذلك تعرف الأسطح الهامة في المنتج على أنها الأسطح المرئية مباشرة. وتمثل عاملاً رئيسياً لمظهر المنتج.

أما معالجة الأسطح:

فهي عملية تغيير سطح المنتج بغرض تحسين مظهره أوخصائصه المختلفة (الميكانيكية –الكيميائية) وهي بمثابة:

- طريقة مصممة لتعديل سطح الخامة من أجل الحصول على خصائص معينة (الصلادة –ومقاومة التآكل .... وغيرها) وتحقيق قيم أفضل.

- أو تحويل سطح الخامة من صورة إلى أخرى بطريقة ما لتكون أكثر مقاومة للظروف البيئية.

- أو تغيير سطح المنتج من حالة الى أخرى لتحسين وظائفه (الاقتصادية- الاستخدامية- الجمالية - البيئية .....إلخ)

2-1 الغرض من معالجة الأسطح

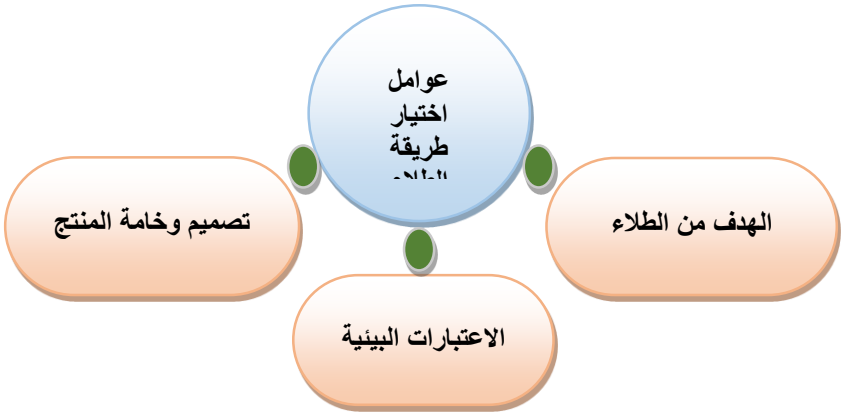
هوإنتاج أسطح فعالة وظيفيا وذات تكلفة تتناسب مع أهمية المنتج. لذلك يوجد مجموعة كبيرة من عمليات معالجة الأسطح والتي تعطي خصائص متعددة مطلوبة للعديد من المنتجات كل حسب وظيفته وبيئة الاستخدام الموجودة فيها. (Sagar Amin 2016)

3-1العوامل المؤثرة في اختيار عملية وطبقة طلاء المنتجات:

يعتمد الاختيار الدقيق للمعالجات السطحية المناسبة للمنتجات بشكل عام وللمعدنية منها بشكل خاص على الحصول على الخصائص المطلوبة لسطح المنتج فيما يتعلق بظروف التشغيل المقصودة.

حيث إن السطح غالبا ما يتعرض لكل من العوامل الميكانيكية والحرارية والتفاعلات الكيميائية والكهروكيميائية أثناء الاستخدام ومع البيئة المحيطة به.

لذا فإن هناك ثلاثة مجالات رئيسية على الأقل من العناصر الفنية التي تساهم في حسن اختيار العملية ومن ثم طبقة الطلاء وهي: -



شكل (2)
العوامل المؤثرة في اختيار عملية وطبقة طلاء المنتجات

أ - الوظيفة أو الهدف من الطلاء.

-تتعدد الوظائف أو الأغراض التي يمكن من أجلها استخدام الطلاء أو تعديل السطح وذلك لتعديل الخواص أو الوظائف المتعددة للمنتج والمتمثلة في:

- الخواص الميكانيكية (الصلادة - مقاومة الاحتكاك - ..... وغيرها)
- العزل أو التوصيل الحراري
- العزل أو التوصيل الكهربائي
- وظائف إلكترونية
- الخواص المغناطيسية
- الخواص الجمالية والمظهرية

بالإضافة إلى ذلك، قد تتطلب المنتجات المتخصصة بشكل معين وظائف أخرى محددة وكذلكالأجزاء المستخدمة في التكنولوجيا الدقيقة على سبيل المثال الأجزاء الإلكترونية يمكن أن تتطلب خصائص كهرومغناطيسية خاصة للأسطح.

ب- تصميم وخامة المنتج أو الجزء المراد طلاؤه.

حيث تتعدد التصميمات وتختلف من بسيط إلى معقد كما تنقسم الخامات إلى معدنية وغير معدنية

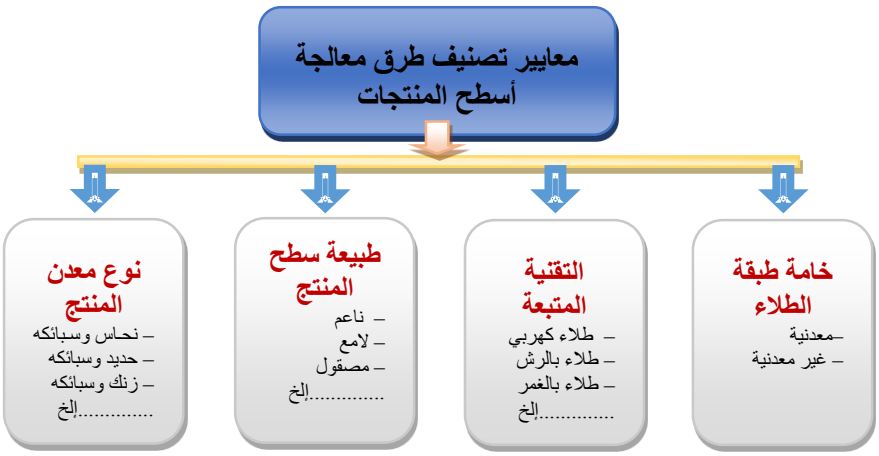
ج-الاعتبارات البيئية.

المتعلقة بالآثار البيئية المترتبة على استخدام عمليات الطلاء والتغطية.

2- تصنيف طرق معالجة وطلاءأسطح المنتجات

يعتمد تصنيف طرق وأساليب معالجة وطلاء أسطح المنتجات على عدة معايير من أهمها: -

- خامة طبقة الطلاء المتكونة على سطح المنتج (معدنية - غير معدنية)
- التقنية المتبعة لتطبيق المعالجة (طلاء كهربي - طلاء بالرش - معالجة بالغمر.....الخ)
- طبيعة سطح المنتج (ناعم - لامع - مصقول.....الخ)
- نوع معدن المنتج المراد طلاءه (نحاس وسبائكه- حديد وسبائكه–زنك وسبائكه .....الخ)



شكل (3)

معايير تصنيف طرق معالجة وطلاءأسطح المنتجات

كما تنقسم أيضا إلى معالجات عامة لجميع الخامات والمواد وأخرى خاصة بالمنتجات المعدنية

هذا بالإضافة إلى أنه في كثير من الأحيان، يمكن إنتاج طبقة طلاء بتكوين معين باستخدام طريقتين أو أكثر من الطرق أو العمليات.

ومع ذلك فإن الخصائص المجهرية الناتجة ربما ستكون مختلفة بشكل كبير. علاوة على هذا فإن البنية المجهرية وخصائص تركيب طبقة طلاء معينة تنتجها عملية واحدة قد تختلف أيضًا بشكل كبير اعتمادًا على العوامل المضافة مثلالمعلمات (مواد تضاف للمحلول لانتاج طبقة طلاء لامعة) في عملية الترسيب الكهربي. وبالتالي فإن اختيار نوع الطلاء والمواصفات ليست بالممارسة البسيطة.(Dr. Robert C2004, 25 – 28)

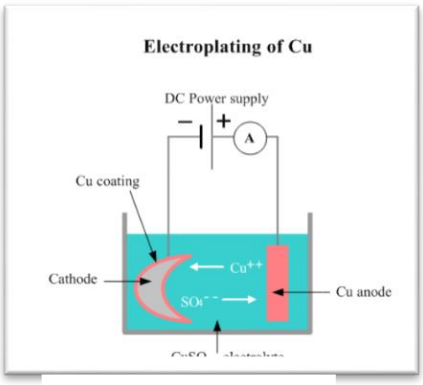
3- مميزات وعيوب عمليات معالجة أسطح المنتجات المعدنية.

إن تحديد مميزات وعيوب كل عملية من عمليات معالجة أسطح المنتجات المعدنية يساعد المصمم على حسن ودقة اختيار المعالجة الملائمة للمنتج ويقضي على حالة التردد في اتخاذ القرار عند اختيار المعالجة نتيجة تعدد الطلاءات والمعالجات التي قد تصلح للتطبيق على سطح المنتج ومن ثم اختيار المعالجة المناسبة لوظيفة المنتج وبيئة الاستخدام المحيطة وظروف التشغيل مما يزيد العمر الافتراضي لسطح المنتج.

وفي معظم الحالات يتم تنفيذ عملية الاختيار مسبقاً وفقًا لخبرات الخبراء وبعض الحالات الناجحة في الصناعات، وهي عملية شاقة ويمكن معها عدم الانتباهللطلاء الأمثل. لذا ستكون أداة الاختيار المسبق المستندة إلى منهجية واضحة مرتكزة على قاعدة للبيانات أكثر فعالية.

3-1الطلاء الكهربيElectroplating

تعتبر عملية الطلاء الكهربي أحد أشهر العمليات المستخدمة في معالجة وطلاء سطح المنتجات المعدنية. وهي تعتمد على ترسيب طبقة من معدن على آخر. ومن المعادن المترسبة بهذه الطريقة (الذهب وسبائكه - الفضة وسبائكها - النيكل وسبائكه - النحاس وسبائكه - القصدير -الزنك - الكروم). وتستخدم هذه الطريقةلأغراض متعددة من أهمها مقاومة التآكل وتحسين المظهر الجمالي



شكل (4)
عملية الطلاء الكهربي

وتتميز عملية الطلاء الكهربي بعدة خصائص منها: -

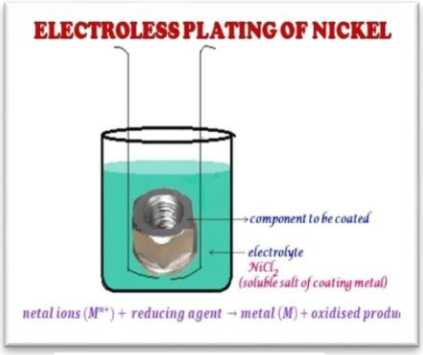
- الحماية من التآكل
- اضافة قيم جمالية بتحسين المظهر
- بساطة التطبيق
- قلة التكاليف
- تحسين الخواص الميكانيكية لسطح المنتج (الصلادة –مقاومة الاحتكاك).
- تستخدم في صناعة الحلي الرخيصة بدلاً من حلي الذهب أوالفضة وهذا يقلل من تكلفة الحلي بشكل كبير.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- صعوبة طلاء الأشكال الهندسية المعقدة.
- خطورة هشاشة الهيدروجين في طبقات الطلاء.
- تسبب بعض المشاكل البيئية.
- العملية قد تستغرق وقتًا طويلاً.

2-3 الطلاء بدون كهرباء Electroless Plating

هذه طريقة أخرى لطلاء المعادن لكنها لا تحتاج إلى تطبيق التيار الكهربي لأنها تعتمد على التفاعلات الكيميائية في تحفيز واختزال الأيونات المعدنية وتتكون محاليلها من أيونات المعدن وعامل مختزل ومواد كيميائية أخرى.



شكل (5)
عملية الطلاء بدون كهرباء

وتتميز عملية الطلاء بدون كهرباء بعدة خصائص منها: -

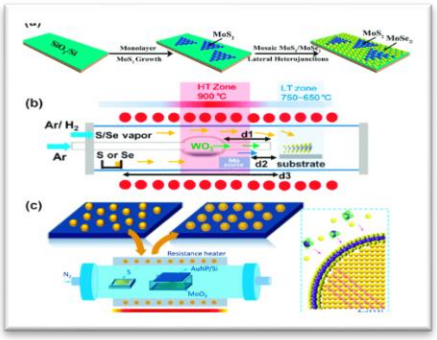
- ذات سمك منتظم على كل أجزاء المنتج وإن كان الشكل معقد.
- تطبق على معظم المعادن وبعض الخامات غير الموصلة.
- ذات طبقات لها مقاومة ممتازة للتآكل والاحتكاك وصلادة عالية.
- لا تحتاج لدرجات حرارة عالية عند التطبيق.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- تحتاج العملية إلى تحكم دقيق لضبط درجات الحرارة والعوامل الأخرى.
- طبقات الطلاء بها نسبة مرتفعة من الهيدروجين فهي تحتاج إلى معالجة بعد التطبيق لزيادة قوة الالتصاق بالمنتج واختزال الإجهاد الداخلي لطبقة الطلاء.
- ارتفاع تكلفة التطبيق.

3-3الترسيب بالتبخير الكيميائيChemical Vapor Deposition (CVD)

هي عملية يتم فيها تفاعلات كيميائية لتحويل جزيئات الغاز إلى الحالة الصلبة لترسيب طبقات رقيقة على سطح المنتج من المواد المعدنية (الومنيوم – نحاس - تنجستن) أوالغير معدنية (نيتريد السليكون– السليكون-ثاني أكسيد السليكون-نيتريد التيتانيوم) وهي مستخدمة في عمليات الإنتاج الكمي وخاصة في الأجزاء التي تحتاج إلى طبقات صلدة.



شكل (6)
عملية الترسيب بالتبخير الكيميائي (CVD)

وتتميز عملية (CVD)بعدة خصائص منها: -

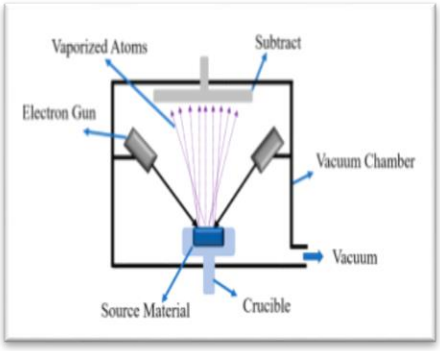
- قوة التصاق ممتازةلطبقة الطلاء بسطح المنتج أو الأجزاء المطلية.
-طبقات الطلاء ذات صلادة عالية جدا.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-التشوه في طبقة الطلاء أحيانا.
-صعوبة طلاء المنتجات والأجزاء ذات الحواف الهندسية الحادة.
-صعوبة التخلص من النفايات الغازية للعملية.

4-3 الترسيب بالتبخير الفيزيائي(PVD)Physical Vapor Deposition

هي تقنية مستخدمة لترسيب طبقات رقيقة من مواد مثل (ألومنيوم - نحاس - كوبالت - نيكل - تيتانيوم–كروم- قصدير.....الخ) على سطح المنتج. وهي تعتمد على تبخير المعدن في بيئة مفرغة من الهواء ثم تكثيفه للحالة الصلبة كطبقة رقيقة على سطح المنتج.



شكل (7)
عملية الترسيب بالتبخير الفيزيائي (PVD)

وتتميز عملية (PVD)بعدة خصائص منها: -

- الطلاء سميك وله قوة التصاق كبيرة بسطح المنتج أوالأجزاء المطلية.
-انخفاض درجات حرارة تشغيل العملية.
- إمكانية ترسيب العناصر النقية والمركبات والسبائك.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

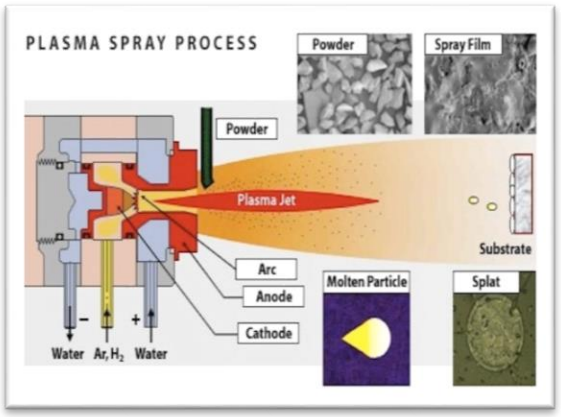
-انخفاض معدل نمو طبقة الطلاء. لكون عملية (PVD) بطيئة نسبياً.
-تجانس سمك طبقة الطلاء يعتمد على الشكل الهندسي للمنتج.
-تحتاج العملية إلى ماكينات معقدة وأنظمة دقيقة وفنيين بدرجة مهارة عالية.
- التكلفة الكبيرة للماكينات وأنظمة التشغيل.

5-3 الطلاء بالرش بالبلازما plasma spray coating

وهي تقنية مستخدمة لترسيب طبقات رقيقة من المواد على سطح المنتج، تعتمد على تحويل المادة إلى الحالة الرابعة لها وهي البلازما من خلال أجهزة ومعدات خاصة ثم رشها كطبقة رقيقة على سطح المنتج.

وتتميز عملية الرش بالبلازمابعدة خصائص منها: -

- هناك مجموعة كبيرة من موادالطلاءالتي تلبي الاحتياجات المتنوعة والمختلفة لسطح المنتج.
- طبقات الطلاءعالية الجودة ذات خصائص متعددة.
- يمكن طلاء أنواع عديدة من الخامات، بما في ذلك المعادن والسيراميك والبلاستيك والزجاج والموادالمركبة باستخدام رش البلازما.
- درجة الحرارة العالية لطلاء البلازما يجعلها مناسبة لطلاء كل من المعادن الحرارية والسيراميك، بما في ذلك التنجستن.
-يعد الطلاء بالبلازما عملية مستقرة وموفرة على نطاق واسع.



شكل (8) عملية الرش بالبلازما

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- معدات الطلاء بالبلازما عادة ماتكون مكلفةجداً مع صعوبة الاستخدام.
-من الصعب طلاءالثقوب الداخلية بأقطارصغيرة أو الوصول إلى جميع سطح المنتج.
- عادةً ما يتلف مسدس رش البلازما محدثاً تدهورًا سريعًا في الأقطاب والمكونات الداخلية الأخرى وهذايؤدي إلى استبدال متكرر للأقطاب، والحاجة إلى مراقبة الجودة للحفاظ على تجانس طبقة الطلاء.
-يمكن أن تؤدي درجات الحرارة المرتفعةالمرتبطة بالبلازماإلى تحلل كربيدي أو أكسدة عالية عندالرش في الهواء، مما يعطي طلاءات كربيدية بصلادة منخفضة.
-الجهازغيرمناسب للتشغيل اليدوي ويتطلب استخدام أجهزة تحكم آلي. (2019www.twi.co.uk)

6-3رش المساحيق بالكهربية الساكنة(الإلكتروستاتيك)Electrostatic Spraying

هي عملية تغطية جافة لأسطح المنتجات المعدنية بصفة عامة والحديدية بصفةخاصة ويستخدم فيها جزيئات ناعمة جدا من الصبغات والراتنجات المشحونة كهروستاتيكيا ثم ترش على المنتجات، وتلتصق الجزيئات الصغيرة المشحونة بسطح المنتج بصهرها وإذابتها كطبقة متجانسة في أفران المعالجة الحرارية. وتتكون طبقات الطلاء ببودرة البلاستيك من الراتنجات الصلبة وصبغات وبعض الإضافات التي تختلط وتذوب معاً بتأثير الحرارة لتتجانس وترتبط ببعضها مكونة طبقة طلاء صلدة ومتماسكة

وتتميز عملية الطلاء ببودرة البلاستيك (إلكتروستاتيك)بعدة خصائص منها: -

- طبقة الطلاء سميكة جدا بالمقارنة بعمليات الطلاء الأخرى المشابهة
- ليس لطبقات الطلاء أي انبعاثات عضوية
- مسحوق الطلاء الزائد أثناء الرش يمكن إعادة استخدامه مرة أخرى وبالتالي فليس هناك أي فاقد في الخامات.
- خطوط إنتاج الطلاء بالمساحيق تنتج نفايات أقل خطورة بكثير من الطلاء بمواد تحتوي على مذيبات.
- طبقة الطلاء صلدة ومضادة للخدش ومقاومة لبيئات التآكل المختلفة.
- التجهيزات الأساسية وتكاليف التشغيل أقل تكلفة من الطلاء بمواد بها مذيبات.
- الطلاء ببودرة البلاستيك قد ينتج بمظهر مختلف في بعض التأثيرات مثل (اللون - الملمس – اللمعان) ويتم تطبيقها بسهولة بينما يصعب تحقيق ذلك مع العمليات الأخرى.

شكل (9)
عملية الطلاء ببودرة البلاستيك (إلكتروستاتيك)

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- صعوبة طلاءالأشكال المعقدة وخاصة الثقوب الصغيرة من المنتجات، بحيث يتطلب رش المسحوق الكهروستاتيكي تعديل العملية أو الإصلاح اليدوي.
- التكلفة العالية لمعدات الطلاء بالمسحوق الكهروستاتيكي.
- رذاذ المسحوق يتطلب صيانة دقيقة للمرشحاتلعدم حدوث صدمة أو تفريغ عالي للجهد أو حتى حدوث حريق.

7-3 الطلاءبالتحويل الكيميائي Conversion Coatings

ويتم عمل طبقات الطلاء التحويلية بمعالجة المعدن – بالغمر أو بالدهان – بمحلول كيميائى بحيث يتم التفاعل بين المحلول الكيميائى والمعدن فتتكون مادة جديدة شديدة الإلتصاق بالمعدن نفسه وفى نفس الوقت واقية وحامية ومغلفة له 0ومن أهم طرق عمل طبقات الطلاء بالتحويل الكيميائي:

1-7-3 الأنودة Anodization

وهي أشهر عملية طلاء بالتحويل الكيميائي ويقصد بها تقوية طبقة الأكسيد على سطح الألومنيوم وسبائكه وإذا أضيفت صبغة مناسبة إلى حمام ساخن يوضع فيه الألومنيوم بعد أكسدة سطحه أعطته الألوان المعروفة للألومنيوم المؤكسد، إذ أنه من المعروف أن الألومنيوم يكون عند تعرضه للجو طبقة رقيقة من الأكسيد على سطحه يعزي إليها مقدرته العالية على مقاومة التآكل الكيميائي ومن ثم فإن تقوية هذه الطبقة الرقيقة من الأكسيد يساعد على الإبقاء على هذه المقاومة العالية.

وتتميز عملية الأنودة بعدة خصائص منها: -

- تنتج طبقة طلاء صلدة جداً
- طبقة الطلاء غير سامة وغير ملتصقة بالطعام في أواني الطهي.
- الطلاءلا يتفاعل مع معظم البيئات وخاصة الأحماض العضوية.
- طبقة الطلاء سهلة التنظيف.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- ارتفاع تكلفة التشغيل.
-طبقة الطلاء لاتتحمل درجات الحرارة العالية
-طبقات الطلاء لاتتحمل الاحتكاك بمواد صلبة

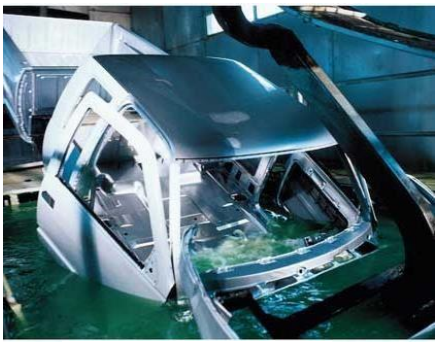
شكل (10) عملية أنودة أعواد الألومنيوم

2-7-3 الفسفتة Phosphating

الفسفتة هي عملية لمعالجة الصلب والزنك والألومنيوم والقصدير والكادميوم بالتحويل الكيميائي، حيث يعامل المعدن بمحلول محتوي على بعض الفوسفاتات في حامض الفوسفوريك، عند درجة حرارة 28-100م. ومن الممكن استعمال فوسفات الحديد أو الزنك أو المنجنيز على أن يكون هناك بعض من حامض الفسفوريك طليقاً في المحلول لضمان ذوبانيتها ، ويتفاعل الحامض مع الصلب ويذيبه وينشأ عن هذا التفاعل ترسيب فوسفات الحديد على سطح المعدن.ويتباين طلاء الفسفتة من حيث السمك والبناء البللوري حسب تركيب المحلول ويكون هذا الطلاء دائماً مسامياً ذا قابلية للامتصاص

وتتميز عملية الفسفتة بعدة خصائص منها: -

- تقي السطح من التآكل الكيميائي (التفاعلي).
- تكون طبقة أساسية للدهانات العضوية.
- تساعد على الاحتفاظ بالمزلقات (نظراً لخاصية المسامية، التي تتمتع بها)
- تزيد من مقاومة السطح للتآكل الميكانيكي.
- تشكل طبقة ماصة للزيوت المانعة للصدأ، وللشموع.



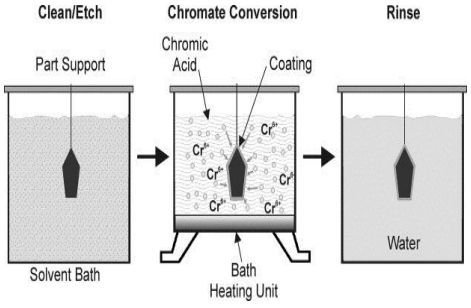
شكل (11) عملية الفسفتة

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- تتغير طبقة الطلاء من حيث اللون عند درجات الحرارة التي تزيد عن300 درجة مئوية
- تبدأطبقة الطلاء في التقشر والانفصال عن سطح المعدن الأساسي عند درجة حرارة400م.

3-7-3 الطلاء بالك رومات Chromating

يمكن طلاء الزنك والألومنيوم والماغنسيوم والكادميوم وكذا النحاس وسبائكه بطبقة طلاء من الكروم، حيث تتفاعل الكرومات مع محلول حمضي فيترسب الكروم على المنتجات فيعطيها هذا الطلاء المقاوم للتآكل الكيميائي. كما تستعمل هذه العملية أيضاً في إعداد السطح لاستقبال الدهانات العضوية حيث يعمل على تحسين تلاصق الدهانات مع السطح. ويمكن لهذه العملية أن تتم إما بالغمس أو الرش أو التحليل الكهربي في



شكل (12) عملية الطلاء بالكرومات

المحلول المحتوى على الكرومات.

وتتميز عملية الطلاء بالكرومات بعدة خصائص منها: -

-تقي السطح من التآكل الكيميائي (التفاعلي).

-تكون طبقة أساسية للدهانات العضوية.

-تزيد من مقاومة السطح للتآكل الميكانيكي.

أما عن أهم عيوبها فيتمثل في: -

-الأثر السلبي لاستخدام ايونات الكروم على البيئة.

3-7-4التلوين الكيميائي والأكسدة Patina &coloring

عادة ما تستخدم هذه العملية للحصول على عدة ألوان مختلفة أهمها اللون الأسود واللون الرمادي واللون الأزرق على أسطح المنتجات المعدنية وهي تطبق غالباً في محاليل تحتوي على عوامل مؤكسدة قوية لأكسدة أسطح المعادن وتحويلها إلى أكسيد المعدن أو أحد مركباته والتي لها لون معين وهذه الألوان تطبق بغمر المنتجات في مثل هذه المحاليل في درجات الحرارة المختلفة للحصول على اللون المطلوب.

وتتميز عملية التلوين الكيميائي والأكسدة بعدة خصائص منها: -

- الحصول على تعدد لوني مميز لأسطح المنتجات المعدنية.

- جذب انتباه المستهلك للمنتج المعدني باستخدام مجموعات الألوان الكيميائية التي تحقق قيمة جمالية للمنتج.

- استحداث تأثيرات لونية جديدة تثري تصميم مظهر سطح المنتج المعدني.

شكل (13)
منتجات معالجة بطريقة التلوين الكيميائي

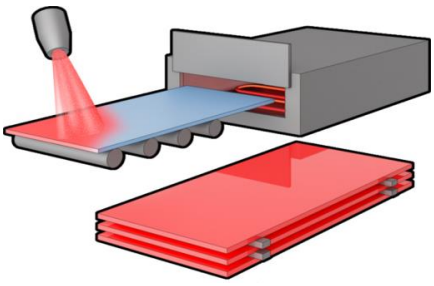
أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-عدم ثبات والتصاق طبقة اللون على سطح المنتج لفترات طويلة لذلك يوصى باستعمال مواد بوليمرية شفافة للحفاظ على جودة اللون.

-لاتستخدم العملية إلا في معالجة أسطح المنتجات الجمالية فقط.

3- 8الطلاء بالمينا Enameling

وتتكون الطبقات الناتجة من هذه العملية من زجاج قوي مع بعض الأكاسيد يصهر على أسطح المنتجات عند درجة حرارة حتى 850°م. وهذه الدرجة العالية قد حددت مجال استعمال هذه الطبقات وقصرته على تغطية المعادن ذات درجات الانصهار العالية وعلى الأجزاء التي لا تتشوه كثيراً نتيجة تعرضها للحرارة أثناء عملية التغطية وتحمي هذا الطلاءات أسطح المنتجات من التآكل الكيميائي عن طريق عزلها عن المؤثرات الخارجية.



شكل (14)
عملية الطلاء بالمينا

وتتميز عملية الطلاء بالمينا بعدة خصائص منها: -

-مقاومتها للتآكل الكيميائي والاحتكاك

-انخفاض معامل احتكاكها

- ثبات الألوان وعدم تأثرها بالبيئات المحيطة.

- مقاومة الصدمة الحرارية حيث تقاوم الفروق الشديدة في درجات الحرارة وتقاوم التبريد السريع عن طريق رش الماء من 400 درجة مئوية إلى درجةحرارة الغرفةخلال فترة 30 ثانية.

-صديقة للبيئة حيث تتمتع الألواح بعمر افتراضي يزيد عن 30 عامًا مع توفيرالحد الأدنى من الصيانة.

- لاتحتاج إلى مواد كيميائية قوية للتنظيف.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-لايوصى باستعمالها للمنتجات المعرضة للصدمات.

-صعوبة معالجة واستخدام المنتج بعد الخدش.

3-9الطلاء بالسيراميك في المحاليل المعلقة الغروية Sol-Gel

عملية الغمر في محلول غروي (جيلاتيني) هي طريقة كيميائية تستخدم لتطبيق الموادالسيراميكية في درجات حرارة منخفضة نسبياً، بناءًعلى المعالجة الكيميائية للمواد الرطبة.

وغالبا لا يتم تعريف مصطلحsol-gelبصورة دقيقةولكنه يتضمن التجهيز الكيميائي للمواد السائلة مع مواد غير ذائبة بطرق كيميائية لإنتاج مادة سيراميكية (الكربيدات والنيتريدات وكذلك الأكاسيد). حيث أن كلمة Sol اختصار Solutionوتعني محلول، وكلمة Gel اختصار Gelation وتعني جيلاتيني أو هلامي واتحاد المحلول مع الجيلاتين ينتج عنه محلول غروي. فهي عملية تفاعل المادة في الحالة السائلة مع مادةسيراميكية غير مسامية، ومعظم الحالات مشتركة في تفاعل أكاسيد المعادن القلوية مع الماء لتكوينخامة طبقة الطلاء.

وتتميز عملية الطلاء بالسيراميك في المحاليل المعلقة الغروية بعدة خصائص منها: -

-توفير الطاقة لاستخدام درجات حرارة منخفضة.

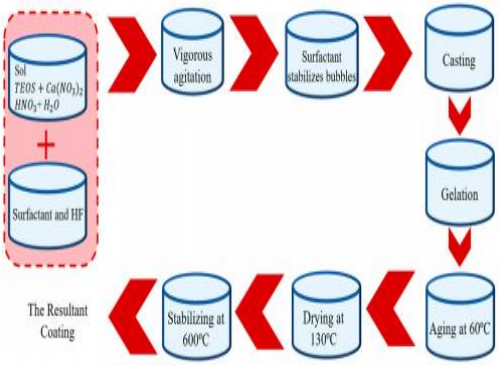
-طبقات الطلاء متجانسة وعالية النقاء.

-سهولة الحصول على طبقات طلاء سميكة.

- يمكن لهذه العملية أن تصنع طلاءات ذات تركيب جزيئي مختلف لايمكن صنعهابالوسائل التقليدية.

- بتطبيق العملية يمكن الوصول إلى البنية النانوية، مما يسمح بتصميم مجموعة متنوعة من المركبات النانوية.

(2012,261– 264Dr. Feng Shi)



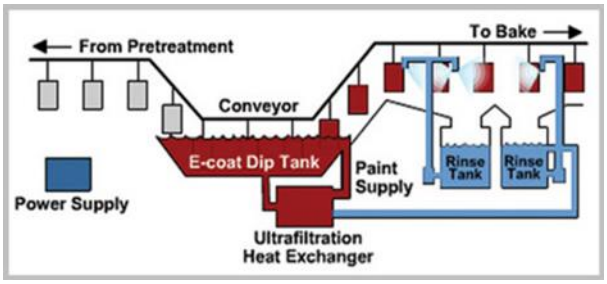
شكل (15) خطوات عملية الطلاء بالسراميك في المحاليل الغروية Sol-Gel

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-ارتفاع تكلفة الخامات الاولية

-صعوبة تجنب وجود المسام في طبقة الطلاء

- الانكماش الناتج عن جفاف الجل بعد الطلاء يؤديإلىإجهاد في طبقة السيراميك.



شكل (16)
عملية الطلاء بالهجرة الكهربائية E-Coat

10-3الترسيب بالهجرة الكهربائية Electrophoretic Coating (E-Coat)

إن أفضل وصف لعملية الطلاء بالهجرة الكهربية-**E Coat)** أنها عملية تجمع بين الطلاء الكهربي والدهانات العضوية. ويتم فيها غمر المنتجالمعدني في محلول مائي يحتوي على مستحلب للطلاء. ثم تطبيق التيار الكهربائي على المنتج مما يتسبب في ترسيب طبقة الطلاء على شكل مستحلب.

كما يمكن طلاء الأجزاء من الداخل والخارج حيث يكون السائل قادرًا على الوصول إلى سطح معدني وسمك الطلاء محدد بالجهد المطبق نظرًا لأن المناطق ذات كثافة التيار العالية يترسب عليها طبقة سميكة، فإنها تصبح كعوازل، مما يسمح للمناطق ذات الجهد المنخفض بالتراكم. لذلك يمكن طلاء الأجزاء الداخليةللمنتج نظرًا لأن الطبقة الخارجية أصبحت معزولة تمامًا بواسطة الطلاء. ويتم معالجة طبقة الطلاء بالحرارة ويتم تحديد زمن المعالجة ودرجة الحرارة طبقا للتركيب الكيميائي لطبقة الطلاء (الإيبوكسي، الأكريليك.....وغيرها)

وتتميز عملية الطلاء بالهجرة الكهربائيةبعدة خصائص منها: -

- سهولة التطبيق والأداء

-طبقة طلاء متجانسة السمك على جميع سطح المنتج (الحواف والأشكال المعقدة).

-التحكم الدقيق في طبقة الطلاء.

-تستخدم للعديد منالمنتجات ذات الخصائص المتعددة والفريدة (مقاومة التآكل- الصلادة - ومواصفات الأداء الأخرى)

- التوفير في استهلاك الطاقة، ولاتحتاج إلى الصيانة إلا قليلا.

- تعتبر العملية غير ملوثة للبيئة.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-التكلفة الأولية المرتفعة لإعداد نظام الطلاء.

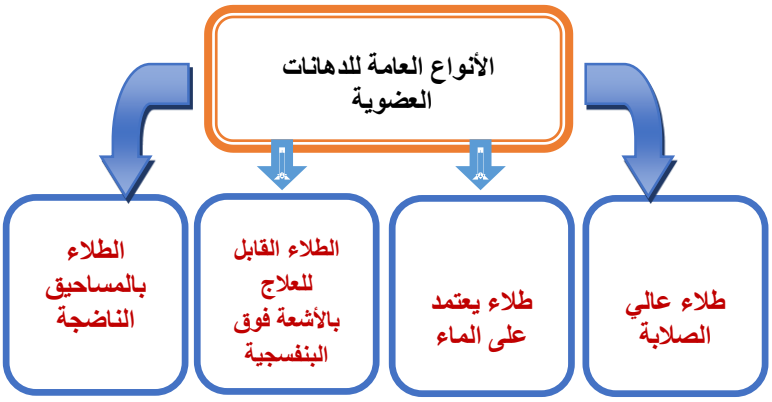
-محدودية الألوان الناتجة بعملية (E-Coat).

-تتطلب العملية إعداد نظام طلاء خاص بكل لون عند تطبيق التعدد اللوني.

-صعوبة تحديد مساحات دون الأخرى حيث يستغرق ذلك وقت طويل.

11-3 الدهانات العضوية (Organic Painting)

يعد الطلاءبالطبقات العضوية من التقنيات الأكثر أهمية ويمكن تطبيقها بعدة طرق مثل (الرش والغمر والفرشاه). وتقنيات التطبيق تعتمد على مادة الطلاء والمواد المراد طلاءها. ولكل خامة من خامات المنتجيوجد لها طلاء عضوي مناسب. ويوجد عدة أنواع من الطلاء محددة كالاتي:



شكل (17)
الأنواع العامة للدهانات العضوية

- طلاء عالي الصلابة (يعتمد على المذيبات).
- طلاء يعتمد على الماء.
- الطلاء القابل للعلاج بالأشعة فوق البنفسجية.
- الطلاء بالمساحيق الناضجة للابتكارات المستقبلية والمزيد من التطوير.

وتعتمد طبقة الطلاء على التركيب البنائي والتفاعلية المرتبطة براتنجات الألكيد، والبوليستر، والأكريليك، والأمينو، والإبوكسي، والبولي يوريثين المستخدمة عادة في تركيبات طبقة الطلاء مع التركيز بشكل خاص على التجهيز والأداء وعلاج التفاعلات.

شكل (18)
عملية الطلاء بالدهانات العضوية

وتتميز عملية الطلاء بالدهانات العضويةبعدة خصائص منها: -

-تحسين خصائص مظهر السطح جماليا واستخداميا.

-منع التآكل والصدأ.

- مقاومة تأثير المناخ والرطوبة.

- الحماية الحرارية العالية لبعض الطبقات العضوية.

- ذات عمر استخدامي طويل.

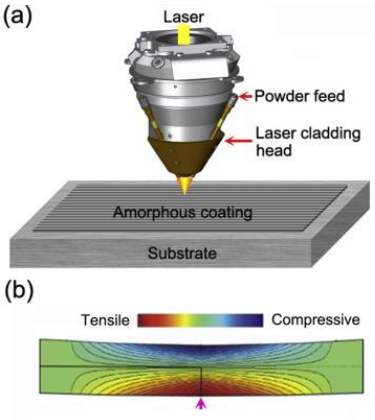
-سهولة التطبيق والصيانة واعادة الطلاء.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

- استخدام العديد من أنواع المذيبات الملوثة للبيئة.

- الانبعاثات الغازية المؤثرة على البيئة المحيطة أثناء صناعة الدهانات.

-الاحتياج إلى إضافات عضوية للحصول على الخصائص المميزة لطبقات الطلاء.



شكل (19)
عملية المعالجة بالليزر

12-3 المعالجة بالليزرLaser Cladding

تعتبر عملية المعالجة والتلوين باستخدام أشعة الليزر أحد العميات المتطورة في إنهاء الأسطح وخاصة المعدنية منها وهي تعتمد على تأثير أشعة الليزر في سطح المنتج أوأجزاء منه للحصول على مظهر متميز من حيث اللون والملمس في مساحات محددة من السطح وهي تستخدم كثيراً في وضع العلامات التجارية لبعض المنتجات

وتتميز عملية المعالجة بالليزربعدة خصائص منها: -

- إمكانية معالجة مساحات معينة في سطح المنتج دون الحاجة لإجراء عملية العزل.

-قد يصل عمق المعالجة بالحفر من 1مم إلى 10 مم.

-قلة التكلفة وخاصة في الإنتاج الكمي.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-قد يحدث تشوه لسطح المنتج أثناء العملية.

-لا تصلح لمعظم المعادن.

13-3الطلاء بالغمر في معدن منصهرHot-Dipping Metal Plating

وتعتبر هذه العملية أقدم عمليات الطلاء بالمعادن وهي لا تعدو عن كونها عمليةغمر المشغولات المصنوعة من الصلب (التي سبق معالجتها بالحامض لتنظيفها) في حوض ملئ بمصهور الزنك أو القصدير مع مواد مساعدة.

ونسمي عملية الغمر في الزنك المصهور بعملية الجلفنة وفي القصدير المصهور بعملية القصدرة.

3-13-1 الجلفنة [الطلاء بالزنك] Galvanization:

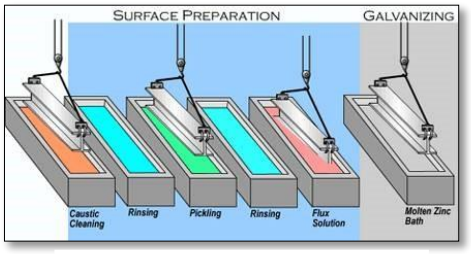
يتميز الحديد والصلب بقابلية كبيرة لتكوين طبقة هشة من الأكسيد مما يساعد على سرعة أكسدة السطح نظراً لامتصاصها للرطوبة بخلاف معادن أخرى كالزنك مثلاً إذ يكوِّن عند تأكسده طبقة رقيقة من أكسيد الزنك تتلاصق مع السطح وتحميه من تواصل الأكسدة. ولما كان الزنك يميل ميلاً كيميائياً كبيراً إلى الحديد فإن غمر قطعة من الحديد في الزنك المصهور يؤدي إلى طلائها بطبقة من الزنك تتغلغل في سطحها وتغطيه تماماً وبذلك تحميه من التعرض لأكسجين الهواء الجويوغيره من عوامل التآكل الكيميائي. وتستعمل عملية الجلفنة في معالجة بعض المنتجات الحديدية كمواسير المياه وخزاناتها.

وتتميز عملية الجلفنة بعدة خصائص منها: -

- طبقة الزنك المطلية بهذه العملية أكثر فاعلية في وقاية السطح من طبقة بنفس السمك بطريقة الطلاء الكهربي.

- الزنك يكون عند تأكسده طبقة رقيقة من أكسيد الزنك التي تلتصق بالسطح وتحميه من الصدأ.

- مقاومة الآثار البيئية المختلفة.



شكل (20) مراحل عملية الجلفنة

- ارتفاعدرجةحرارةالتشغيل القصوى (تصل إلى 665 درجة مئوية).

-قوة التصاق طبقة الطلاءعالية.

-مقاومةالتآكلعالية.

- ذات عمر استخدامي طويل (فترة الضمان تصل إلى 75 سنة).

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-يلزم لعملية الجلفنة معدات آلية تمرر فيها المنتجات بطريقة مستمرة وهذه تكلفة كبيرة.

- استحالة معالجة المعادن يدوياً (صناعياً فقط)

- عملية تكنولوجية معقدة

- حدوث تشوه لبعض معدات الإنتاج بسبب درجة الحرارة العالية.

2-13-3 القصدرة [الطلاء بالقصدير] Tinning:

يجري طلاء بعض المنتجات المعدنية بطبقة رقيقة من القصدير حيث أنه يتميز بمقدرته على الاحتفاظ بسطح لامع ومن ثم كان استعماله في قصدرة الأواني النحاسية المستعملة في الطهي قديماً.

أما الألواح المعروفة بالصفيح والتي تصنع منها العلب وأوعية الأغذية المعلبة المختلفة وأوعية البترول فما هي إلا ألواح من الحديد الرقيق الذي يطلي بطبقة من القصدير. وصناعة الصفيح من الصناعات القديمة التي كانت تتم بتغطيس الألواح في أحواض مليئة بالقصدير المنصهر حيث يعلق بسطح ألواح الحديد ويكسوه بطبقة رقيقة جداً منه وذلك بعد أن يكون السطح قد أعد ونظف جيداً بالوسائل المختلفة.

وتتميز عملية القصدرة بعدة خصائص منها: -

- طبقة القصدير تتميز بمقدرتها على الاحتفاظ بسطح لامع.

-أقل مسامية من طبقات الطلاء الكهربائي.

-أكثر لدونة من طبقات الطلاء الكهربائي.

-طبقة الطلاء خالية من الإجهاد.

-ذات تكلفة قليلة وأكثر اقتصادا من الطلاء الكهربائي.

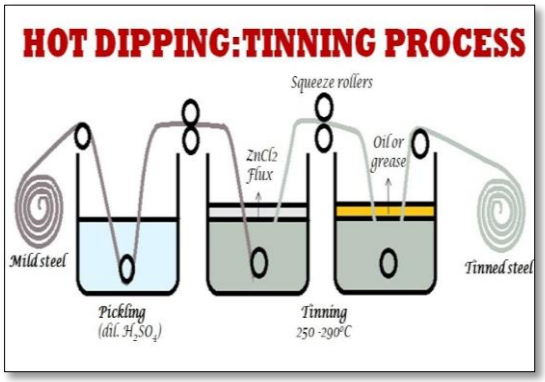
-ذات مقاومة للتآكل مميزة.

-طبقة الطلاء تتغلغل في الثقوب الصغيرة وتغطيها تمامًا.

أما عن أهم عيوبها فتتمثل في: -

-صعوبة التحكم في سمك طبقة الطلاء بشكل دقيق.

-اختفاء التفاصيل الدقيقة للمنتج بتطبيق طبقة طلاء ذات سمكً كبير.



شكل (21) مراحل عملية القصدرة

4-أهم المشاكل التي يتعرض لها المنتج نتيجة المعالجة الغير مناسبة للسطح.

بعد عرض كل هذه المعلومات لعل هناك سؤال مهم يطرح نفسه وينتظر الاجابة عليه ألا وهو هل يتعرض المنتج لأي نوع من المشاكل نتيجة الاختيار الغير ملائم لمعالجة السطح؟

والجواب عن ذلك أنالاختيار الغيرملائم للمعالجة وطبقة الطلاء قد يؤدي للمشاكل التالية:

4-1مشاكل الحماية ومقاومة التآكل

- الصدأ في الأثاث المعدني وخاصة الحديدية مما يؤثر على البنية البللورية وبالتالي انهيار المنتج.

شكل (22)

أهم المشاكل التي يتعرض لها المنتج نتيجة المعالجة الغير مناسبة للسطح

- التآكل الذي يحدث في بعض المنتجات المعدنية مثل حاويات الزهور.

4-2مشاكل المظهر والخواص الجمالية للسطح.

- تشوه مظهر سطح المنتج وخاصة في الحلي التقليدية وبعض قطع الاثاث المعدني.

4-3مشاكل الأداء الوظيفي والاستخدام

- طبقات طلاء غير ملائمة لبعض أواني الطهي مما يؤثر على جودة الطهي وسلامة الطعام.

-تآكل بعض مكملات الأثاث بالاحتكاك لكثرة الاستخدام وضعف الطلاء (مثل المقابض)

- التشوه نتيجة تأثير العوامل الحرارية على طبقة الطلاء في وحدات الإضاءة المنزلية والفندقية.

4-4المشاكل الاقتصادية

-فقدان جزء من سطح المعدن بالتآكل لعدم ملائمة طبقة الطلاء للبيئة المحيطة.

-تكلفة عمليات إزالة الطلاء.

-تكلفة إعادة عملية الطلاء مرة أخرى.

4-5 المشاكل البيئية

- إن إزالة طبقات الطلاء ذات الانبعاثات الغازية الضارة تؤثر على البيئة

-عمليات التآكل لسطح المنتج تترك بعض الذرات والجزيئات المعدنية وغيرها من المركبات التي تلوث البيئة المحيطة بالمنتج.

5-معايير اختيار المعالجة المناسبة لسطح ووظيفة المنتج.

يجب أن يعتمد اختيار المعالجة السطحية وطبقة الطلاء على نظام محكم دقيق بحيث تكون وظيفة طبقة الطلاء معلومة (جمالية أو استخدامية أو بيئية.....وغيرها) ويتضمن ذلك بعض العوامل الأخرى مثل العمر الافتراضي المتوقع

والبيئة المحيطة بالمنتج أثناء الاستخدام ونوع معدن المنتج المطلي سواء كان سبيكة أو معدن نقي وما هي المعالجات الحرارية التي يتعرض لها أثناء التشغيل وغير ذلك من العوامل المؤثرة.

وهناك أيضًا بعض المتطلبات المحددة للسطح المطلي، والتي تشمل:

المتطلبات الوظيفية (منع الاحتكاك أوالحد منه، إطالة عمرطبقة الطلاء، مقاومة التآكل، الخواص الحرارية والكهربائية والمغناطيسية، متوافقة بيئياً، .....)

والمتطلبات غيرالوظيفية (التكلفة، الكفاءة الإنتاجية، البيئة، .....).

ومن ناحية أخرى هناك العديد من الطلاءات المتاحة من خلال المراجع والصناعات، بما في ذلك مواد الطلاء، وطرق الترسيب، ومعلمات الترسب، وبعض نتائج اختبارات الأداء، وأفضل طريقة لاختيار الطلاء وتطوير قاعدة البيانات. (7-5 ,2009Dabing LUO)

ولعل أهم المعايير التي يجب ان نأخذها في الاعتبار ما يلي:

- المعايير البيئية
- المعايير والاعتبارات الاقتصادية
- المعايير الخاصة بالمنتج أو السطح المراد طلاؤه

(تصميم المنتج وحجمه- وظيفة المنتج - حالة السطح المراد معالجته)

1-5 المعايير البيئية

البيئة المناخية (الجوية)هي بلا شك أكبرعامل مؤثرعند اختيارعملية تشطيب المعادن. وتصنف البيئات المناخية الاستخدامية على النحوالتالي:

- البيئةالداخلية

وهي بيئة جافة بوجه عام ومحمية من المطر والندى، ومعظم البيئات الداخلية منخفضة الرطوبة باستثناء الحالات التي يمكن أن يحدث فيها التكثيف على المعادن مثل الحمامات والمطابخ.

- البيئةالخارجية

وتتعرض فيها المنتجات تعرضاً مباشراً للهواء الطلق وتتأثر بالمطر، والندى، والشمس، والعوامل الجوية، والتي تشمل المواد الصلبة القابلة للذوبان وغيرالقابلة للذوبان، والسوائل أو الغازات. ويساعد المطر والندى بالإضافة إلى المواد القابلة للذوبان في تكوين محاليل إلكتروليتية تسببالتأثيرات الجلفانية المسببة للتآكل والتي لا وجود لها في الأماكن المغلقة الجافة.

ويمكن تصنيف البيئات الخارجية في الفئات الأربع التالية:

(الصناعية / الحضرية - البحرية / الساحلية -الاستوائية – الريفية)

وبشكل عام التعرض للبيئات الصناعية والبحرية أشد أثراً بكثير على طبقات الطلاء من التعرض للبيئات الريفية، وعادة تتميز البيئات الصناعية أوالحضرية بأن بها غازات تحتوي على الكبريت والغبار المستمد من أكسدة الوقود. أما الأجواء الساحلية فهي تحتوي على أملاح الكلوريد. بينما الاستوائية فتقع متوسطة التأثير بين الصناعية والريفية وتتسم بارتفاع درجة الحرارة والرطوبة.

ومن هذا المنطلق: تتعلق الاعتبارات البيئية في اختيار الطلاء ببيئة الخدمة وإنتاج الطلاءات. فمن الواضح أن بيئة الخدمة تؤثر على اختيار مواد الطلاء من حيث: هل سيتعرض الطلاء للهواء المحيط أو الهواء عالي الحرارة أو السوائل الأخرى

أو المياه العذبة أو المالحة أو غيرها من المواد الكيميائية؟ بالإضافة إلى أنه لا يجب أن يتحمل الطلاء هذه البيئة فحسب، بل يجب أيضًا أن يحمي المعدن الأصلي من أي هجوم من البيئة.

وقد تنتج مجموعة أخرى من العوامل البيئية المحتملة عن المخلفات السائلة الناتجة عن عملية الطلاء أو تعديل السطح، أو تحضير سطح المنتج، أو عمليات التشطيب.

حيث لا يمثل التخلص من هذه النفايات تحديًا تقنيًا فحسب، بل إنها مكلفة أيضًا في النفقات الرأسمالية والتشغيلية. وقد يكون أبرز مثال على ذلك هو التحكم في Cr + 6 (الكروم السداسي) والتخلص منه في طلاء الكروم، بالإضافة إلى الرذاذ الحراري والمساحيق والغبار المتخلف عن عملية تحضير الأسطح والتجليخ وعند الانتهاء من العديد من الطلاءات.

2-5 المعايير والاعتبارات الاقتصادية في اختيار الطلاء

بجانب اختيار الطلاء من الناحية التكنولوجية يجب أن تؤخذ تكاليف عمليات المعالجة السطحية المتاحة في الاعتبار، ومن الضروري النظر في جميع عناصر التكلفة ذات الصلة المرتبطة بخطوات العملية الفردية عن طريق تحديد التكاليف المباشرة.

علاوة على ذلك يمكن تقييم مدى استفادة المستخدم من تقنيات المعالجة السطحية كعاملاً محددًا إضافيًا أثناء التقييم الاقتصادي، وحتماً هذه المهمة تمثل تحديًا كبيراًنظراً لصعوبة تحديد حجم استفادة المستخدم.

كما يجب أيضاً أن تشتمل المعاييرالاقتصادية عند اختيارالطلاءعلى ما يلي: -

- التكلفة الإجمالية لإنتاج جزء مطلي
- مصادر المشاكل
- عمر الطلاء وتكاليف صيانة التشغيل المرتبطة به
- الفوائد الإضافية للطلاء.

وتتضمن التكلفة الإجمالية لإنتاج جزء مطلي على الأقل العناصرالتالية:

-تكلفة المعدن الاصلي (على سبيل المثال: هل يمكن استخدام سبيكة أقل تكلفة؟)

-تكلفة إعداد سطح المنتج (بالقطع، التشطيب، التنظيف .....)

- تكلفة طبقة الطلاء (ترسيب، تغليف، تثبيت .....)

-المعالجة بعد الطلاء

-الانهاء والتشطيب

- ضبط الجودة

- من ذلك يتضح أن كل عنصر من عناصر التكلفة يجب أن يرتبط بجميع العناصر الأخرى، وقد تشمل هذه التكاليف الاستهلاكية المباشرة وتكاليف اليد العاملة وأيضًا استهلاك المعدات والتكاليف العامة والتخلص من النفايات ... إلخ.

كما يمكن اختيار سبيكة معدن المنتج منخفضة التكلفة إذا أمكن الاعتماد على الطلاء لتوفير مقاومة التآكل ومقاومة الاحتكاك أو غيرها من الخصائص.

لذلك يجب إدراج تكلفة المعدن الأصلي للمنتج في ممارسة مقارنة التكلفة الإجمالية، ما لم يتم تعديل سبيكة المنتج لسبب آخر. كما يجب أن يشمل تحليل التكلفة تجهيز سطح المنتج وجميع تكاليف المعالجة والتشطيب والتنظيف لكل طلاء يتم دراسته. حيث أن الاختلافات قد تكون كبيرة بناءً على خطوات عملية الطلاء.

وعند تحليل التكاليف يجب مراعاة إجمالي دورة الحياة حيث يشمل ذلك العمر الافتراضي للطلاء، سواء أكان من الممكن إعادة تدوير الجزء (تكاليف الاستبدال أو التجديد)، أوتكلفة التوقف عندما يجب إزالة الجزء المطلي من الخدمة واستبداله.

3-5 المعايير الخاصة بالمنتج أو السطح المراد طلاؤه

وتشتمل على:

- تصميم المنتج وحجمه

يمثل حجم وشكل المنتج أحد العوامل الهامة التي لها تأثير كبير في اختيار عملية الطلاء. فعلى سبيل المثال: لا يصلح طلاء المنتجات التي يزيد قطرها عن 2متر داخل معظم غرف طلاءات PVD أوCVD. كما يصعب طلاء الأشكال المعقدة مثل ريش التوربينات بتجانس طبقة الطلاء وخاصة في عملية الطلاء الكهربي.

- وظيفة واستخدام المنتج

ففي كثير من الحالات يجب أن تغطي طبقة الطلاء مساحات محددة في سطح المنتج. هذا يعني أن عملية الطلاء يجب أن تكون إما قادرة على التحكم الدقيق في المنطقة المغطاة أو أن القناع مطلوب. فعلى سبيل المثال: -

قد يؤدي الاختيار السيئ للطلاء إلى إنشاء تأكل جلفاني أو تحدث مواقع للتآكل الأمر الذي يؤدي إلى تدهور خطير في خصائص تآكل معدن منتج ما في البيئة الاستخدامية.

- حالة السطح المراد معالجته

فمن الواضح أن معدن المنتج يجب أن يكون له من الخصائص الميكانيكية بحيث لا تتأثر طبقة الطلاء بما يتجاوز قدرتها تحت الأحمال المفروضة على السطح المطلي. فعلى سبيل المثال: (أحمال التصادم أو التآكل)، أو الناشئة نتيجة للضغط على الطبقة السفلية لأسباب ميكانيكية أو بسبب التحميل الحراري.

6- توجيه المصمم لاختيار المعالجة المناسبة

هناك العديد من المتغيرات عند تحديد عملية المعالجة والطلاء لسطح المنتج. فقد تكون طبقة الطلاء ساطعة ولامعة مثل الأثاث المعدني المطلي بالكروم، أو المطلي بالنيكل المقاوم للتآكل، أوعمليات الطلاء بالزنك المقاوم للتآكل. لذا يتعين على المصمم عند اختيار المعالجة المناسبة لسطح المنتج أن يراعي ما يلي:

1-6 اختيار تقنيات الطلاء والسطح

يعد اختيار تقنية المعالجة المناسبة للسطح لمجموعة معينة من الخصائص الوظيفية أمرًا صعبًا، ليس فقط لصعوبة الفهم الدقيق والشامل لظروف التشغيل لمنتج ما، ولكن لوجود مجموعة كبيرة جداً من المواد والعمليات التكنولوجية المتاحة التي يجب الاختيار منها، فكما تشير التقديرات أن عدد المواد المستخدمة في تقنيات المعالجات السطحية يتراوح بين 40 إلى 80 ألفً مادة وعلاوة على ذلك، فإنه يتم استخدام حوالي 1000 عملية مختلفة للتقنيات السطحية.

لذلك أصبح من الواضح تمامًا أن عملية اختيار الطلاء المناسب أو المعالجة السطحية تتطلب منهجية واضحة ومحددة. كما يجب أن يتم تنفيذ عملية الاختيار في مرحلة مبكرة من تطوير المنتج. وأنهمن الضروري أن ينظر المطورون بالفعل في المتطلبات السطحية خلال مراحل الأفكار الأولية، مباشرة بعد تلبية متطلبات المستخدمين والسوق. وبناءً على ظروف التشغيل المحددة، يجب توضيح أربعة جوانب أساسية بشكل منهجي تتمثل في الإجابة على مجموعة من التساؤلات:

أ -الوظيفة:

-ما هي الخصائص الوظيفية لسطح الجزء؟

-ما نوع المتطلبات الموجودة؟

ب -الهدف:

-ما الذي يجب تعظيمه؟ (الهدف الأعلى أهمية)

-ما الذي يجب التقليل منه؟ (الهدف الأقل أهمية)

ج -المحددات:

-ما هي المحددات والشروط التي يجب الوفاء بها؟

(من الناحية التقنية -من الناحية الاقتصادية - النظر في مفاهيم التصميم حسب التكلفة -النظر في تصميم مفاهيم البيئة - النظر في تكاليف دورة الحياة والعمر الافتراضي)

د -الخيارات:

-ما هي الخيارات الموجودة؟ (العمليات التي تصلح لتحقيق الأهداف)

2-6عمل مصفوفات للمصمم لاختيار المعالجة المناسبة

تعمل المصفوفات على مساعدة وتوجيه المصمم إلى سرعة وحسن اختيار الطلاء الملائم حيث أنها توضح العديد من المنتجات والعمليات والخصائص ومدى قدرتها على تحقيق الأداء المميز للمنتج في حدود الاعتبارات الاقتصادية والبيئية ومن هذه المصفوفات ما يلي: -

- مصفوفة العمليات مع فاعلية أداء خصائص سطح المنتج

- مصفوفة اساليب المعالجات المختلفة ومصنفات المنتجات المعدنية.

- مصفوفة عمليات المعالجة مع خامة المنتج

مصفوفة العمليات مع مصنفات المنتجات المعدنية.

مصنفات المنتجات المعدنية / عملية المعالجة	أوانى الطهي	أدوات المائدة	وحدات الاضاءة	الحلي الثمينة	الحلي غير الثمينة	الإكسسوارات المعدني	مكملات الأثاث	رموز التقدير (ميداليات ودروع .....)	أدوات مكتبية	وحدات الزهور
الطلاء الكهربي(نيكل – فضة-كروم –ذهب – نحاس)	×	√	√	√	√	√	√	√	√	×
الطلاء بالتحويل الكيميائي (انودة-كرومات-فسفتة-تلوين)	√	×	×	×	×	√	√	×	×	×
الطلاء بالتبخير الكيميائي CVD والفيزيائيPVD	×	√	√	×	√	×	√	√	√	√
المعالجة بالليزر	√	√	√	√	√	×	√	√	√	×
الطلاء بدون كهرباء	×	×	×	×	√	×	×	×	√	×
الرش بالمساحيق(الكتروستاتيك)	×	×	√	×	×	√	√	×	√	√
الطلاء بالمينا	√	×	√	√	√	×	√	√	√	×

الطلاء بالسيراميك	√	√	×	×	×	×	×	√	×
الطلاء بالهجرة الكهربائيةُ E-coat	×	×	√	×	√	√	√	√	√
الدهانات العضوية	×	×	√	×	√	√	√	√	√
الطلاء بالغمر في معدن منصهر (الجلفنة بالزنك- القصدرة)	×	×	×	×	×	×	√	×	×
الطلاء برش البلازما	×	×	√	×	×	×	√	√	√

مصفوفة اساليب المعالجات المختلفة مع فاعلية أداء خصائص سطح المنتج

اداء / الخصائص / عملية المعالجة	زيادة صلادة السطح	قوة الالتصق بالسطح	مقاومة التآكل الكيميائي	مقاومة الاحتكاك	تجانس سمك الطلاء	التأثير على البيئة	اقتصاديات العملية
الطلاء الكهربي(نيكل – فضة-كروم –ذهب – نحاس)	جيد	جيد(معتمد على التجهيز)	جيد	جيد	ضعيف	يؤثر بشدة	ضعيف
الطلاء بالتحويل الكيميائي (انودة-كرومات–فسفتة- تلوين)	ضعيف	جيد	ضعيف	متوسط	متوسط	لايوجد	متوسط
الطلاء بالتبخير الكيميائي CVD والفيزيائيPVD	جيد	جيد (معتمد على التجهيز)	جيد	جيد	جيد	متوسط	متوسط
المعالجة بالليزر	متوسط	جيد	جيد	جيد	جيد	لايوجد	متوسط
الطلاء بدون كهرباء	جيد	متوسط	جيد	جيد	جيد	متوسط	متوسط
الرش بالمساحيق(الكتروستاتيك)	متوسط	جيد	جيد	جيد	جيد	لايوجد	جيد
الطلاء بالمينا	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	لايوجد	جيد
الطلاء بالسيراميك	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	لايوجد	متوسط
الطلاء بالهجرة الكهربائية E-coat	جيد	جيد	جيد	جيد	جيد	متوسط	متوسط

الدهانات العضوية	ضعيف	متوسط	متوسط	ضعيف	متوسط	يؤثر بشدة	جيد
الطلاء بالغمر في معدن منصهر (الجلفنة بالزنك- القصدرة)	متوسط	ضعيف	متوسط	متوسط	جيد	متوسط	جيد
الطلاء برش البلازما	يعتمدعلى التحكم	متوسط	جيد	جيد	جيد	لايوجد	جيد

مصفوفة عمليات المعالجة مع خامة المنتج

خامة المنتج / عملية المعالجة	الذهب وسبائكه	الفضة وسبائكها	النحاس وسبائكه	الالومنيوم وسبائكه	القصدير وسبائكه	الزنك وسبائكه(للزاما)	سبائك الانتيمون	الحديد وسبائكه	المصلب غير قابل للصدأ
الطلاء الكهربي(نيكل –فضة- كروم –ذهب –نحاس)	√	√	√	√	√	√	√	√	√
الطلاء بالتحويل الكيميائي (انودة-كرومات-فسفتة-تلوين)	×	×	×	√	×	×	×	√	×
الطلاء بالتبخير الكيميائي CVD والفيزيائيPVD	×	×	√	√	×	×	×	√	√
المعالجة بالليزر	√	√	√	√	×	×	×	×	√
الطلاء بدون كهرباء	×	×	×	√	×	×	×	×	×
الرش بالمساحيق(الكتروستاتيك)	×	×	√	√	√	√	√	√	×
الطلاء بالمينا	√ تطعيم	√ تطعيم	√ تطعيم	×	×	×	×	√	×
الطلاء بالسيراميك	×	×	×	√	×	×	×	√	×
الطلاء بالهجرة الكهربائيةُ E-coat	×	×	√	√	√	√	√	√	×
الدهانات العضوية	×	×	√	√	√	√	√	√	
الطلاء بالغمر في معدن منصهر (الجلفنة بالزنك- القصدرة)	×	×	√	×	×	×	×	√	×
الطلاء برش البلازما	×	×	√	√	×	×	×	√	√

نتائج البحث

1-تقنيات المعالجات السطحية غالبًا ما تكون الدافع الرئيسي لتحقيق مواصفات المنتج وتلبية احتياجات المستخدم.

2-تعتمد العديد من الخصائص الهامة وظيفيًا على معالجة السطح، مثل الخصائص الاستخدامية والجمالية والإلكترونية والمغناطيسية والبصرية والمتوافقة مع البيئة.

3-هناك ثلاثة عناصر رئيسية تساهم في حسن اختيار معالجة السطح ومن ثم طبقة الطلاء وهي
الهدف من المعالجة، تصميم ومعدن المنتج، الاعتبارات البيئية المؤثرة.

4- تصنف معالجات وطلاء أسطح المنتجات المعدنية بعدة طرق معتمدة على عناصر محددة وهي
(خامة طبقة الطلاء -التقنية المتبعة لتطبيق المعالجة-طبيعة سطح المنتج- نوع معدن المنتج)

5- أن تحديد مميزات وعيوب عمليات معالجة وطلاء أسطح المنتجات المعدنية يساعد مهندسي التصميم على حسن ودقة اختيار المعالجة الملائمة للمنتج.

6- يتعرض سطح المنتج للعديد من المشاكل نتيجة الممارسة الخاطئة لاختيار معالجة السطح ومنها (مشاكل الحماية ومقاومة التآكل- مشاكل المظهر والخواص الجمالية للسطح- مشاكل الاداء الوظيفي والاستخدام- المشاكل الاقتصادية- المشاكل البيئية)

7- الاختيار الملائم للمعالجة وطبقة الطلاء يقلل بل قد يقضي على المشاكل التي يتعرض لها المنتج نتيجة المعالجة الغير مناسبة للسطح.

8- يجب أن يعتمد اختيار المعالجة السطحية وطبقة الطلاء على نظام محكم دقيق بحيث تكون وظيفة طبقة الطلاء معلومة (جمالية أو استخدامية أو بيئية.....وغيرها)

9- المعايير التي يجب أن يأخذها المصمم في الاعتبار عند اختيار معالجة سطح المنتج هيالمعايير والعوامل البيئية - المعاييروالاعتبارات الاقتصادية- المعايير الخاصة بالمنتج (تصميم-وظيفة-حالة السطح)

10-أهمية تنفيذ عملية اختيارتقنية المعالجة في مرحلة مبكرة من تطوير المنتج، وأن ينظر المصمم إلى المتطلبات السطحية خلال مراحل الأفكار الأولية.

11- **نتائج المصفوفات** لاختيار المعالجة المناسبة والتي كان من مخرجاتها الآتي: -

- أن لكل نوع من المنتجات المعدنية معالجة وطلاء ملائم لطبيعة استخدامه ووظائفه المختلفة.
- أن معدن المنتج لايناسبه كل عمليات الطلاء المتاحة والمطبقة في صناعة المنتجات المعدنية (بل احداها أو بعضها)
-اساليب معالجة سطح المنتج المعني ذات أداء متفاوت تجاه خصائص سطح المنتج المطلوبة.

التوصيات

1- إجراء المزيد من البحوث التي تتناول هذه المشكلة وخاصة أبعادها الإقتصادية والبيئية

2-تطوير برامج التصميم باستخدام الحاسوب لتيسير عملية الاختيار بدقة طبقا للمواصفات المطلوبة.

3-الاهتمام بالبحوث المتطورة في معالجة وطلاء المنتجات المعدنية المصرية وزيادة قدرتها التنافسية.

المراجع

1- إبراهيم، فكرى جمال. أبو المجد، عبد النبي. إبراهيم، شريف محمد
"اسهامات علم الصحة الصناعية في علم الارجونوميكس المهني" مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية العدد 18

Ebrahim, Fekry Gamal. Abo El magd, Abd El nabi. Ebrahim, Shrif Mohamed "eshamat elm el seha el senaeya fe elm el argonomex el mehani" Magalet al Emara w al Fenoun w al Elom al Insania El adad 18

2- الهيبرى، رحاب. حامد، أماني وحيد سليم "تأثير نظرية الذكاءات المتعددة في تحديد القدرات الذهنية لدى الفرد من منظور تصميم المنتجات" مجلة العمارة والفنون والعلوم الإنسانية العدد 16

El Hebery, Rehab. Hamed, Amani Wahid Sleem: taaseer nazaryt el zakat el motadeda fe tahdid el qodrat el zehnya leda el fard mn manzor tasmeem el montagat" Magalet al Emara w al Fenoun w al Elom al Insania El adad 16

REFERENCES

1-W. Tillmann, E. Vogli, -*Selecting Surface-treatment Technologies-Germany*-WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim-*2006*- pp. 6 - 8

2- Y. Fu, J. Wei, A. W. Batchelor, Some considerations on the mitigation of fretting damage by the application of surface-modification technologies, Journal of Materials Processing Technology 99 (2000) 231-245.

3- Sagar Amin1-Hemant Panchal-*A Review on Thermal Spray Coating Processes*-International Journal of Current Trends in Engineering & Research (IJCTER)- Volume 2 Issue 4-April 2016 pp. 556 – 563

4- Dr. Robert C. Tucker, Jr.- *Considerations in the Selection of Coating*-Florida-ADVANCED MATERIALS & PROCESSES- MARCH 2004- pp. 25 – 28

5-http://www.twi.co.uk/technical-knowledge/faqs/process-faqs/faq-what-are-the-advantages-of-plasma-spraying/13/7/2019

6- Dr. Feng Shi -*Ceramic Coatings – Applications in Engineering*- Croatia- Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka- 2012- pp. 261 – 264

7- Arthur A. Tracton-*COATINGS MATERIALS AND SURFACE COATINGS*- United States of America- Taylor & Francis Group, LLC -2007- pp. (51-1) – (51- 4)

8- Dabing LUO - *SELECTION OF COATINGS FOR TRIBOLOGICAL APPLICATIONS*- Master Université Jiaotong du Sud-Ouest - Chine- 2009. - pp. 5,6,7 – 38

9-Dhiflaoui, H.; Jaber, N.B.; Lazar, F.S.; Faure, J.; Larbi, A.B.C.; Benhayoune, H. *Effect of annealing temperature on the structural and mechanical properties of coatings prepared by electrophoretic deposition of TiO2 nanoparticles*. Thin Solid Film. 2017- pp. 638, 201–212.

10-Behzad Fotovvati**1**-Navid Namdari**2** and Amir Dehghanghadikolaei 3-*Review On Coating Techniques for Surface Protection*- Manuf. Mater. Process. 2019- pp. 3-6

11-http://www.dot.ca.gov/hq/oppd/pavement/qpavement.htm.15/7/2019