

## الطلاء ببودرة البلاستيك " الإلكتروستاتيك " وأثره على زيادة العمر الافتراضي للمنتجات الحديدية.

المحور الثالث: تكنولوجيا الانتاج والادارة

مقدما للبحث:

أ.م.د. محمد العوامي محمد

م.د. ياسر عيد محمد

الاستاذ المساعد بقسم المنتجات المعدنية والحلي

المدرس بقسم الاثاثات والانشاءات المعدنية

كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان

كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان

موبايل: ٠١١١٧٠٣٥٩٥٧

موبايل: 01114545228

[awamvmohamed@yahoo.com](mailto:awamvmohamed@yahoo.com)

[Yassereid78@gmail.com](mailto:Yassereid78@gmail.com)

كلمات مفتاحية: الإلكتروستاتيك ، الفسفة ، العمر الافتراضي ، المزايا التنافسية

### مقدمة

يشهد العالم اليوم تحولات اقتصادية كبيرة ، خاصة مع بروز ظاهرة العولمة الاقتصادية التي نشأت على إثرها أوضاع اقتصادية جديدة تدور حول تحرير التجارة الدولية وسرعة وصول منتجات المؤسسات إلى مختلف أنحاء العالم الأمر الذي أدى إلى زيادة حدة المنافسة ، ودفع العديد من الدول النامية إلى التفكير في السعي نحو بناء قاعدة اقتصادية تكسبها مكانة تنافسية في الأسواق العالمية من خلال تعزيز كفاءة المنتجات ومثابرتها وجودتها وزيادة عمرها الافتراضي باستخدام أفضل الطرق المتاحة استراتيجيا والتي تعد عمليات الدهانات والتغطية واحدة منها ، خاصة إذا كانت تلك المنتجات منفذة من قطاعات مشكلة من خامة الحديد المعروفة بسرعة فقدانها لخواصها التطبيقية فيما يعرف بظاهرة التآكل أو الصدأ الأمر الذي دعى كثير من العاملين في مجال تصميم وإنتاج الأثاث المعدني إلى البحث المستمر عن أفضل الطرق المتاحة لمعالجة هذا القصور والحفاظ على منتجاتهم من غير تآكل أو تشوه لأطول فترة ممكنة .

وكان من بين هذه الطرق طريقة الطلاء ببودرة البلاستيك (الإلكتروستاتيك) والتي لاقت انتشارا واسعا وسريعا نظرا لخص ثمنها وسهولة عملياتها ومظهرها الجمالي، إلا أنها لم تحقق في كثير من الأحيان الهدف المنشود من استخدامها وهو زيادة العمر الافتراضي للمنتج وذلك نظرا لعدم وجود نظام دقيق ومحكم لإعداد أسطح المنتجات الحديدية قبل عملية الطلاء الأمر الذي جعل من وضع هذا النظام ضرورة ملحة تقتضيها طبيعة المرحلة .

### مشكلة البحث

تكمن مشكلة البحث في الحاجة لوضع نظام دقيق ومحكم لإعداد أسطح المنتجات الحديدية للطلاء ببودرة البلاستيك (الالكتروستاتيك) electrostatic powder coating لزيادة العمر الافتراضي للسطح بجودة عالية.

## اهداف البحث

- أ- تجهيزالمنتجات الحديدية بالطرق الملائمة لطبيعة تكوين بودرة البلاستيك.
- ب- حماية المنتجات الحديدية من خطر التآكل وتشوه مظهر السطح.
- ج- زيادة العمر الافتراضي لاسطح المنتجات الحديدية المطلية ببودرة البلاستيك كميزة تنافسية .

## فروض البحث

- أ- الاعداد الامثل لاسطح المنتجات يجنب العديد من مشاكل الطلاء ببودرة البلاستيك.
- ب- استخدام المعالجة بالفسفنة يزيد من التصاق طلاء بودرة البلاستيك بسطح المنتج.

## محاور البحث

### ١- العمر الافتراضي كميزة تنافسية

أصبحت المنافسة لغة العصر ومحل اهتمام الجميع أفرادا ومؤسسات ودول على حد سواء فهي العامل الدافع والمحرك الذي يضبط خطوات الجميع ويحفزهم للعمل لمزيد من العطاء والابتكار والابداع وتحقيق قدر أو آخر من التميز والتفوق ، فلا يمكن أن يقال عن مؤسسة أنها حققت ميزة تنافسية إلا عندما تتمكن من تحقيق قيمة مضافة بفضل الاستراتيجية التي تتبناها في الوقت الذي يعجز فيه منافسوها عن القيام بذلك .

### ١-١ مفهوم وأبعاد المزايا التنافسية

لقد تعددت آراء الكتاب والباحثين في تحديد مفهوم الميزة التنافسية ، وقد جاء هذا التنوع بسبب اختلاف الزوايا التي انطلق منها كل منهم . إلا أن هناك شبه اتفاق على أنها اجمالا يقصد بها كافة الفعاليات الانتاجية والتسويقية والادارية والابتكارية والتطويرية التي تمارسها المؤسسة الانتاجية من أجل الحصول على شريحة أكبر من المستخدمين ورقعة أكثر اتساعا من الأسواق المستهدفة . (١) أو بمعنى آخر اكتشاف طرق جديدة أكثر فاعلية من تلك المستعملة من قبل المنافسين (٢)

### ١-٢ أنواع المزايا التنافسية

هناك عدة أنواع من المزايا التنافسية لعل أهمها

#### • تنافسية التكلفة أوالسعر

حيث تتمكن المؤسسات الانتاجية ذات التكاليف الأرخص من تصدير المنتجات إلى الأسواق الخارجية بصورة أفضل .

#### • التنافسية التقنية

حيث تتنافس المؤسسات من خلال الامكانات التكنولوجية في صناعات عالية التقنية .

#### • التنافسية النوعية ( الابتكارية )

حيث تتمكن المؤسسات ذات المنتجات المبتكرة من تصدير منتجاتها حتى ولو كانت أعلى سعرا ، وسواء كان الابتكار متعلقا بالجوانب الوظيفية أو الانتاجية للمنتج (٣)

(١) محمد بندقي . ٢٠٠٦ . اتجاهات التدريب على الجودة الشاملة لمدراء شركات تصنيع المواد الغذائية . الاردن ، مجلة دراسات ، مجلد ٢٣ ، العدد ٢ ، ص ٢٢

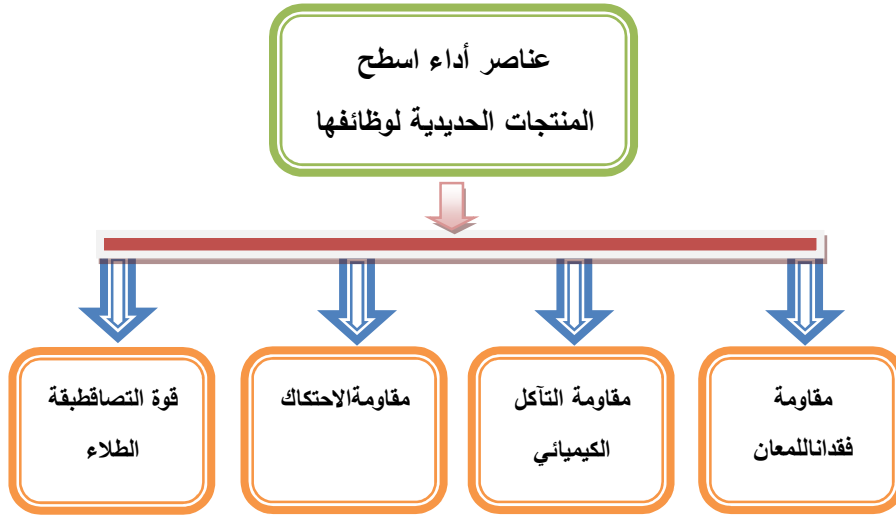
(٢) Porter , Michael E.-2006- What is Strategy? Harvard Business Review (November-December),

(٣) Steve Brown .-2000- Strategic Operations Management ،Butterworth Heinemann, Oxford, ،

مما سبق يمكن القول بأن الميزة التنافسية هي الكيفية التي تستطيع بها المؤسسات الانتاجية أن تميز بها منتجاتها عن أقرانها ومنافسيها وبالتالي السيطرة على أكبر قدر ممكن من الأسواق المستهدفة من خلال تفاعل العديد من العوامل المختلفة في أنماطها ودرجة تأثيرها كإنخفاض التكلفة وتحسين الجودة وزيادة العمر الافتراضي للمنتجات . ومن هذا المنطلق تم التركيز على زيادة العمر الافتراضي للمنتجات الحديدية كميزة تنافسية من خلال ابتكار وسائل أكثر فاعلية في حماية تلك المنتجات من أكبر خطر يهدد عمرها الافتراضي ألا وهو التآكل .

## ٢- عناصر أداء أسطح المنتجات الحديدية لوظائفها:-

وهي العناصر التي من خلالها نحدد كفاءة أداء سطح المنتج لوظيفته وبالتالي تؤثر على العمر الافتراضي للسطح، ومن العناصر المؤثرة على تماسك سطح المنتجات الحديدية ومظهرها " مقاومة فقدان اللمعان - مقاومة التآكل - مقاومة الاحتكاك - قوة التصاق طبقة الطلاء" .



شكل ( ١ ) عناصر أداء أسطح المنتجات الحديدية لوظائفها

وهذه العناصر ذات أهمية كبيرة في الحفاظ على مظهر سطح المنتج من تأثيرات عديدة مثل فقدان اللمعة والتقشير والخدش. فمثلاً عندما يكون السطح ذو مقاومة كبيرة للتآكل فإنه يقاوم تأثير البيئات المختلفة وبالتالي يحمي السطح من الآثار الضارة للصدأ المسبب للتآكل وهكذا في كل الصفات الخاصة بأداء سطح المنتج والمؤثرة على المظهر. ومعظم التشوهات الذي تحدث لمظهر سطح المنتج ناتجة عن عدم تحلى سطح المنتج بمثل هذه الصفات وهي كالآتي:-

## ٢-١- مقاومة فقدان اللمعان "Tarnish resistance"

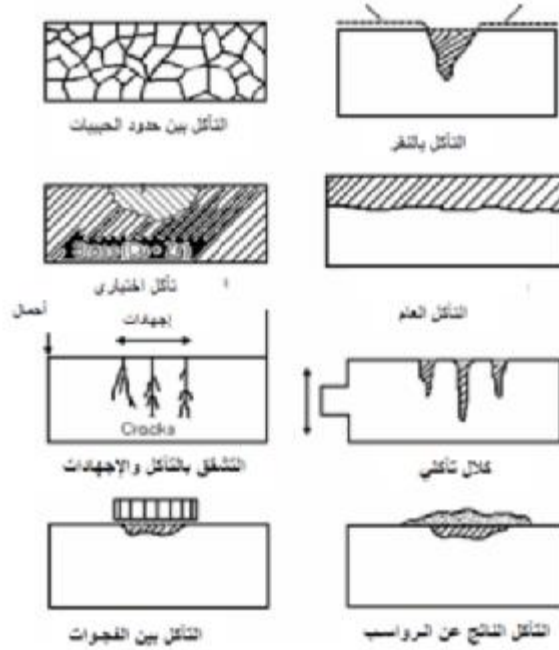
اللمعان من أهم الصفات التي تجتذب المستخدم عند شراؤه منتج ما- لذلك فإن المحافظة علىلمعان السطح أصبح أمراً ضرورياً جداً في تقييم أداء مظهر المنتج سواء كان معدني أو غير معدني ومن هنا تصبح خاصية مقاومة فقدان اللمعة من الخصائص الهامة التي يتميز بها سطح المنتجات وخاصة الحديدية منها.

ويعتبر اللمعان من العناصر الهامة في قياس وتحديد المظهر حيث أنه يضيء عليه إدراك حسي بالجودة (٤) ونجد أن معظم طبقات الطلاء المختلفة تتفاعل مع الغازات والمواد السائلة في البيئات المختلفة وذلك يؤدي إلى فقدان سطح المنتج للمعته. ولتقييم مقاومة المنتجات المطلية لفقدان اللمعة يجب أن توضع في بيئة اختبار مشابهة مثل كبريتيد الهيدروجين - وبذلك يمكن تحديد الطلاءات التي تعطى الدرجة المناسبة من مقاومة فقدان اللمعة

## ٢-٢ - مقاومة التآكل الكيميائي Corrosion resistance

يتأثر مظهر سطح أي منتج بالعوامل التي تسبب التآكل حيث أنها تحدث تشوه في مظهر المنتج سواء كان هذا التشوه نتيجة لفقدان لمعان السطح الذي يتطور بعد ذلك إلى تنقير للسطح أو التعرض لبيئات أخرى ذات تأثير قوى تؤدي إلى التنقير مباشرة.

وبوجه عام فإن المنتجات الحديدية أكثر المنتجات تأثراً بالعوامل والبيئات المسببة للتآكل ويوضح شكل ( ٢ ) أهم أنواع التآكل



شكل ( ٢ ) نماذج لأهم أنواع التآكل

ومن هنا نجد أهمية حماية مثل هذه المنتجات من التآكل سواء كانت بترسيب طبقات طلاء مقاومة للتآكل أو طلاؤها بطبقات من مواد عازلة لحماية سطوحها من التأثير بمعظم البيئات المسببة للتآكل.

وعملية الطلاء بصفة عامة والتغطية ببودرة البلاستيك بصفة خاصة تطبق فوق أسطح المنتجات الحديدية لتحسين كل من الخواص المظهرية الجمالية والخواص الوظيفية.

والتآكل يمكن أن نعرفه على أنه ظاهرة تلف كيميائي أو كهروكيميائي تؤثر على المظهر الجمالي للمنتج وفي حالاته الشديدة هو عبارة عن انهيار للبناء البللوري للمعدن.

وتقاس جودة نظام الطلاء بقدرته على منع تكوين بقع الصدأ والتي تؤدي إلى أحد أنواع التآكل المعروف بالتنقير.

كما يمكن السيطرة على أو إعاقة التآكل بعدد من الأساليب المتاحة كما في شكل (٣) والتي تشمل الآتي:-

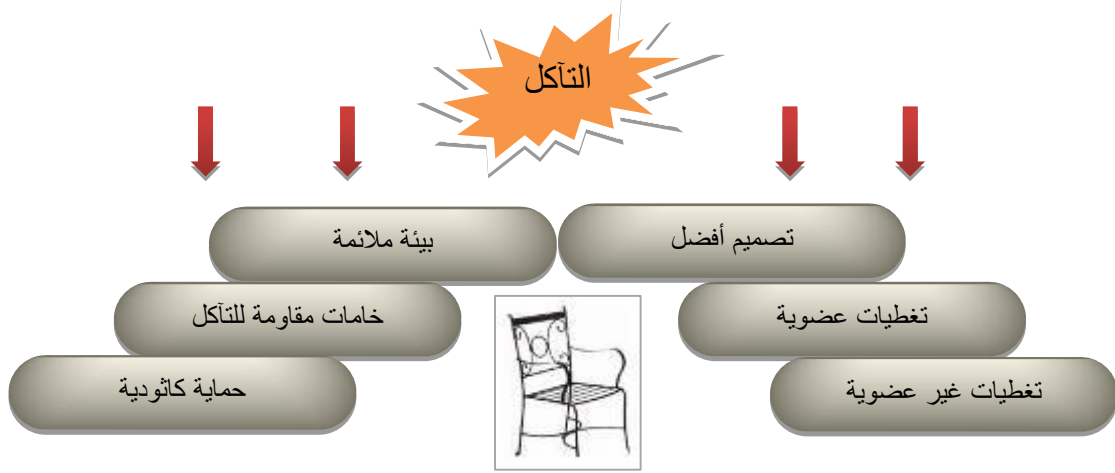
- تغيير البيئة.

- استخدام خامات بديلة مقاومة للتآكل.

- تغيير تصميم المنتج إلى شكل هندسي أفضل.

- استخدام الحماية الكاثودية.

- استخدام التغطيات العضوية مثل الدهانات والتغطية ببودرة البلاستيك (الكتروستاتيك).
- استخدام التغطيات غير العضوية مثل الجلفنة (التغطية بالزنك).



شكل (٣) أساليب حماية سطح المنتج من التآكل

مقاومة التآكل خاصية هامة جدا لطبقات الطلاء المستخدمة في حماية المنتجات من التآكل وهناك اختبارات عديدة متاحة ومعظمها يستخدم للآتي:-

- أ- لتحديد أنسب الأنظمة المقاومة للتآكل.
- ب- لتحديد طبقات الطلاء الأكثر مقاومه للتآكل من غيرها.
- ج - للتأكد من أن طبقة الطلاء الملتصقة بسطح المنتج تؤدي دورها حسب المواصفات المطلوبة.

### ٢-٣- مقاومة الاحتكاك Abrasion resistance

هي أحد الصفات الهامة التي يتميز بها سطح المنتج سواء كان معدني أو غير معدني وهي المسئولة عن تحمل الاحتكاك الميكانيكي والمقاومة الكبيرة للاحتكاك تزيد من العمر الافتراضي لسطح المنتج. ومن هنا جاءت أهمية هذه الخاصية التي يجب أن يتمتع بها سطح طبقة الطلاء حيث أنه أول ما يتأثر بأي احتكاك يقع على سطح المنتج وبذلك يمكن تقييم وقياس جودة أداء مظهر سطح المنتج المطلي.

### ٢-٤- قوة التصاق طبقة الطلاء Adhesion

وتعد من أهم الصفات التي يجب أن تتوفر في سطح المنتجات وخاصة المطلي منها وهي عبارة عن تماسك والتصاق طبقة الطلاء على سطح المعدن المطلي حيث أنه بدون الالتصاق المناسب بين طبقة الطلاء والمنتج المطلي لا يمكن أن تؤدي أسطح هذه المنتجات وظائفها بالشكل المناسب . وللتأكد من وجود هذه الخاصية بين طبقة الطلاء وسطح المنتج هناك عدة اختبارات يمكن تطبيقها، إلا أن معظم هذه الاختبارات تتلف العينة أو المنتج وخاصة إذا كانت طبقة الطلاء غير ملتصقة بالمنتج " العينة" .

### اختبار قوة الالتصاق بالسحب المباشر

بعد هذا الاختبار الأكثر استخداما لمعرفة درجة التصاق طبقة الطلاء ببودرة البلاستيك و سطح المنتجات الحديدية ومحدد من قبل الهيئة الأمريكية لقياسات واختبارات المواد (ASTM standards) ويعتمد على وضع شريط لاصق (Tape) على سطح العينة المراد اختبارها ثم سحبه مباشرة بقوة وملاحظة اي تغيير في سطح العينة المطلية.(٥)

### ٣- عملية الطلاء ببودرة البلاستيك وخصائصها

لقد استخدمت عملية الطلاء ببودرة البلاستيك لأول مرة في استراليا سنة ١٩٦٧ . ويقدر الانتاج العالمي من مساحيق الطلاء بحوالي ٩٠٠ الف طن يتم استخدام ٤٣% منها في الأسواق الأوروبية و ٢٦ % في آسيا و ٢٣ % في امريكا الشمالية و ٨ % في باقي انحاء العالم ولقد استخدمت طبقات الطلاء ببودرة البلاستيك منذ سنة ١٩٧٠ حتي الآن. وتعد عملية الطلاء ببودرة البلاستيك من عملياتالتغطية الجافة لأسطح المنتجات المعدنية بصفة عامة والحديدية بصفة خاصة ويستخدم فيها جزئيات ناعمة جدا من الصبغات والراتجات المشحونة كهروستاتيكية ثم ترش علي المنتجات وتلتصق الجزئيات الصغيرة المشحونة بسطح المنتج بصهرها واذابتها كطبقة متجانسة في افران المعالجة الحرارية. وتتكون طبقات الطلاء ببودرة البلاستيك من الراتجات الصلبة وصبغات وبعض الاضافات التي تختلط وتذوب معا بتاثير الحرارة لتتجانس وترتبط ببعضها مكونة طبقة طلاء صلدة و متماسكة . (٦)

ولقد كان العامل الرئيسي في ابتكار وتطوير الطلاء ببودرة البلاستيك هو السعر لاجاد بدائل صديقة للبيئة بدلا من الدهانات المحتوية علي المذيبات ولأن عملية الطلاء لا تحتوي علي مذيبات فهي لا تحتاج إلي أنظمة تهوية أو مرشحات وليس لها انبعاثات عضوية في البيئة المحيطة . ومنذ بدء العمل بهذه الطريقة وهي تستخدم في عديد من الصناعات وخاصة المنزلية منها لما تتمتع به من خصائص فريدة مثل :-

- طبقةطلاصمميز قبيهاعدةصفات
- أ-مقاومة الخدش والاحتكاك
- ب-مقاومة للتآكل الكيميائي وملائمة لعديد من البيئات المختلفة
- ج-ذات مظهر متميز وألوان متعددة
- ذات تكلفة اقتصادية محددة
- موفرة جدا للطاقة
- ملائمة للبيئة
- تتطلب العملية الحد الأدنى من تدريب العاملين بها بالمقارنة بعمليات الطلاء الأخرى.

### ٤-أنواع بودرة(مساحيق) الطلاء بالبلاستيك :

#### ٤-١- مساحيق الترموبلاستيك Thermoplastic

وهي المواد التي تلين وتذوب بالحرارة وتتجانس أثناء التطبيق وتظل لها نفس التركيب الكيميائي بعد أن تبرد وتجف وتتصلد . وهذه المساحيق يمكن إعادة صهرها مرة أخرى بتعريضها للحرارة

( 5 ) - Greg Valeroand Reginald E. Tucker-2011- Organic Finishing Guidebook-- 360 Park Avenue South, New York, -, Elsevier.INC.

( 6 ) Ibid

## أمثلة مساحيق الترموبلاستيك

Polyethylene	-البولي اثيلين
Polypropylene	- البولي بروبيلين
Nylon	-نايلون
Polyvinyl chloride	-البولي فينيل كلورايد

## ٤-٢- مساحيق الترموسيتنج Thermosetting

وهي أيضا تذوب وتتجانس بالحرارة أثناء التطبيق ولكن قد يتغير تركيبها الكيميائي نتيجة تفاعلها مع بعض المكونات الداخلة في التركيب ولا يعاد صهرها إذا تعرضت للحرارة مرة أخرى . وأكثر من ٩٠% من المساحيق المستخدمة والمنتشرة في الأسواق من الترموسيتنج (٧)

وتتميز مساحيق الترموسيتنج بإمكانية رش عدة طبقات رقيقة مع مظهر متميز أفضل من مساحيق الترموبلاستيك

## أمثلة مساحيق الترموسيتنج (٨)

-إيبوكسي Epoxy

-هيبريد Hybrid

- ( بولي إستر - إيبوكسي ) هيبريد

-البولي إستر Polyester

-أكريلك Acrylic

-الفلوروكربونات Fluorocarbons

## ٥- تجهيز المنتجات الحديدية للطلاء ببودرة البلاستيك

إن القاعدة الأساسية لنجاح عملية الطلاء والتصاق طبقة الطلاء هو التجهيز الصحيح والغالبية العظمى من حالات الفشل لعملية الطلاء ببودرة البلاستيك ترجع الى عدم الاعداد المناسب لسطح المنتج

وتعتمد مقاومة التآكل لاسطح المنتجات الحديدية المطلية ببودرة البلاستيك الى حد كبير على تجهيز الاسطح والاعداد للعملية قبل الطلاء وعادة ما يتضمن التجهيز عدة خطوات يأتي على رأسها ازالة الشحوم والزيوت وغيرها من سطح المنتج ثم تكوين طبقة الطلاء بالتحويل ( فسفته ) بهدف زيادة مقاومة التآكل وقوة التصاق طبقة الطلاء ببودرة البلاستيك (٩)

ويتم تجهيز المنتج المراد طلاءه عن طريق تطهيره ومعالجته كيميائيا للتخلص من جميع الملوثات والصدأ وغيرها والتأكد من أن السطح أصبح نظيفا . وتلعب المعالجة الكيميائية دوراً أساسياً في تجهيز سطح المنتج فبعد ازالة الشحوم والزيوت يغمر المنتج في محاليل كيميائية قلوية أو حمضية أو متعادلة ويفصل بين كل مرحلة وأخرى بالغسيل بالماء الجاري للتخلص من أثار المحاليل الكيميائية ويمكن تجهيز المنتجات وتطهيرها إما بالغمر في أحواض أو بالرش بوسائل خاصة لتلائم مختلف خامات وأحجام المنتجات وبعد المعالجات الكيميائية المختلفة يجب تجفيف المنتجات في درجات حرارة معينة حتى تجف تماما وتكون بعد ذلك جاهزة مباشرة للرش بمسحوق البلاستيك

(٧) Zeno W. Wicks, Jr., Frank N. Jones, S. Peter Pappas; consultant, Douglas A. Wicks-2007.- Organic coatings: science and technology- John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey- Third Edition.

(٨) Ibid

(٩) JOVAN P. POPIĆ, BORE V. JEGDIĆ, -2013- Determination of surface coverage of iron-phosphate coatings on steel using the voltammetric anodic dissolution technique- ICTM-Department of Electrochemistry, University of Belgrade- Serbia.

وقد تستخدم عمليات تجهيز خاصة معتمدة على خصائص طبقة الطلاء وخامات المنتجات وحالة السطح. كما قد تستخدم بعض المعالجات الميكانيكية مثل السفع بالرمل أو التنظيف بالأبخرة لتحسين درجة التصاق طبقة الطلاء بسطح المنتج حيث أن المعالجة الميكانيكية قد تفيد بشكل خاص في إزالة الملوثات غير العضوية مثل الصدأ والقشور والأكاسيد الناتجة عن عمليات اللحام والتشغيل بالليزر. (١٠)

#### ١-٥ - عملية الفسفة

من أهم خطوات اعداد سطح المنتجات الحديدية قبل الطلاء ببودرة البلاستيك هي عملية الفسفة وتعرف عملية الفسفة بأنها عملية طلاء بتحويل جزء من سطح المنتج من حالته العنصرية الى فوسفاتات العنصر المراد طلاءه أي عند تطبيق الفسفة على منتجات حديدية فهي تحول جزء من سطح الحديد الى فوسفات الحديد أو هي عملية طلاء بالتحويل الكيميائي لجزء من سطح المنتج المعدني الى طبقة طلاء بلورية غير معدنية وتطبق عملية الفسفة كأحد خطوات اعداد سطح المنتجات لعدة أسباب هي:-

• توفير الالتصاق القوي بين سطح المنتجات وطبقات الطلاء العضوية مثل الدهانات والورنيش والطلاء ببودرة البلاستيك

- تمد سطح المنتج بطبقة خاملة تمنع تكون الصدأ وبالتالي الحد من التآكل
- اعداد السطح لاستقبال الشحوم والزيوت التي تساعد على تحملها للاحتكاك
- تهدف الى تسهيل عملية الرسم على سطح المعدن ومن ثم سهولة تشغيله

إن الاستخدام الرئيسي للطلاء بالفسفة هو زيادة قوة الالتصاق بين طبقات الطلاء العضوية وسطح المنتجات وخاصة الحديدية منها حيث أن طبقة الفسفة تمنع انتشار الصدأ ومن ثم التآكل على سطح المنتج (١١) وتتكون طبقة الفسفة من أملاح المعدن المتبلورة نتيجة تفاعل ومعالجة المعدن في محلول الفسفة وعندما يوضع المعدن في محلول حمضي للفسفة يحدث اختزال للحمض المركز في المحلول عند هذه النقطة ويذوب المعدن ويتصاعد الهيدروجين وتتكون طبقة الفوسفات . إذ أن أي تفاعل يحدث بين محلول حمضي يحتوي على أيونات فوسفات وسطح المعدن ينتج عنه تصاعد الهيدروجين وترسيب طبقة الفسفة (١٢)

#### ٢-٥ - أنواع الفسفة

هناك ثلاثة أنواع رئيسية من الفسفة هي :

- فسفة بالحديد
- فسفة الزنك
- فسفة الماغنسيوم

ولكل نوع عدة محاليل للتطبيق معتمدة على الاحتياجات الوظيفية للمنتج.

#### • الفسفة بالحديد

وتستخدم كطبقة أولية لتجهيز سطح المنتج لاستقبال الطلاء بالمواد العضوية مثل بودرة البلاستيك وذلك لتحسين قوة الالتصاق . ومحلول الفسفة يحتوي على أملاح الفوسفات وحمض فوسفوريك.

(١٠) I-R. Winston Revie and Herbert H. Uhlig-2008-Corrosion and Corrosion Control- An Introduction to Corrosion Science and Engineering- A JOHN WILEY & SONS, INC.- Hoboken New Jersey- FOURTH EDITION.

(١١) Ibid

(١٢) [www.pfonline.com](http://www.pfonline.com)



وطبقة الطلاء يتراوح وزنها بين ٢٥ - ١٠٠ ملي جرام / قدم مربع . و عادة تطبق الفسفة بالحديد في ثلاث أو خمس مراحل سواء كان برش المحلول أو بالغمر فيه-والتحكم في فسفة الحديد سهل مع بساطة معايرة وتحديد التركيز . وذات درجة حامضية من ٤.٥ - ٥.٥ ودرجة حرارة من ١٠٠ - ١٣٠ فهرنهايت.

وقد تطورت عمليات التشغيل بهدف تقليل درجات الحرارة وتقليل الابخرة الناتجة وضبط المحاليل لتحسين كل من سمك طبقة الطلاء ووزن الفسفة وهذه التطورات لمعالجة المؤثرات البيئية والاقتصادية مع عدم المساس بخصائص ونوعية طبقة الطلاء.

وتعد المعالجة بفوسفات الحديد عملية اقتصادية وسهلة الاستخدام وتوفر مجموعة الخصائص الفريدة للمنتج مثل تحسين الاداء وزيادة العمر الافتراضي.<sup>(١٣)</sup> ولون طبقة الفسفة بين الرمادي الى الازرق معتمدا على سمك ووزن طبقة الفسفة

وتتمثل عوامل التحكم في الفسفة بالحديد في :  
وقت العملية - درجة الحرارة - تركيز المحلول

#### • الفسفة بالزنك

هي طبقة معالجة بلورية غير معدنية تلتصق كيميائيا بسطح المنتج وطبقة الزنك يجب أن تكون ملتصقة جدا وهي توفر تجانس المعالجة مع تحسين خواصها مثل قوة الالتصاق ومقاومة التآكل

ويحتوي محلول الفسفة بالزنك على :

حمض فوسفوريك - أملاح زنك - مواد محفزه

وتتكون طبقة فوسفات الزنك من المحلول وليس من خلال التفاعل مع السطح كما يحدث في تكوين فوسفات الحديد

حيث يبدأ تكون البلورات عند مواقع الأقطاب الموجبة في سطح المنتج .

وفي حالة الطلاء ببودرة البلاستيك فان فسفة الزنك هي الأفضل للحماية ولا يجب أن يزيد حجم بلورات الفوسفات لان ذلك ربما لا يسمح بجفاف طبقة البودرة بشكل ملائم على سطح المنتج مما قد يؤثر في تماسك طبقة الطلاء .

وقد تحتاج الفسفة بالزنك الى تحسين بلوري لاسطح المنتجات الحديدية حتى لا تنتج طبقة فوسفات الزنك خشنة وغير ملتصقة وبالتالي تنتج طبقة بودرة البلاستيك خشنة مثل السنفرة وغير ملتصقة

ويجب التنبيه على أنها تطبق في مرحلة منفصلة عن مرحلة التنظيف وكذلك لا تشبه فسفة الحديد

#### • الفسفة بالمغنسيوم

وهي مشهورة جدا عند الاحتياج الى طبقة معالجة ذات مقاومة للاحتكاك الميكانيكي فهي لا تمنع فقط احتكاك المعدن

بالمعدن أثناء الحركة مثل الخطوط الاسطوانية او أعمدة الكامات أو أجزاء نقل الحركة وحلقات المكبس ولكنها ذات

خصائص ممتازة للاحتفاظ بالزيوت والشحوم ومقاومة التآكل ،ويجب التنبيه أيضاً على أهمية التحسين البلوري لسطح

المنتج كخطوة أولية قبل المعالجة بفوسفات المغنسيوم لضمان التصاق طبقة المعالجة

#### ٦- تطبيق الطلاء ببودرة البلاستيك

الطريقة الأكثر شيوعا في الطلاء بمسحوق البلاستيك هي الرش باستخدام مسدس مجهز لهذه العملية يعرف ( بمسدس

الالكتروستاتيكي ) والذي يضيف شحنة موجبة لجزيئات المسحوق ثم يتم الرش على المنتجات التي تتصل بالأرض ذات

الشحنة السالبة .

(١٣) Ibid

وبعد انتهاء الرش يتم تسخين المنتجات حتى يزوب المسحوق مكونا طبقة متجانسة يتم تبريدها الى طبقة طلاء صلبة . ومن الشائع تسخين المنتجات قبل عملية الرش للحصول على طبقة نهائية متجانسة فوق سطح المنتج إلا أن ذلك قد يؤدي الى بعض المشاكل التي تنجم عن الزيادة في مسحوق الرش

## ٦-١ المعالجة بعد الرش

عند تعرض البودرة المصنوعة من بلاستيك ثرموسيتنج لدرجات حرارة مرتفعة تبدأ في الذوبان والتدفق ومن ثم تتفاعل كيميائيا لتشكيل البنية الجزيئية لطبقة الطلاء وهذه عملية انتقالية تتطلب درجات حرارة معينة لوقت طويل بهدف المعالجة الكاملة للوصول الى الخصائص المطلوبة في طبقة الطلاء .  
و عادة تعالج البودرة عند درجة ٢٠٠ درجة مئوية في ١٠ دقائق ، ويمكن أن تختلف ظروف المعالجة طبقا لمواصفات الشركة المصنعة (١٤)

## ٦-٢-٢ أهم مميزات عملية الطلاء ببودرة البلاستيك

- ١ - طبقة الطلاء سميكة جدا بالمقارنة بعمليات الطلاء الأخرى المشابهة
- ٢- ليس لطبقات الطلاء أي انبعاثات عضوية
- ٣- مسحوق الطلاء الزائد أثناء الرش يمكن اعادته مرة أخرى وبالتالي فليس هناك أي فاقد في الخامات
- ٤ - خطوط انتاج الطلاء بالمساحيق تنتج نفايات أقل خطورة بكثير من الطلاء بمواد تحتوي على مذيبيات
- ٥ - طبقة الطلاء صلبة ومضادة للخدش ومقاومة لبيئات التآكل المختلفة
- ٦ - التجهيزات الأساسية وتكاليف التشغيل أقل تكلفة من الطلاء بمواد بها مذيبيات
- ٧ - الطلاء ببودرة البلاستيك يتميز بمظهر مختلف في بعض التأثيرات مثل اللون - الملمس - اللمعان والتي يمكن الحصول عليها بسهولة في حين قد يصعب تحقيقها مع العمليات الأخرى

## ٧- الأنظمة المقترحة لخطوات اعداد المنتجات الحديدية للطلاء ببودرة البلاستيك

تنقسم المنتجات الحديدية من حيث وجودها في البيئة الى نوعين هما:-  
أ - منتجات داخلية وهي المنتجات الحديدية الموجودة داخل المنزل أو الفندق أو المطعم وهي معرضة لبعض البيئات المؤثرة عليها والمتمثلة في الابخرة الناتجة عن طهي الاطعمة وارتفاع نسب الرطوبة.  
ب- منتجات خارجية وهي المنتجات الحديدية الموجودة خارج المنزل وهي معرضة لبيئات أكثر حدة وأشد تأثيرا على سطح المنتج .

ولذلك تم اقتراح نظام طلاء يصلح للمنتجات الداخلية وآخر أكثر فاعلية للمنتجات الخارجية .

#### ٧-١ - خطوات نظام الطلاء للمنتجات الداخلية:-

-التطهير بالمذيبات - التطهير القلوي- الغسيل بالماء- الغمر في حمض -الغسيل بالماء-فسفنة الحديد- الغسيل بالماء - التجفيف- الطلاء ببودرة البلاستيك .

#### ٧-٢ - خطوات نظام الطلاء للمنتجات الخارجية هي :-

-التطهير بالمذيبات - التطهير القلوي- الغسيل بالماء- تحسين البنية البلورية -الغسيل بالماء-فسفنة الزنك- الغسيل بالماء - الغمر في حمض مخفف - التجفيف- الطلاء ببودرة البلاستيك .

#### ٨- تجارب البحث

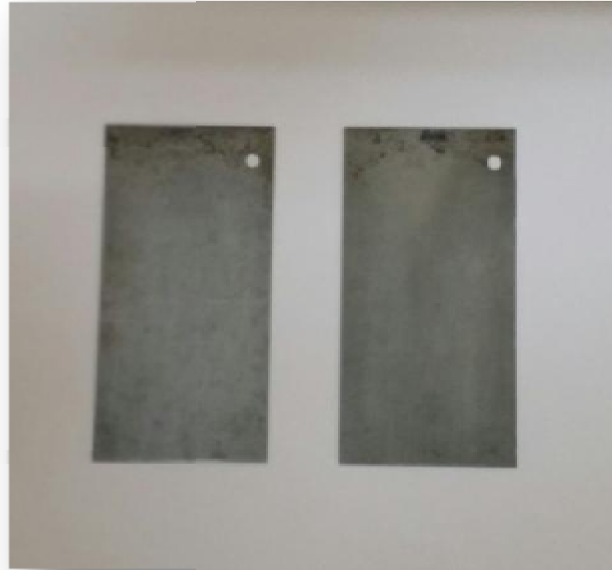
جاءت تجارب البحث للتأكد من فاعلية الأنظمة المقترحة لطلاء بودرة البلاستيك على أسطح المنتجات الحديدية سواء الداخلية أو الخارجية وهي كالآتي:-

#### ٨-١- تجارب طلاء الحديد ببودرة البلاستيك بالتجهيز التقليدي.

##### تجربة (١)

##### خطوات التجربة

أ-التطهير بالمذيبات وفيها تم تطهير العينات بقطعة قماش مبللة بالبنزين لازالة الشحوم والزيوت (كما بالشكل ٤ ).



شكل رقم ( ٤ ) عينات مجهزة للرش ببودرة البلاستيك بالطرق التقليدية

ب-طلاء العينات برش بودرة البلاستيك على السطح ثم المعالجة الحرارية.

##### نتيجة التجربة

تغطية العينة ببودرة البلاستيك باللون الأحمر

## اختبار قوة الالتصاق

باجراء اختبار قوة الالتصاق بالشريط اللاصق المحدد لهذا الاختبار كانت النتيجة كما في شكل رقم (٥) والذي يوضح تقشير طبقة الطلاء من بعض أجزاء سطح العينة.



شكل رقم(٥) نتيجة اختبار قوة التصاق طبقة الطلاء في العينات المجهزة بالطريقة التقليدية

## ٨-٢- تجارب طلاء الحديد ببودرة البلاستيك بأنظمة تجهيز المنتجات الداخلية.

### تجربة (٢)

#### خطوات التجربة

تسير الخطوات العملية للتجربة طبقا للرسم التخطيطي الموضح بالشكل رقم (٦) وهي كالآتي:

#### ١- التطهير بالمذيبات

يتم تطهير العينات بمذيب بترولي او عضوي مناسب وقد استخدم البنزين في تطهير العينات المراد طلاؤها لازالة الزيوت والشحوم.

#### ٢- التطهير القلوي

ينقسم التطهير القلوي الى خطوتين هما:-

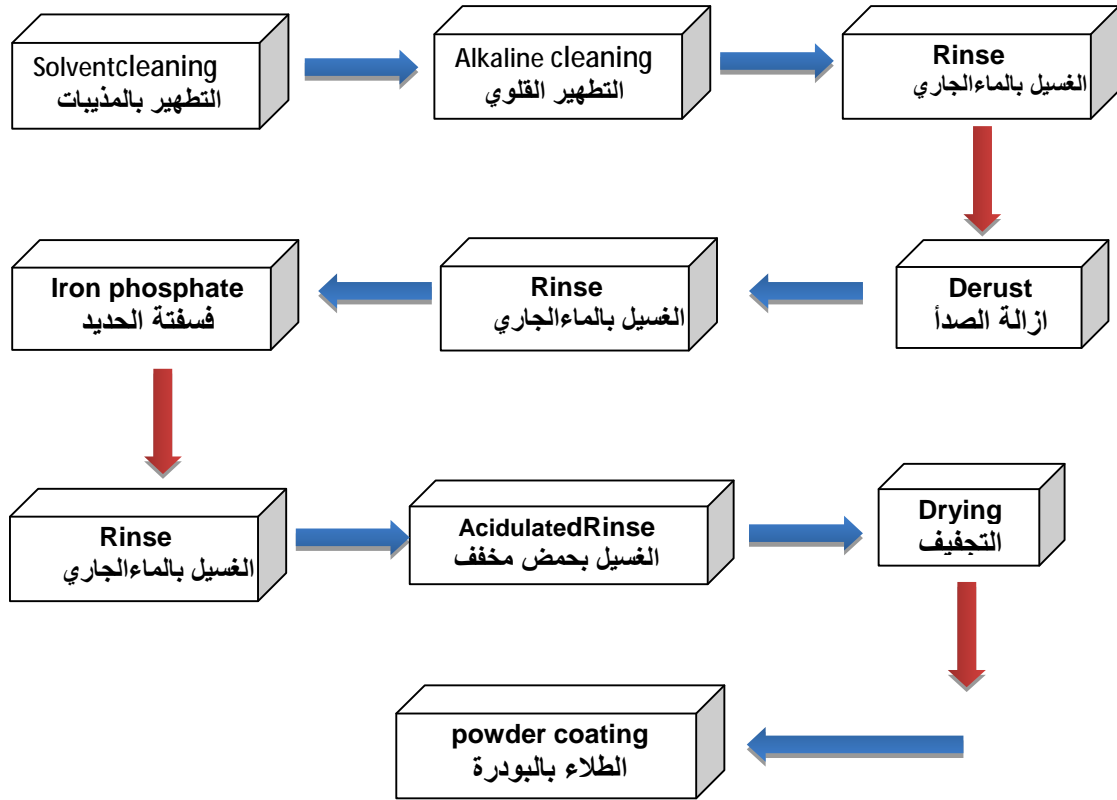
أ-التطهير بالغمر في محلول قلوي.

ب- التطهير الكهروكيميائي في محلول قلوي.

وقد تم تطهير العينات بالغمر في المحلول الاتي:-

المادة	الكمية	المادة	الكمية
هيدروكسيد صوديوم	١٢ جرام/النتر	كربونات صوديوم	١١ جرام/النتر
ثلاثي فوسفات صوديوم	١٢ جرام/النتر	ريسينات صوديوم	٣ جرام/النتر
سليكات صوديوم	١٨ جرام/النتر	عامل بلل	١ جرام/النتر
الحرارة	٩٠ درجة مئوية	الزمن	٤ دقائق

جدول (١) مكونات محلول التطهير بالغمر المستخدم في التجربة



شكل ( ٦ ) تخطيط لسير عملية الطلاء ببودرة البلاستيك بفسفطة الحديد  
Planning of powder coating with Iron phosphating

التطهير الكهروكيميائي في المحلول الاتي:-

المادة	الكمية	المادة	الكمية
هيدروكسيد صوديوم	٣٥ جرام/التر	كربونات صوديوم	٢٥ جرام/التر
كبريتات صوديوم لورية	١ جرام/التر		
الحرارة	٩٠ درجة مئوية	التيار	٧ أمبير/ديسيمتر مربع
الزمن	٢ دقيقة تطهير كاثودي ثم ٣٠ ثانية تطهير كاثودي		

جدول (٢) مكونات محلول التطهير الكهروكيميائي المستخدم في التجربة

٣- الغسيل بالماء الجاري

٤- الغمر في حمض هيدروكلوريك ١٠٠ مللي/التر لمدة ١٥ ثانية (لازالة الصدأ).



شكل رقم ( ٧ ) العينة بعد اجراء عمليتي التطهير

٥- الغسيل بالماء الجاري.

٦- فسفتة الحديد كما بالشكل ( ٨ ) في المحلول الاتي:-

المادة	الكمية	المادة	الكمية
حمض فوسفوريك	١,٩٥ جرام/التر	فوسفات صوديوم	٣,٧٥ جرام/التر
كلورات صوديوم	٤ جرام/التر		
الحرارة	٧٠ درجة مئوية	الزمن	١٠ دقائق

جدول (٣) مكونات محلول الفسفتة المستخدم في التجربة



شكل رقم ( ٨ ) العينات بعد اجراء عملية الفسفتة

٧- الغسيل بالماء الجاري.

٨ - التجفيف

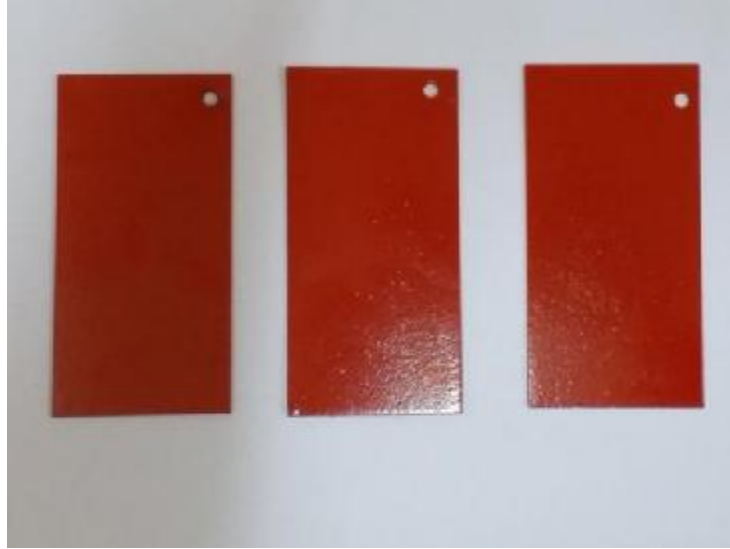
٩- الطلاء ببودرة البلاستيك والمعالجة الحرارية.

### نتيجة التجربة

تغطية العينة ببودرة البلاستيك باللون الاحمر

### اختبار قوة الالتصاق

باجراء اختبار قوة الالتصاق بالشريط اللاصق المحدد لهذا الاختبار كانت النتيجة كما في شكل رقم ( ٩ ) والذي يوضح عدم تأثر طبقة الطلاء في جميع أجزاء سطح العينة.



شكل رقم (٩) نتيجة اختبار قوة التصاق طبقة الطلاء في العينات المجهزة بالطريقة المقترحة ( الفسفته )

### ٨-٣- تجارب طلاء الحديد ببودرة البلاستيك بأنظمة تجهيز المنتجات الخارجية.

#### تجربة (٣)

#### خطوات التجربة

تسير الخطوات العملية للتجربة طبقا للرسم التخطيطي الموضح بالشكل رقم ( ١١ ) وهي كالآتي:

- ١- التطهير بالمذيبات (كما في تجربة ٢)
- ٢- التطهير القلوي (كما في تجربة ٢)
- ٣- الغسيل بالماء الجاري
- ٤- عملية الحفر والمراد من هذه العملية هو التحسين البللوري لسطح العينة بالغمر في المحلول الاتي:-

المادة	الكمية	المادة	الكمية
حمض هيدروكلوريك	٤٠٠ مللي/التر	حمض نيتريك	٤٠ مللي/التر
حمض كبريتيك	٦٠ مللي/التر		
الحرارة	درجة حرارة الغرفة	الزمن	٣ دقائق

جدول (٤) مكونات محلول الغمر المستخدم في التجربة

٥- الغسيل بالماء الجاري

٦- فسفتة الزنك في المحلول الاتي:-

المادة	الكمية	المادة	الكمية
حمض فوسفوريك	٣٨٠ جرام	اكسيد زنك	١٦٠ جرام
حمض نيتريك	١٤٢ جرام	تراي ميثا فوسفات صوديوم	٣,٣ جرام
الحرارة	٧٠ درجة مئوية	الزمن	٢٠ دقائق

جدول (٥) مكونات مسحوق فسفتة الزنك المستخدم في التجربة

يجهز المسحوق ثم يضاف الماء الى ان يصل المحلول ١ لتر ثم نأخذ ٧,٥ جزء من المحلول ويخفف ب ٩٢,٥ جزء من الماء وهذا هو محلول الفسفتة بالزنك

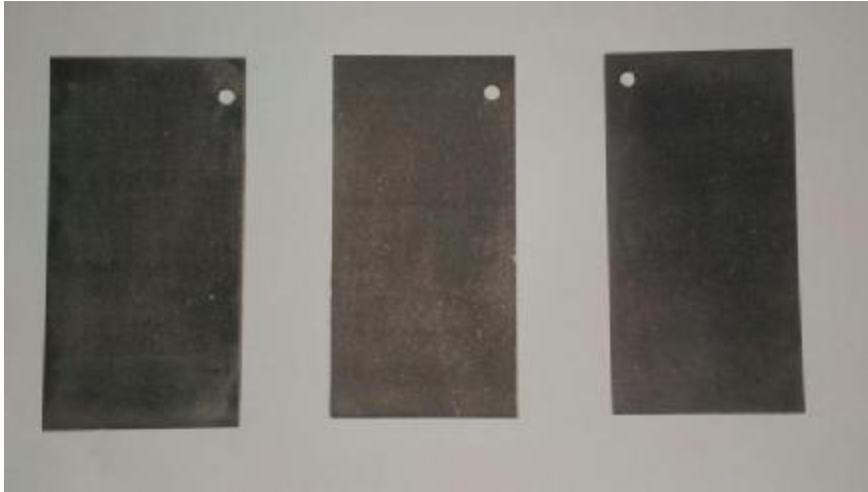
٧- الغسيل بالماء الجاري

٨- الغمر في حمض هيدروكلوريك مخفف بنسبة ٥٠ مللي/ اللتر لمدة ١٥ ثانية لتحسين البنية البلورية لطبقة الفسفتة.

٩- الغسيل بالماء الجاري

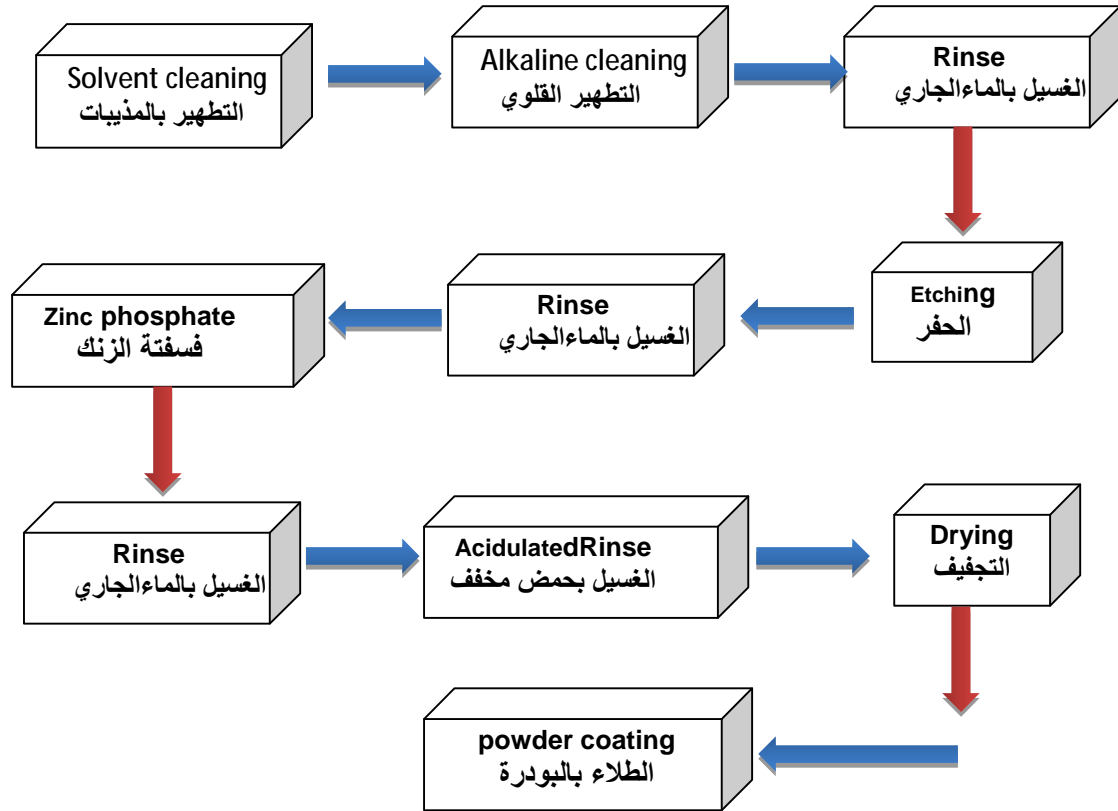
١٠- التجفيف

١١- الطلاء ببودرة البلاستيك والمعالجة الحرارية.



شكل رقم ( ١٠ ) العينات بعد اجراء عملية فسفتة الزنك وقبل عملية الطلاء





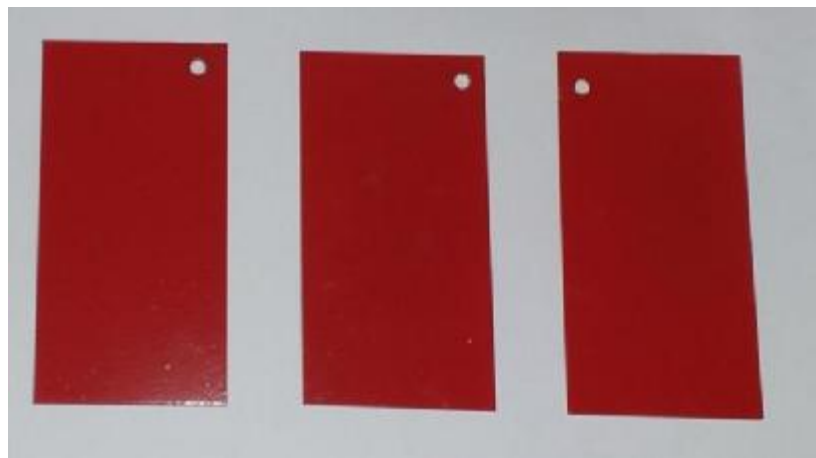
شكل (١١) تخطيط لسير عملية الطلاء ببودرة البلاستيك بفسفطة الزنك  
Planning of powder coating with Zinc phosphating

### نتيجة التجربة

تغطية العينة ببودرة البلاستيك باللون الاحمر

### اختبار قوة الالتصاق

باجراء اختبار قوة الالتصاق بالشريط اللاصق المحدد لهذا الاختبار كانت النتيجة كما في شكل رقم ( ١٢ ) والذي يوضح عدم تأثر طبقة الطلاء في جميع أجزاء سطح العينة.



شكل رقم ( ١٢ ) نتيجة اختبار قوة التصاق طبقة الطلاء في العينات المجهزة بالطريقة المقترحة ( فسفطة الزنك )

## نتائج البحث

- ١- زيادة العمر الافتراضي للمنتجات الحديدية أحد أهم المميزات التنافسية.
- ٢- ان خصائص سطح المنتج بصفة عامة والتصاق طبقة الطلاء بصفة خاصة من اهم عناصر أداء سطح المنتجات الحديدية لوظائفها.
- ٣-الطلاء ببودرة البلاستيك احد العمليات الهامة لتغطية المنتجات الحديدية لما تتمتع به من مميزات مثل مقاومة التآكل الكيميائي و التعدد اللوني و التكلفة الاقتصادية البسيطة والملائمة للبيئة.
- ٤- عديد من المشاكل قد تؤثر على العمر الافتراضي للمنتج لكن يأتي على رأسها فشل طبقة الطلاء في الالتصاق بالسطح.
- ٥- نجاح عملية الطلاء ببودرة البلاستيك يعتمد على الاعداد المناسب لضمان التصاق طبقة الطلاء بسطح المنتج.
- ٦- الطرق التقليدية لتجهيز المنتجات الحديدية ينتج عنها التصاق ضعيف بين طبقة الطلاء و سطح المنتج ولذلك فهي لاتصلح لاعداد المنتجات قبل الطلاء ببودرة البلاستيك.
- ٧-عملية الفسفة احد أهم خطوات معالجة اسطح المنتجات الحديدية قبل الطلاء ببودرة البلاستيك
- ٨-معالجة اسطح المنتجات الحديدية بنظام تجهيز المنتجات الداخلية المعتمد على التطهير بالمذيبات والتطهير القلوي وفسفة الحديد ينتج قوة التصاق كبيرة بين طبقة الطلاء و سطح المنتجات مما يساعد على عدم تخلل اي نسبة من الاكسجين او الرطوبة بين المنتج وطبقة الطلاء وبالتالي حمايتها من التآكل.
- ٩- معالجة اسطح المنتجات الحديدية بنظام تجهيز المنتجات الخارجية المعتمد على التطهير القلوي واعداد تحسين البنية البلورية لسطح المنتج ثم فسفة الزنك ينتج قوة التصاق مميزة بين طبقة الطلاء و سطح المنتجات مما يزيد العمر الافتراضي لبقاء طبقة الطلاء.

## اهم المراجع

- ١- محمد بندقي . ٢٠٠٦ . اتجاهات التدريب على الجودة الشاملة لمدراء شركات تصنيع المواد الغذائية . الاردن ، مجلة دراسات ، مجلد ٢٣ ، العدد ٢

- 2-Porter , Michael E.- 2006- What is Strategy? Harvard Business Review (November-December),
- 3- Steve Brown .- 2000-Strategic Operations Management ,Butterworth Heinemann, Oxford, ,
- 4-www-users.cs.umn.edu/~meyer/publications/westlund-mey-siggraph.2001.pdf
- 5-R. Winston Revie and Herbert H. Uhlig-2008-Corrosion and Corrosion Control- An Introduction to Corrosion Science and Engineering- A JOHN WILEY & SONS, INC.- Hoboken New Jersey- FOURTH EDITION
- 6- DOUGLAS S. RICHART and D.S. Richart Associates-2005- Coating Methods, Powder Technology- Volume 5.
- 7- Greg Valeroand Reginald E. Tucker- 2011- Organic Finishing Guidebook-- 360 Park Avenue South, New York, -, Elsevier.INC .
- 8- Bill Nimmo and Gareth Hinds-2003- Beginners Guide to Corrosion- NPL's Corrosion Group from various source material.
- 9- Rose A. Ryntz- Philip V.Yaneff.-2003- Coatings of Polymers and Plastics- Marcel Dekker, Inc.

- 10- Roder Talbert -2011- Fundamentals of Powder Coating-Products Finishing magazine - Powder Coating Institute
- 11- T.S.N. Sankara Narayanan-2005-SURFACE PRETREATMENT BY PHOSPHATE CONVERSION COATINGS-National Metallurgical Laboratory, Madras Centre CSIR
- 12-JOVAN P. POPIĆ, BORE V. JEGDIĆ,-2013- Determination of surface coverage of iron-phosphate coatings on steel using the voltammetric anodic dissolution technique- ICTM-Department of Electrochemistry, University of Belgrade- Serbia
- 13- Zeno W. Wicks, Jr., Frank N. Jones, S. Peter Pappas; consultant, Douglas A. Wicks.-2007- Organic coatings : science and technology- John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey- Third Edition
- 14-Cheryl Hickman-2011-Phosphate Conversion Coating-Products Finishing magazine-Heatbath Corp.
- 15- [WWW.Finishing.com/library](http://WWW.Finishing.com/library)
- 16-[www.pfonline.com](http://www.pfonline.com)