Web Site: https://ejos.journals.ekb.eg
Email: egyjournal@sedu.asu.edu.eg
ISBN: 1687-6164
ISNN: 2682-4353

المقدمة: Introduction

للطلاء الكهربي أهمية كبرى سواء في المجالات الصناعية أو الفنية، حيث يفيد في إضفاء ثراءً جمالياً للعمل المعدني سواء المستخدم منها في المجالات الصناعية أو المجالات الفنية . ومن مميزات استخدام الطلاء الكهربي الحصول منه على طبقة رقيقة جداً منتظمة السمك وتقدر بالميكرون (١ مم = ١٠٠٠ ميكرون) ، وإنها تساعد في وقاية المعدن (العمل المعدني) من العوامل الجوية المختلفة وتأثيرها على المعدن المتمثل في ظاهرة تآكل المعادن سواء الكيميائي أو الاحتكاكي، والصدأ "Corrosion of metal and trust" ، وظاهرة التطويس "Tranish".

كما يعطي الطلاء الكهربي لأسطح الألومنيوم في العمل المعدني تحسيناً في الخواص الميكانيكية كالمتانة ، ومقاومة الصدمات ، وقوة الشد ، بالإضافة إلى تأثيره الجمالي عليها. وكما يؤدي الطلاء إلى تحسين من الخواص الخاصة بجودة المنتجات (الاعمال المعدنية) من حيث تغطية الخدوش والثقوب التي تتكون بالمعدن قبل أو أثناء مراحل التشغيل المختلفة.

ومن الصعوبات الرئيسية لهذا البحث أن طبيعة فلز الألومنيوم أنه لا يقبل الطلاء عامة ، وذلك لسرعة تأكسد سطحه بالأكسجين الجوي ، إذ يكون طبقة أكسيد تكون عازلة للطلاء سواء كان طلاءً كهربياً "Electroplating" أو طلاءً بالغمر "Immersion" أو طلاءً لا كهربياً"Electroless plating" أو طلاءً بالإحلال "Cemention Plating" .

ونظراً لأن الألومـــــــنيوم ذو شبكية مكعبية متمركزة الوجه "Faced Centered Cupic" (F.C.C) فإن معالجته بالطلاء الكهربي يتطلب معالجات خاصة تتمثل في إكسابه طبقة وسيطة ما بين معدن الأساس للألومنيوم "Base Metal" والطبقة التي ستترسب عليه والناتجة عن طلائه كهربياً. وهذه الطبقة بعد أن قام الباحث بالدراسة والتجريب تبين أنه تستخدم في طلاء الأسطح الخاصة مثل الألومنيوم (طبقة زينكات الصوديوم) لتكون طبقة وسيطة تتيح طلاء الألومنيوم كهربياً بعد استخدام أسلوب الغمر في ترسيبها على معدن الأساس (الألومنيوم).

ومن مميزات الطلاء الكهربي أنه يُكسب الألومنيوم خصائص أخرى جديدة غير خصائصه الطبيعية من حيث المظهر.

وطريقة الطلاء الكهربي تعتبر من أفضل طرق التغطية من حيث التماسك والمظهر، حيث يتم التغطية بمواد فلزية ذات مظهر طبيعي تُتيح إمكانية معالجتها بنفس الوسائل التقنية من حيث التلميع الميكانيكي وخلافه ، كما أن الطلاء الكهربي يعطي تأثيرات لونية متعددة ومختلفة التأثير مثل طلاءات الذهب والنيكل الأبيض والنيكل الأسود والفضة والنحاس.

مشكلة البحث:

صعوبة إمكانية معالجة سطح الألومنيوم بالطلاء الكهربي، حيث أن الألومنيوم يعتبر من ضمن الأسطح المعدنية الخاصة والتي تتطلب استخدام عوامل وسيطة أو حفازة تساعد على إتمام عملية الطلاء مما تكسبه خواص لونية جديدة تسهم في إثراء العمل المعدني جمالياً ووظيفياً.

هدف البحث:

إثراء أسطح الألومنيوم بالطلاء الكهربي بإضفاء ترسيبات مختلفة الألوان والمظهر والتي يمكن الاستفادة منها في إيجاد أساليب فنية جديدة تُثري مظهر العمل المعدني جمالياً ووظيفياً.

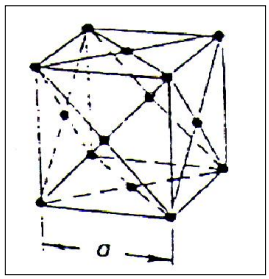
أولا – نبذة مختصرة عن الألومنيوم:

الألومنيوم من المعادن الأكثر نشاطاً في الطبيعة ، ويوجد متحداً مع عناصر أخرى ، وغالباً ما تكون مركباته متحدة مع الأكسجين والسيليكون. ويحتل الألومنيوم المركز الثالث من بين العناصر وبنسبة ٨% تقريباً ، وهو أكثر المعادن إنتشاراً في القشرة الأرضية ، وللألومنيوم عدة خواص وهي:

١- الخواص الطبيعية:

- "الرمز الكيميائي : AL Sympol
- العدد الذري: ١٣ Atonic number
- الوزن الذري: ٢٦,٩ تقريباً Atonic weight
- الثقل النوعي: ٢,٧ Sp. Gravity
- اللون : أبيض فضي مائل للزرقة Colour
- درجة الإنصهار: ٦٦٠° م Melting point
- درجة الغليان: ٢٣٣٠°م Boiling point
- التوصيل الحراري: ٠,٥٧

- معامل التمدد الحراري: ٢٣" (١)
- لين أثناء تسخينه حتى ١٥٠° م (إمكانية تشكيله بسهولة).
- يصبح هشاً عند تسخينه إلى ٦٠٠° م (ثم يتحول إلى مسحوق عن طريق طحنه).
- قابل للطرق والسحب والتوصيل الجيد للحرارة والكهرباء.
- مقاوم للتآكل بفعل الهواء الجوي ، وذلك بواسطة طبقة الأكسيد المتكون على سطحه بمجرد تعرضه للهواء.
- البناء البللوري (النسق البللوري):



شكل (١): F.C.C.

ذو شبكية مكعبية متمركزة الوجه (F.C.C) "Faced Centered Cupic" ، وطول ضلع الشبكة ٤,٠٥ انجستروم ، وتتكون بللورات هذه الشبكة من ١٤ ذرة ، ثمانية ذرات منها في أركان المكعب وستة ذرات كل منها في مركز كل وجه من أوجه المكعب الستة (شكل ١).

٢- الخواص الكيميائية:

- "يتميز الألومنيوم بتكوين طبقة رقيقة متماسكة على سطحه من أكسيد الألومنيوم شديدة الإلتصاق ، ويعد هذا بمثابة حماية طبيعية له لتُكسبه مقاومة عالية ضد الصدأ والتآكل ، وتزداد هذه المقاومة بزيادة

درجة نقاوته وقلة نسب الشوائب الداخلة في تركيبه" [١]. كما أن هذه الطبقة هي التي تجعله ذو مظهر خامل.

- يمكن إذابة الألومنيوم في حمض النيتريك بإضافة كمية قليلة من أملاح الزئبق إلى الحمض مما يؤدي إلى تكوين آلاف الخلايا الجلفانية التي تعمل على إذابة الألومنيوم في الحمض ، ويتصاعد غاز الهيدروجين.

٣- الخواص الميكانيكية:

- "مقاومة الشد (كجم/سم^{٢}): مخمر : ٤٦٧ ، بارد : ١١١٠ .
- مقاومة الخضوع (كجم/سم٢): مخمر : ١٢١ ، بارد ١٠٦٠
- الإستطالة : مخمر : ٤٨,٨ ، بارد ك ٥,٥ .
- الصلادة (عدد برينل): مخمر : ١٧ ، بارد : ٢٧ (٣)

ثانيا – الطلاء الكهربي: Electroplating

١- تعريف الطلاء الكهربي: Definition of Electroplating

"هو عملية لترسيب معدن على آخر كهربياً وفيها يمرر تيار كهربائي من ألواح (أنودات) .. إلى الشيء المطلوب طلاؤه خلال محلول ملحي معدني (الالكتروليت). وتنجذب أيونات هذا المعدن إلى المنتجات المطلوب طلاؤها حيث تطلق شحناتها الكهربائية وتترسب على السطح".[٢]

٢- عملية الطلاء الكهربي: Electro Plating Process

تتخلص هذه العملية في الآتي:

أ- "تجهيز محلول يحتوي على ملح مناسب من أملاح الفلز المطلوب ترسيبه على السطح.

ب- غمر المنتجات المعدنية المراد طلاؤها في المحلول الألكتروليتي مع توصيلها بالقطب السالب لمنبع التيار الكهربي المستمر مع اختيار جهد مناسب وكثافة تيار مناسبة. وبذلك تصبح المنتجات المعدنية قطب سالب (كاثود).

ج- القطب المتصل بالطرف الموجب (الأنود) فإما أن يصنع من نفس الفلز الذي سيطلى به السطح وتوجد أملاحه في المحلول الألكتروليتي أو يصنع من فلز أخر.

فإذا وضع قطب من نفس المعدن فإنه يذوب في المحلول إذ أن الذرات الموجودة على السطح تترك بعض الكتروناتها وتتحول إلى أيونات موجبة تنتقل إلى المحلول حيث تحل محل الأيونات التي ترسبت على سطح الكاثود (المنتج المعدني) ثم تنتقل بدورها إلى الكاثود حيث تتعادل هي الأخرى بإتحادها مع الالكترونات الموجودة على السطح، وتترسب عليه في صورة ذرات من المعادن. وهكذا تستمر الدورة حيث تذوب ذرات من الأنود في المحلول، وذرات تترسب من المحلول على سطح الكاثود.

أما في حالة تركيب أنود من معدن مختلف عن الفلز الموجودة أيوناته في المحلول، فيجب أن يكون من نوع غير قابل للذوبان في هذا المحلول عند الجهد الكهربي المستخدم وذلك حتى لا يتلوث المحلول بأيونات

هذا المعدن، وما يترتب على ذلك من ترسب ذراته على السطح الجاري طلائه "[7].

تفسير ما يحدث في عملية الطلاء الكهربي:

- "أثناء عملية التحليل الكهربي تكون كل الأيونات في المحلول تحمل التيار وتشترك بشكل تساهمي Contribution حيث تعتمد الأيونات الذائبة على تركيزها وقابليتها للحركة Mobility.
- عند الأنود : يذوب المعدن وتؤكسد الأيونات ويحدث تفريغ للشحنة عند كل الكترود (قطب كهربي).
- عند الكاثود: تتزايد الشحنات Positive Ions (الكاتيونات) وتختزل مع ترسب ذرات الفلز."(٤)

العوامل التي تحكم المظهر العام للسطح الناتج بعد الترسيب الكهربي:

- شدة التيار المستخدم خلال عملية الطلاء.
- درجة تركيز المحلول المستخدم.
- درجة الحرارة.
- المواد العالقة والموجودة بالمحلول.
- الشق الحامضي أو القلوي المستخدم في عملية الطلاء الكهربي (لترسيب الكهربي).

ثالثاً: تصميم التجربة: Experimental Design

١- الخامات المستخدمة:

تم استخدام سبيكة الألومنيوم المكونة من ١-١,٥% نيكل، ١,١-٦,١% حديد، ٠,٥-١,٢% سيليكون، ٠,٢% منجنيز، ١,٤-١,٨% ماغنسيوم. والسبيكة تم استخدامها في شكل رقائق (ألواح) بسمك ٠,٨ مم

أ- تم تقطيع العينات بالمقاس ٣×٣ سم، كما تم إجراء العمليات الميكانيكية الخاصة بالتلميع وذلك باستخدام فرش ومواتير التلميع وحجم العينة = ١٥ مفردة.

ب- تم تجهيز المحاليل الخاصة بعمليات الطلاءات المختلفة والتي تم حصرها في الآتي:

* طلاء النحاس الأحمر القلوي (القاعدي – السيانيدي).
* طلاء النحاس الأصفر القلوي.
* طلاء الفضة القلوية.
* طلاء النيكل.

كما تم تجهيز محلول التنظيف الكيميائي.

٢- الإجراءات: Procedures

أ- تم عمل التجهيزات اللازمة للعينات بالمعالجة المسبقة من حيث التنظيف الكيميائي والمعالجة القلوية dresing process ، حيث تم غمر العينات في محلول التنظيف لمدة ٢ ق وبتيار ١,٥ امبير/ديسمتر^{٢} والأنود من

الاستانليس ستيل، ثم تم شطف العينات بالماء البارد الجاري، ثم تم إجراء عملية معالجة حامضية للعينات Pickling Process وذلك باستخدام حامض كبريتيك بتركيز ١٠%، وذلك لإجراء معادلة القلوي بالحمض، ثم شطفها بالماء البارد الجاري، ثم غمر العينات في حوض لمحلول زينكات الصوديوم لإكسابها الطبقة الوسيطة التي تقبل الطلاء ، ثم تم غمر العينات كل منها في حوض الطلاء الخاص بها ، ثم تم شطف بالماء البارد الجاري وتجفيفها في فرن درجة حرارته ٢٠٠° مئوية.

ب- تم استخدام سلسلة الطلاء الكهربي والمتكونة من حوض التنظيف (المعالجة القلوية) وحوض للمعالجة الحامضية ، وأحواض محاليل الطلاءات المختلفة وعمليات التجفيف.

٣- المحاليل المستخدمة في عمليات الطلاء:

أ- محلول التنظيف:

مكونات الحوض:

- كربونات صوديوم ٤ جرام/لتر
- هيدروكسيد صوديوم ١٣ جرام/لتر
- ثلاثي فوسفات صوديوم ١٣ جرام/لتر
- ماء ١ لتر

ظروف التشغيل:

- كثافة التيار ١٠ امبير/ديسمتر٢

- الزمن ٣ ق
- الأنود صلب

ب- محلول زينكات الصوديوم:

مكونات الحوض :

- هيدروكسيد صوديوم .
- أكسيد زنك .

} بنسب متكافئة

ج- محلول طلاء النحاس الأحمرالقلوي:

"مكونات الحوض:

- بوتاسيوم سيانيد ٣٦,٥ جرام/لتر
- سيانيد نحاس ٢٥ جرام/لتر
- سلفيد صوديوم ٣ جرام/لتر
- كربونات صوديوم ٦ جرام/لتر

ظروف التشغيل:

- الحرارة ٤٥-٦٠°م
- كثافة التيار ١,٥ امبير/ديسمتر٢"(6)
- الأنود نحاس

د-"محلول طلاء النحاس الأصفر:

مكونات المحلول:

- سيانيد نحاس تركيز ٦٥% ٢٣,٥ جرام/لتر
- سيانيد زنك تركيز ٥٤% ٧,٨ جرام/لتر
- سيانيد صوديوم تركيز ١٢٩% ٣٧,٥ جرام/لتر
- كربونات صوديوم ٤,٧ جرام/لتر
- صوديوم باي سلفيت ٩,٤ جرام/لتر" (6),(7)

ظروف التشغيل:

- الحرارة ٤٠-٥٠°م
- كثافة التيار ١ امبير/ديسمتر٢
- الزمن ٢-٣ ق
- الأنود نحاس أصفر

ه- "محلول طلاء الفضة:

مكونات المحلول:

- سيانيد فضة ١٣,٨ جرام/لتر
- سيانيد صوديوم ١٨,٦ جرام/لتر
- كربونات صوديوم ٤٠ جرام/لتر
- سيانيد بوتاسيوم ٢٦,٧ جرام/لتر
- كربونات بوتاسيوم ٥٠ جرام/لتر

ظروف التشغيل:

- الحرارة ٥٧°م
- الزمن ١ق
- كثافة التيار ٠,٣-٠,٤ امبير/ديسمتر٢
- كفاءة التيار ٩٩% - ١٠٠%
- الأنود فضة ٩٩,٩" (6),(7)

و-"محلول طلاء النيكل:

مكونات المحلول:

- كبريتات نيكل ٢٥٠ جرام/لتر
- نيكل كلورايد ٣٧,٥ جرام/لتر
- حمض بوريك ٢٥ جرام/لتر
- فلوريد صوديوم ١٢,٥ جرام/لتر

ظروف التشغيل:

- الحرارة ٥٤ - ٥٦°م
- الزمن ٣-٥ ق
- كثافة التيار ٢,٣ امبير/ديسمتر٢
- الأنود نيكل ٩٩%" (7)

ملحوظة: تم استخدام محلول زينكات الصوديوم لإكساب الألومنيوم الطبقة الوسيطة القابلة للطلاءات المختلفة قبل عمليات الطلاء.

رابعا: التجارب: Experiments

- تم إجراء التجارب المعملية باستخدام المحاليل السابقة من طلاء كهربي بفلز النحاس الأحمر السيانيدي (القلوي) وطلاء النحاس الأصفر، وطلاء الفضة وطلاء النيكل، وذلك طبقاً للمحاليل السابقة مع المحافظة على كافة الشروط لكل محلول منها.
- تم استخدام الخلية الالكترونية مع استخدام التيار الكهربائي المستمر في جميع التجارب.
- تم استخدام محلول زينكات الصوديوم في جميع التجارب المعملية.

١.تجارب الطلاء بالنحاس الأحمر القلوي:

خطوات التجربة:

- ترسيب طبقة من زينكات الصوديوم على عينة الألومنيوم.
- البدء في ترسيب النحاس الأحمر القلوي طبقاً للمعادلة المذكورة سابقاً في المحاليل.

حجم العينة = ١٥ مفردة

جدول رقم (١) يوضح تجربة طلاء الألومنيوم بالنحاس الأحمر القلوي

نوع المعالجة	زمن التعريض ق	درجة الحرارة	مدى تأثر سطح العينة
الومنيوم معالج بطبقة وسيطة من زينكات الصوديوم.	٢ دقيقة	٤٥°-٦٠°م	ترسيب الطبقة منتظم من النحاس يغطي كافة سطح العينة.

ملاحظات التجربة:

- الطلاء ثابت ومتجانس ومنتظم.
- تم استخدام الهزازات الميكانيكية لتنشيط المحلول وتنشيط قوي التغطية.

٢.تجارب الطلاء بالنحاس الأصفر:

خطوات التجربة:

- ترسيب طبقة من زينكات الصوديوم على عينة الألومنيوم.
- ثم ترسيب طبقة من النحاس الأحمر القلوي.
- البدء في التجربة طبقاً للمعادلة المذكورة سابقاً.

حجم العينة = ١٥ مفردة.

جدول رقم (٢) يوضح تجربة طلاء الألومنيوم بالنحاس الأصفر القلوي

نوع المعالجة	زمن التعريض ق	درجة الحرارة	مدى تأثر سطح العينة
الومنيوم معالج بطبقة وسيطة من زينكات الصوديوم.	٢ – ٣ق	٤٠°– ٥٠°م	ترسيب الطبقة منتظم ومتجانس ويغطي كافة سطح العينة.

ملاحظات التجربة:

- الطبقة المرسبة شديدة الالتصاق ومتجانسة وثابتة ومنتظمة.
- تثبيت طبقة الطلاء من سبيكة النحاس الأصفر باستخدام محلول صوديوم كروميد.

٣.تجارب الطلاء بالفضة القلوية:

خطوات التجربة:

- ترسيب طبقة رقيقة من زينكات الصوديوم على عينة الألومنيوم.
- ثم ترسيب طبقة من النحاس الأحمر القلوي على طبقة زينكات الصوديوم.
- البدء في التجربة طبقاً للمعادلة المذكورة سابقاً في المحاليل.

حجم العينة = ١٥ مفردة

جدول رقم (٣) يوضح تجربة طلاء الألومنيوم بالفضة القلوية

نوع المعالجة	زمن التعريض ق	درجة الحرارة	مدى تأثر سطح العينة
الومنيوم معالج بطبقة وسيطة من زينكات الصوديوم.	١ ق	٥٧°م	ترسيب الطبقة منتظم ومتجانس من الفضة ويغطي كافة سطح العينة.

ملاحظات التجربة: تم ترسيب طبقة من الفضة متجانسة ومنتظمة السمك.

٤.تجارب الطلاء بالنيكل:

خطوات التجربة:

- ترسيب طبقة من زينكات الصوديوم على سطح الألومنيوم.
- ثم ترسيب طبقة من النحاس الأحمر القلوي.
- ثم البدء في التجربة طبقاً للمعادلة المذكورة سابقاً في المحاليل.

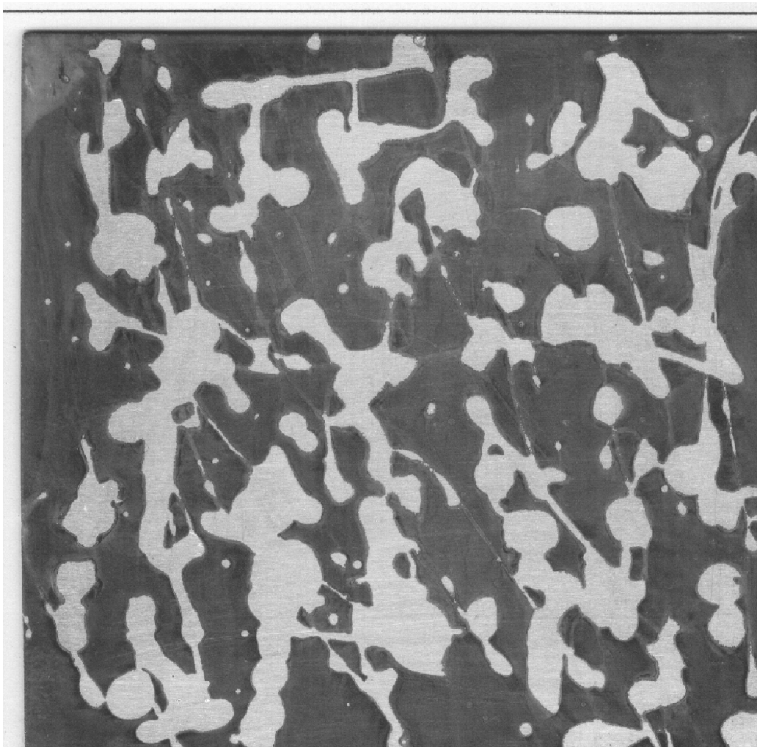
جدول رقم (٤) يوضح تجربة طلاء الألومنيوم بالنيكل

نوع المعالجة	زمن التعريض ق	درجة الحرارة	مدى تأثر سطح العينة
الومنيوم معالج بطبقة وسيطة من زينكات الصوديوم.	٣ – ٥	٥٤°– ٥٦°م	ترسيب الطبقة منتظم ومتجانس ويغطي كافة سطح العينة.

ملاحظات التجربة: طبقة الطلاء ثابتة ومتجانسة ومنتظمة السمك.

خامساً: التطبيقات الفنية:

تم تطبيق بعض النماذج الفنية باستخدام عمليات الطلاء الكهربي لمعالجة أسطح الألومنيوم لإكسابه خواص وألوان أخرى ، وتمت في صورة أعمال معدنية فنية ذات بعدين (مسطح) ، وذلك لتبيان مدى فاعلية عمليات الطلاءات الكهربية بترسيبات من معادن مختلفة لتحقيق التنوع في اللون وفي الملمس ، وهذا ما يسهم في إثراء المظهر السطحي للألومنيوم جمالياً في العمل المعدني. وقد استخدم الباحث في هذه التطبيقات نوعين من الطلاءات ، وهما الطلاء بالنحاس الأحمر القلوي ، والنحاس الأصفر القلوي، وذلك لسهولة الحصول على المحاليل الخاصة بهم ومناسبة قيمتها الاقتصادية لمجال أشغال المعادن دوناً عن المحاليل الخاصة بأنواع الطلاءات الأخرى.



تطبيق رقم (١)

معدن الأساس : ألومونيوم

الطلاء الكهربي المستخدم: نحاس احمر قلوي

الألوان الناتجة عن عملية الطلاء: اللون الأحمر النحاسي ، واللون الأبيض الفضي (الألومنيوم).

القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: تداخل لون النحاس الأحمر مع اللون الأبيض الفضي للألومنيوم مع تحقيق قيمة الإيقاع في المساحات بينهما.

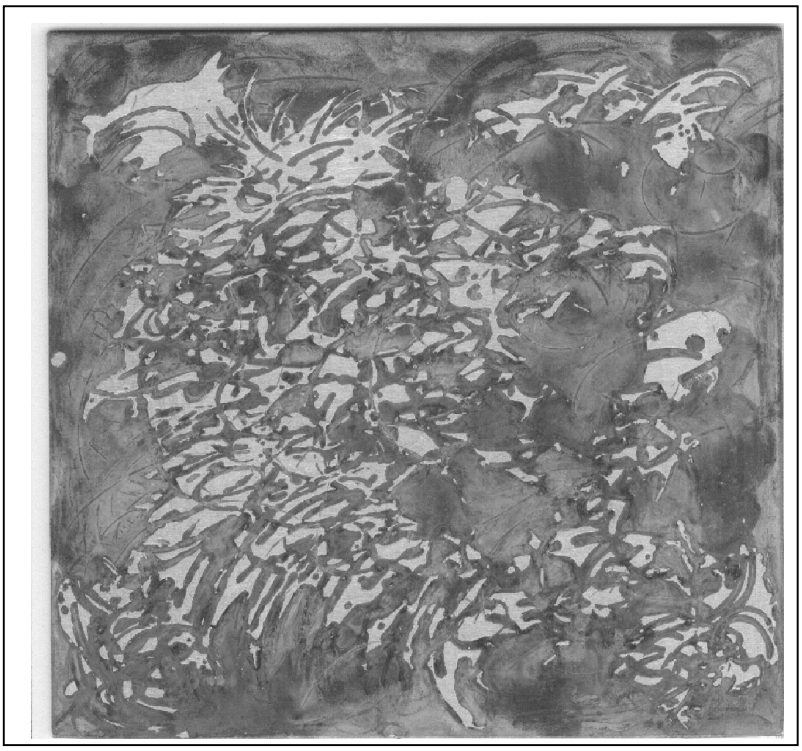
تطبيق رقم (٢)

معدن الأساس : ألومونيوم

الطلاء الكهربي المستخدم: نحاس أصفر قلوي

الألوان الناتجة عن عملية الطلاء: اللون الأصفر النحاسي ، واللون الأبيض الفضي (الألومنيوم).

القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: تداخل اللون الأصفر مع اللون الأبيض الفضي ، مما نتج عنه تاثيرات ملمسية ومساحات متنوعة.



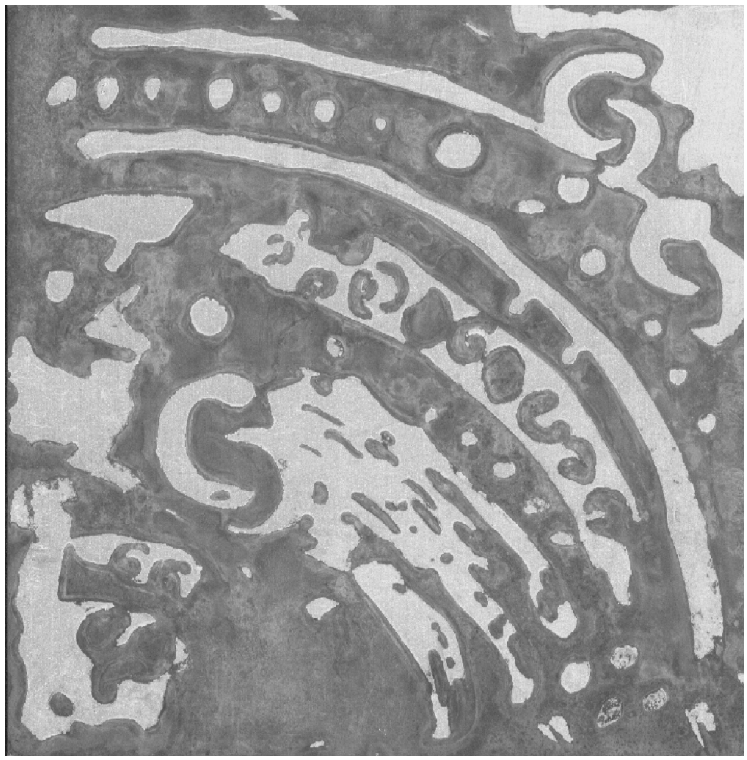
تطبيق رقم (٣)

معدن الأساس : ألومونيوم

الطلاء الكهربي المستخدم: نحاس احمر قلوي ، ونحاس أصفر قلوي

الألوان الناتجة عن عملية الطلاء:اللون الأحمر النحاسي القاتم، والأصفر النحاسي الفاتح والقاتم ن واللون الأبيض الفضي (الألومنيوم).

القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: تداخلات لونية مختلفة مما نتج عنها التنوع في الخطوط،والمساحات اللونية ، وتأثيرات ملمسية متنوعة.



تطبيق رقم (٤)

معدن الأساس : ألومونيوم

الطلاء الكهربي المستخدم: نحاس احمر قلوي ، ونحاس أصفر قلوي

الألوان الناتجة عن عملية الطلاء:اللون الأحمر النحاسي ، واللون الأصفر النحاسي واللون الأبيض الفضي (الألومنيوم).

القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: تداخل في الألوان ونتج عنه تباين في المساحات اللونية ، وتأثيرات ملمسية متنوعة، وشفافية بين الألوان ، وتدرج لوني بسيط.

تطبيق رقم (٥)

معدن الأساس : ألومونيوم

الطلاء الكهربي المستخدم: نحاس احمر قلوي ، ونحاس أصفر قلوي

الألوان الناتجة عن عملية الطلاء:اللون الأحمر النحاسي ، واللون الأصفر النحاسي القاتم المائل إلى الأخضر ، واللون الأبيض الفضي (الألومنيوم).

القيمة الجمالية للمظهر السطحي الناتج: تداخلات لونية متعددة ، وتأثيرات ملمسية متنوعة ومتعددة ، وخطوط متنوعة عديدة ، والتباين بين الألوان المختلفة ، والتدرج اللوني البسيط.

النتائج :

١- ثبوت صلاحية استخدام زينكات الصوديوم كمادة وسيطة يقبلها الألومنيوم للترسيب عليه بالطلاءات التالية المختلفة.

٢- ثبوت صلاحية امكانية الترسيب بالطلاء الكهربي بطبقة من النحاس الأحمر وطبقة من النحاس الأصفر القلوي وطبقة من الفضة وطبقة من النيكل على معدن الألومنيوم المعالج بترسيب طبقة رقيقة من زينكات الصوديوم.

٣- جميع الطبقات الفلزية الرقيقة المترسبة على سطح الألومنيوم المعالج بزينكات الصوديوم متجانسة وشديدة الالتصاق ومنتظمة السمك.

٤- ثبوت صلاحية الجمع بين ترسيبات مختلفة لمعادن مختلفة على السطح الواحد في الألومنيوم .

٥- أن معالجة أسطح الألومنيوم بالطلاءات الكهربية المختلفة يكسب مظهره ثراءً جمالياً في الأعمال المعدنية والناتج عن التنوع في الألوان والملامس.

المراجع References

أولاً: المراجع العربية:

(١) أ. ماليشيف، ج. نيكولاييف، ي. شوفالوف: تكنولوجيا المعادن، دار مير للطباعة والنشر، موسكو. ص٤٧، ٤٨.

(٢) أنور محمود عبدالواحد: موسوعة الثقافة العلمية، دار الكتاب الجديد. ص ٢٢٦، ٢٢٧.

(٣) سعيد عبدالغفار: تكنولوجيا الألومنيوم، ترجمة أنور عبدالواحد، الأهرام، القاهرة. ص١٥٦.

(٤) محمد محمود عبداللطيف: المعالجات السطحية وأثرها على مظهر المنتج السياحي المعدني، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية الفنون التطبيقية، ١٩٩٤. ص٤٧.

ثانياً: المراجع الأجنبية:

(5) American National Standards, ANSI/ASTM, standard recommended practice for preparation of copper and copper base alloy for electroplating, June, 26, 1997, P.426, P.455.

(6) E. A Ollarad, Introductory: Electroplating, Robert Draper LTD, Teddington U.K., 1999, P.144, P.149.

(7) Samuel Field, and A. Dudley Weill, Electroplat London, SIR ISSAC pitman asons LTD. Sixth Edition, 1997 ; P.311-314-502-503-512.