الترسيب الكهربي للمعادن كمدخل لاثراء الأسطح الخزفية

دكتور/ منى فتحى مُحَمَّد إبراهيم

جامعة أسوان–كلية التربية النوعية– قسم التربية الفنية– تخصص خزف

ملخص البحث

من خلال دراستنا لتطور فن الخزف عبر العصور نرى أن اهمية الخزف وضحت في ظل أهداف راسخة متصلة بحياه الناس تجمع بين الأصالة والحقائق العلمية والفنية والتكنولوجيه وبين احتياجات بيئة المجتمع ، الأمر الذي يتطلب ضرورة البحث حول الجوانب التعليمية والفنية والاقتصادية كمصدر أساسي للوقوف على تطور فنون وصناعة الخزف ، مما دعى الباحثة لاسلوب جديد لزخرفة الخزف عن طريق الترسيب الكهربي للمعادن على السطح الخزفى سواء كان نحاس ، فضة ، ذهب أو غيرها من المعادن .

ويهدف البحث الحالي إلى زخرفة الأسطح الخزفية بالمعادن عن طريق الترسيب الكهربي .

وتوصلت نتائج البحث إلى:

إمكانية ترسيب النحاس على السطح الخزفى

مقدمة :

يعد الخزف من أقدم الفنون التي ظهرت في التاريخ حيث نشأ في البداية مع حاجة الانسان للأدوات اليومية وتطور عبر العصور المختلفة وتعددت تشكيلاته من حضارة لأخرى حيث كان التأثير الواضح لثقافة وعقيدة كل حضارة على الأعمال الخزفية ، ومما لا شك فيه أن الأعمال الخزفية التي تنتج الآن تعتبر إرثاً مقتبساً من الحضارات القديمة وعن الأجداد حيث دقة الصنع والتنفيذ مع تطور وحداته والتقنيات والتصميمات ، كما تنوعت زخارفه عبر العصور حيث تميز كل عصر بزخارف مختلفة عن الآخر من حفر بارز وغائر وتطعيم وتفريغ وتحزيز وترخيم وطلاءات ملونة لامعة وشفافة .فالتاريخ يؤكد أن صناعة الفخار والخزف من أرقى الفنون التي عرفتها الإنسانية وأن مراحل التطور التي مرت بها أكدت الابداع الفني ووحدة الحضارة لمختلف العالم .

ومن خلال دراستنا لتطور فن الخزف عبر العصور نرى أن اهمية الخزف وضحت في ظل أهداف راسخة متصلة بحياة الناس تجمع بين الأصالة والحقائق العلمية والفنية والتكنولوجيه وبين احتياجات بيئة المجتمع ،الأمر الذي يتطلب ضرورة البحث حول الجوانب التعليمية والفنية والاقتصادية كمصدر أساسي للوقوف على تطور فنون وصناعة الخزف وارتباطها مع كثير من المؤسسات الانتاجية .

فن وصناعة الخزف تحتوي على فروع تخصصيه متعددة مما تشكل دعائم أساسية ومحاور خاصة للتفهم الكامل للابداع الفني وتوجيه البحوث العلمية إلى تقنيات جديدة ، مما دعى الباحثة لاسلوب جديد لزخرفة الخزف عن طريق الترسيب الكهربي للمعادن على الأسطح الخزفية سواء كان نحاس ، فضة ، ذهب أو غيرها من المعادن .

مشكلة البحث:

تتلخص في التساؤلات التالية:

- كيف يمكن إثراء الأسطح الخزفية بالترسيب الكهربي للمعادن ؟
- هل هناك إجراءات متبعة لإثراء الأسطح الخزفية بالترسيب الكهربي للمعادن؟

فرض البحث:

- يمكن إثراء الأسطح الخزفية بالترسيب الكهربي لبعض المعادن .

أهمية البحث:

- إلقاء الضوء على مدخل جديد لإثراء الأسطح الخزفية بزخرفتها بالترسيب الكهربي لبعض المعادن.
- فتح افاق جديدة في استخدام تقنيات مختلفة في مجال معالجة الأسطح الخزفية.
- زخرفة السطح الخزفي بطرق جديدة .

هدف البحث :

- الإمكانيات الفنية والتقنية للترسيب الكهربي للمعادن في إثراء الأسطح الخزفية جمالياً

حدود البحث :

- طينة الجسم المستخدمة، تم استخدام نوعان من الطينة:

- الطينة الاسوانى.
- الطينة البيضاءوتتركب من (40%كاولين :20% بولكلى :10%فلدسبار: 30%كوارتز).

- يقتصر البحث على الترسيب الكهربي للمعادن على معدن النحاس دون غيره من المعادن الأخرى.

منهج البحث :

يتبع البحث المنهج التجريبي .

أولاً الاطار النظري:

- الخزف وطرق زخرفته.
- الترسيب الكهربي.
- طريقة طلاء ترسيب المعادن على المواد الغير موصلة للكهرباء.

- الترسيب الكهربي والخزف.

ثانياً :الإطار العملي:

- يعتمد البحث على تجربة ذاتية تقوم بها الباحثة .
- تطبيق النتائج على بعض الأعمال الخزفية .

أولاً الإطار النظري:

عرف الفخار والخزف المصري منذ أقدم العصور حيث بدأت المحاولات الأولى باستخدام الطين الموجود على ضفاف النيل ، وتدرج الانسان في تنوع إنتاجه وزخرفة الأواني بما يتلاءم مع احتياجاته ، فالأواني صنعت لتسجيل تطور البشرية من خلال ما نقش عليها من تسجيل لأحداث التاريخ والإبداع الفني ، فصناعة الفخار وجدت منذ الاف السنين .

وبدأت صناعة الخزف في مصر منذ فجر التاريخ وازدهرت في عصر القدماء المصريين والعصور الإسلامية حيث كان التقدم في الألوان والنقوش والزخارف التي ميزت كل عصر عن الأخر حيث تميز العصر الاسلامي بزخارفه الهندسية والنباتية والحيوانية وغيرها من العناصر الطبيعية المجردة ثم جاء العصر القبطي والذي كان امتداداً لذلك الفن .

فالتأثيرات والملامس اللونية من المجالات الرئيسية التي لها اعتبارات هامة في التصميم الخزفي ، والعلاقات الجمالية الخاصة للمسطحات والأجسام الخزفية تلازمها التقنيات الدقيقة في مكونات خلطات الألوان وأساليب تحضيرها ووسائل تطبيقها ودرجات الحرارة التي تحرق عندها .

ومجال الخزف بتصميماته وأسلوب تشكيله وزخرفته له ارتباط وثيق بحياة الناس والفكر الثقافي والاجتماعي والسعي وراء تطوير منتجات الخزف له من الاعتبارات الخاصة من التقنيات الفنية والمعاملات التكنولوجية والعوامل المؤثرة في جماليات فنون وصناعة الخزف.[1]

[1] – قدري محمد أحمد:الإبداع ظاهرة طبيعية في فن وصناعة الخزف،كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان، بدون دار نشر،2000،ص118

ومن أساليب تطبيق الزخارف على السطح الخزفي:

- الزخرفة قبل الحريق مثل الحز، الزخرفة بالكبس والضغط ، التمشيط ،الإسكرافيتو ،التفريغ، الزخرفة البارزة ،الزخرفة بالطينة السائلة ،الترخيم،التطعيم ، التيراسيجلاتا.[2]
- وزخارف بعد الحريق كالزخرفة بالشبكة الحرارية ،ألوان تحت الطلاء،ألوان فوق الطلاء، الرسم بالفرشاه،التذهيب ،البريق المعدني.[3]

الترسيب الكهربي:

الترسيب الكهربي هو الترسيب على المعادن، السبائك، المواد غير المعدنية وتتم عمليات الطلاء الكهربي بغرض الزينة ، حماية الاسطح وتحقيق الكفاءة بتكلفة أقل من الطرق الأخرى ، تغيير خواص الأسطح للمواد لتحسين شكلها ومظهرها وزيادة مقاومتها للتآكل ومقاومة الكيماويات والاحتكاك وزيادة صلادتها ،وكانت بدايته في عام 1840: 1910م وأصبح عملية تكنولوجية مع التطور في الأجهزة وتوفر الكيماويات عالية النقاء منذ عام 1930م ، ويتم الترسيب بالعديد من المعادن كالنحاس والنيكل والحديد والفضة والذهب والبلاتين ، وفيه تنتقل أيونات المعدن (الانود) من خلال المجال الحامضي ، القلوى أو المتعادل وتترسب على الكاثود (السطح المراد طلاؤه) . [4]

"الترسيب الكهربي هو عملية الطلاء التي يتم فيها نقل ايونات المعادن في محلول بواسطة مجال كهربائي لتعطي إلكترون، تستخدم هذه العملية التيار الكهربائي لازالة الكاتيونات من مادة مرغوبة في المحلول وتغطي مادة موصلة للكهرباء بطبقة رقيقة من هذه المادة ، كمعدن معين مثلا. وتستخدم هذه العملية في المقام الأول للتغليف بطبقة من مادة معينة لتضفي خاصية مرغوب فيها علي المادة الاساسية، **و**تغمر كلا من المكونات في محلول

---

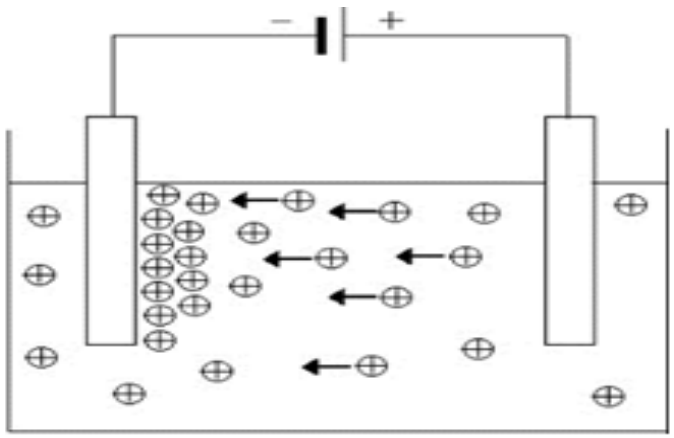
(2) DK, Jess Jos : Complete Pottery Techniques: Design, Form, Throw, Decorate and More, with Workshops From Professional Makers, Dorling Kindersley Ltd,London 2019, p156:154.

(3) Elizabeth Priddy ;Five great Pottery Decorating Techniques ,A how- to guide for decorating ceramic surfaces,ceramic art daily.org, ceramic publications company,2012,p10: 12.

(4)- مُحَمَّد أحمد خليل: الصناعات الكيميائية الصغيرة ، القاهرة،المكتبة الاكاديمية، ص131 ، 2009

يسمى الكتروليت يحتوي على واحد أو أكثر من الأملاح المعدنية الذائبة وكذلك الأيونات الأخرى التي تسمح بتدفق الكهرباء. مصدر الطاقة هو تيار مستمر موصل بالقطب الموجب، مما يؤكسد ذرات المعدن التي يتألف منها المصعد (الآنود anode)• ويسمح لها بالذوبان في المحلول. عند القطب السالب يتم ازالة ايونات المعدن الذائبة في المحلول عند المهبط (الكاثود Cathode) ♦،فتلتصق الايونات بالكاثود، وبذلك يكون معدل ذوبان القطب الموجب يساوي المعدل الذي يطلي به الكاثود بالتوازي مع التيار المار بالدائرة، في هذه الحالة الايونات تتجدد باستمرار من خلال الدائرة في محلول الالكتروليت بواسطة القطب الموجب."[5]كما في الشكل رقم (1)

شكل رقم (1)



الطلاء بالنحاس :

مزايا إستخدام النحاس:

هو فلز نقى ذو لون خاص بين الحمره والبنية ويكون على شكل صفائح رقيقة ومعتدل الثمن.

طريقة الطـــلاء بالنحـاس على المعادن:

تنظف القطع المراد تغطيتها تنظيفاً جيداً ثم يحضر الحمام الآتى :

• هو قطب الدائرة الكهربائية الذي يفقد منه الإلكترونات أي ذرات النحاس وفي هذ البحث يستخدم أسلاك من النحاس

♦ هو قطب الدائرة الكهربائية الذي يترسب عليه الإلكترونات أي ذرات النحاس وفي هذا البحث هو قطعة الفخار

([5]) Ilaria Corni,Mary P. Ryan,Aldo R. Boccaccini , electrophoretic deposition: From traditional ceramics to nanotechnology, Journal of the European Ceramic Society, Volume 28, Issue 7, London,2008, P1353.

- يحضر 100 مل من محلول كبريتات النحاس النقية (1جم)
- يضاف بالترتيب 2 مل من حمض الكبريتيك المركز H_2SO_4 +1مل من حمض النيتريك المركز HNO_3 (سبق غليه او اضافة قليل من اليوريا CH_4N_2O الى الحمض المركز قبل الاستخدام للتخلص من أكسيد النيتروز N_2O الموجود عادة في حمض النيتريك HNO_3)
- ينقل المحلول في وعاء سعة 150 ملى يستخدم كخلية تحليل.
- ملف من سلك النحاس (يعمل على توليد قوة دافعة كهربية لاجراء عملية نقل الشحنات من خلال الطرفين لاجراء عملية الطلاء,وهو الجزء الذى يتآكل لتكسية الجزء المراد طلاؤة.
- التأكد من وضع المهبط في الطرف السالب من الخلية والمصعد في الطرف الموجب من الخلية
- استخدام مصدر للطاقة وهو تيار مستمر لا يزيد عن 12 فولت.
- التأكد من عدم تماس القطبين.[6]

ويمكن تحضير الحوض بتركيبة افضل للحصول على ترسيب للنحاس كالتالي :

العناصر المكونة لحوض النحاس:

- 300 جرام وهو كبريتات نحاس .
- 60 لتر ماء
- ½ لتر نيتريك .
- بطارية .
- اسلاك توصيل .

[6] مُحَمَّد أسماعيل على الدرملى:الدليل في الكيمياء:الكيمياء الكهربية، مصر، دار العلم والايمان للنشر والتوزيع، ،2018، ص33:35 تصرف

طريقة اذابة المحلول :

- يتم وضع كبريتات النحاس فى 60 لتر من الماء

- يترك الملح فى الماء لمدة ساعتين مع التقليب المتقطع حتى تتم عملية الذوبان. [7]

طريقة طلاء – ترسيب معدن على – المواد الغير موصلة للكهرباء:

يجب اعداد المادة المراد الترسيب عليها من نظافة السطح بالطرق الطبيعية والكيميائية والطريقة فهى باختصار كالتالى :

- النظافة الطبيعية بغسل المنتج جيدا من الاتربة والشحوم باستخدام مذيب عضوي .

-عملية التنظيف الكيميائية بنقع وغمر المنتجات فى محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ثم الشطف جيداً في ماء نظيف عن طريق تدفق المياه على المنتج

- لترسيب المعدن كهربيا على المواد غير الموصلة للكهرباء يجب تعرضها أولا للطلاء المعدنى فمثلا مواد كالبلاستيك يمكن تلميعها بطريقة تماثل تلك المستخدمة في حالة المعادن ثم ترسيب النحاس عليها بطريقة الاختزال الكيميائي (اللاكهربية) أو برش المعدن وبذلك يكون السطح مجهزاً لترسيب المعدن المطلوب بالترسيب الكهربي. [8]

ولقد بدا استخدام الترسيب اللاكهربي على البلاستيك عام 1960 لاستخدامها في المجال الهندسي لتمكنهم من انتاج اجزاء متناهية الدقة والتعقيد وأخف وزناً وأسهل من التصنيع من المعادن ومن ثم طلاءها لاكهربياً استعدادا للترسيب الكهربي بالكروم ، النيكل أو لاستخدامها في مجالات متعددة منها أغلفة الحاسبات لمنع التداخل الكهرومغناطيسي. تعتمد عملية الطلاء الكيمائى اللاكهربى على الغمر فى محلول كبريتات النحاس وملح روشيل ثم استخدام عامل مختزل هو الفورمالهيد فيترسب النحاس على المنتج مكونا سطحا معدنيا [9]

([7]) http://www.arab-eng.org/vb/t162782-5.html / 20/3/2019

[8] مُحَمَّد أحمد خليل: الصناعات الكيميائية الصغيرة، مرجع سابق، ص135: 193 تصرف

[9] طالب أحمد الصفار، أمل نجم الدين،أحمد حاتم محسن: الترسيب اللاكهربي للنحاس على لدائن ABS البلاستيكية، المجلة العراقية للهندسة الكيماوية وهندسة النفط ،المجلد 9 العدد4 2008،ص1:4 تصرف

الترسيب الكهربي والخزف :

تم إكتشاف الترسيب الكهربي في عام 1808 من قبل العالم الروسي RUESS وكان يستخدم في التطبيق العملي في عام 1933 بترسيب الجزيئات على الكاثود وانطلاق الإلكترونات من القطب الموجب للسالب وفي عام 1990 كان يستخدم أساساً لتجهيز السيراميك التقليدي بما في ذلك ألوان المينا والخزف ، وأخذ في التطور ليستخدم في الآونة الأخيرة كأسلوب لإنتاج المواد المتطورة على نطاق أوسع سواء في النواحي التعليمية أو الصناعية.

والترسيب الكهربي يتم بتراكم الجزيئات ومدى دقتها يعتمد على قوة الكهرباء المستخدمة (معدل الترسيب) واستخدم الترسيب الكهربي في ترسيب جزيئات السيليكات (الزجاج) والألومينا على المعادن للحصول على معادن معزولة كهربياً.[10]

استخدم الترسيب الكهربي للخزف في المجال الصناعي ولكن بترسيب مادة الخزف (الألومينا) على المعادن غير قابل لتوصيل الكهرباء (عوازل ممتازة) يجعلها أكثر مقاومة للتآكل، تحمل درجة الحرارة العالية والتي تصل أحياناً إلى 4500 درجة فهرنهيت ، وفي عملية الترسيب هذه يجب مراعاه معامل التمدد الحراري بين الخزف والمعدن المطلي لكي يكون السطح ثابت وصلب وغير هش وتستخدم تلك الطريقة في بعض محركات السيارات ، أدوات القطع (التشغيل) الميكانيكي المستخدمة في آلات الخراطة ، ألبسة رواد الفضاء ،في هندسة الغزل والنسيج وكمضاد للبكتريا ومكافحة البكتريا والفطريات لذا يطلي به بعض مقابض الأبواب للحد من مخاطر العدوى، ويدخل في مكونات السيراميك المطلي الزركنيوم Zrوالماغنسيوم Mg والتيتانيوم Ti للحصول على درجة صلابة ومقاومة حرارية عالية.[11]

ومن أمثلة ذلك أيضاً ترسيب الألومينات على نسيج (سداء ولحمة) بعد طليه بالجرافيت كمادة موصلة للكهرباء ثم حرق المنتج لكي يتصلب وللتخلص من الكربون والنسيج وبذلك يبقى أنابيب من الطين الخزفي الصلبة والتي تستخدم كفلاتر أو كمرشحات

([10]) Ilaria Corni,Mary P. Ryan,Aldo R. Boccaccini , Journal of the European Ceramic Society, lectrophoretic deposition: From traditional ceramics to nanotechnology, Volume 28, Issue 7, London,2008, P1357
([11]) www.Thmasnet com/Articles/Chemicas/ceramics-coating-metals.l

كما يستخدم في صنع الألياف المجوفة ، والأنابيب التي يتم صنعها بتلك الطريقة تكون خالية من التصدع والشقوق نتيجة لتوحد طبقة الطلاء بالترسيب المنتظم.[12]

كما يمكن التحكم في المواد المراد الطلاء بها وكذلك الطبقات وسمكها حيث استخدم الترسيب الكهربي أيضاً في عمل قوالب لانتاج السيراميك وخاصة لانتاج القطع الخزفية المليئة بالتفاصيل الدقيقة .[13]

وفي دراسة محمد حامد السيد "رؤية تشكيلية مبتكرة باستخدام تقنيات الصهر المعدنى والترسيب الكهربي كوسائط تعبيرية على الاسطح الخزفية"[14]

هدفت الدراسة إلى التوليف بين الخزف والخامات الأخرى كالمعادن حيث قام بصهر شرائح وأسلاك من النحاس الأحمر على الأسطح الطينية كالطين الأسوانى والطينة البيضاء الجافة المستوية السطح (بلاطات) وغير المستوية (أوانى) وذلك من خلال مرورهما معاً في مرحلة الحريق الأول مع مراعاة ثبات المعدن على السطح الطينى أثناء الجفاف بالضغط عليه بحذر حتى لا ينكسر الشكل أو يتشقق، كذلك مراعاة إنكماش السطح الطينى أثناء الحريق والتمدد والإنسياب النسبى للنحاس عند درجة حرارة 1025 درجة مئوية، ثم قام الباحث بترسيب النحاس والنيكل كهربياً على أسطح النحاس المنصهر على الأسطح الخزفية بعد إزالة أكسدته بطريقة كهروكيميائية، ولكنه لم يقم بترسيب النحاس على السطح الخزفى مباشرة، وبذلك يختلف البحث الحالي عن تلك الدراسة في ترسيب النحاس مباشرة على السطح الخزفي بالترسيب الكهربي دون الحاجة صهره علي السطح الخزفي ثم الترسيب علية .

(12) Ilaria Corni,Mary P. Ryan,Aldo R. Boccaccini , Journal of the European Ceramic Society, lectrophoretic deposition: From traditional ceramics to nanotechnology, Volume 28, Issue 7, London,2008, P1358

(13) Sylvia Bonnas,Hans-Joachim Ritzhaupt-Kleissl, Jürgen Haußelt, Journal of the European Ceramic Society, Electrophoretic deposition for fabrication of ceramic microparts, Germany, March 2010,P1159

(14) محمد حامد السيد :رؤية تشكيلية مبتكرة باستخدام تقنيات الصهر المعدنى والترسيب الكهربي كوسائط تعبيرية على الاسطح الخزفية" دراسة تجريبية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية الفنية جامعة حلوان ، 2010

الإطار العملي:

سوف تقتصر الباحثة على الترسيب بالنحاس

ترسيب النحاس على السطح الخزفى كالتالي:

الأدوات والخامات المستخدمة :

1- حوض لترسيب النحاس (شكل رقم 2) بداخله ما يلي:

- ماء مقطر .
- كبريتات نحاس .
- سلك نحاس للترسيب.

2- محول كهربائي متعدد الجهد (شكل رقم 3)

3- جرافيت (يمكن الحصول عليه على هيئة بودرة أو أقلام من المكتبات أو من داخل البطاريات) وتم استخدام الأقلام في هذا البحث.

4- قطع خزفية وفخارية للتطبيق.

شكل رقم (2)

شكل رقم 3

القواعد التى يجب توافرها عند إجراء عملية الطلاء:

للحصول على طبقة نظيفة ومتجانسة وثابتة من النحاس:

1- يجب المحافظة على درجة تركيز محلول الطلاء .

2- التيار الكهربائي المناسبة (6-12) فولت.

3- تعتمد سمك الطبقة المترسبة على فترة الترسيب .

4- يجب أن تكون القطع الفخارية نظيفة تماماً من الأتربة أو أي ملمس دهني

5- يجب أن تكون القطع الفخارية المراد طلائها ذات مسامية وغير مصقولة لكي يثبت عليها المعدن المراد طلاؤه.

6- عند وضع الجرافيت على السطح الفخاري يجب أن يكون ذو سطح منتظم للحفاظ على انتظامية النحاس .

7- تكون الطلاءات المترسبة عادة رقيقة جدًا ويختلف سمكها حسب الفترة الزمنية المستخدمة للترسيب.

ثانيا : التجربة العملية

قامت الباحثة بالاجراءات التالية لطلاء السطح الخزفى بالمعدن :

- تشكيل بعض الاشكال الخزفية وتم حرقها حريقاً أولياً "بسكويت" في درجة حرارة 1000 درجة مئوية وطلاء البعض منها ببطانة مزججة وطلاء زجاجي مع ترك المساحات المراد الترسيب عليها بالمعدن خالية من الطلاءات الزجاجية اللامعة لإحداث الترسيب المعدنى بها .
- تجهيز حوض الترسيب.
- طلاء الاشكال الخزفية بطبقة من الجرافيت فى الاماكن المراد ترسيب النحاس عليها
- اجراء عملية الترسيب على الاشكال الخزفية كما فى صور الاعمال أرقام من (19: 24)

يعتمد الترسيب الكهربي على السطح الخزفى على كل من النقاط الآتية:

1- نوع الطين المستخدم ودرجة حرارة تسوية الطين :

- تم استخدام الطين الاسوانى والطينة البيضاء في بلاطات صغيرة 5 سم x 5 سم بسمك 1 سم محروقة حريق أولى(فخار) كما في أشكال أرقام من (4: 18).

2- تركيز المحلول : تم عمل نسبتين للمحلول كالاتى:

- 10: 20 جرام كبريتات نحاس لكل لتر ماء وكانت النتيجة عدم ترسب النحاس .
- 35: 45 جرام كبريتات نحاس لكل لتر ماء وكانت النتيجة ترسب النحاس على السطح الخزفي جيداً كما في الأشكال أرقام من (4: 24) .

3- **شكل الجرافيت المستخدم :**

يوجد الجرافيت علي شكل بودرة وعلى هيئة أقلام تباع في المكتبات كما يمكن استخدام الجرافيت المستخرج من داخل البطاريات .

تم استخدام جرافيت يباع على هيئة أقلام لكى نستطيع الرسم به على السطح الخزفى ، ويلاحظ ان تلك الاقلام يوجد منها نوعان الأول ذراته متماسكة وناعمة جدا والثانى غير متماسك الذرات ويفضل استخدام النوع الاول حتى تتغلغل ذراته داخل مسام الفخار جيدا دون أن تعمل طبقة ذات سمك غليظ من الجرافيت ويمكن اختبار ذلك بتمريره من منخل 200 مش.

ولعمل خطوط دقيقة منه يمكن تنحيف نهاية قلم الجرافيت واستخدامه كالقلم الرصاص والرسم على السطح الخزفي اي مساحة أو خطوط ثم توصيل الاسلاك والنحاس لبدء الترسيب في حوض الترسيب.

4- فرق الجهد (سرعة الترسيب) وشدة التيار الكهربي :

- استخدام محول كهربي شدة تياره 500 ملي أمبير بفرق جهد 6 :12 فولت .

5- النحاس المستخدم للترسيب :

- يجب ان يكون النحاس نقياً ولضمان ذلك تم شراءه من الشركة المصرية للمعادن بطنطا كما يمكن استخدام النحاس الاحمر الذي يوجد بأسلاك الكهرباء المنزلية .

6- **زمن الترسيب** (يتراوح الزمن بين 22: 35 دقيقة)

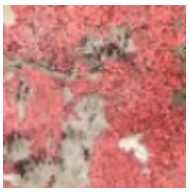
1- نوع الطين ودرجة حرارة تسويته:

تم إستخدام طينة أسوانى وطينة بيضاء على شكل بلاطات وتم تجربة الترسيب على كل منهما في درجات حرارة مختلفة وجاءت النتائج كما في الجدول رقم (1) أشكال أرقام من (4: 9)

جدول رقم (1)

درجة الحرارة	طينة أسواني	طينة بيضاء	الزمن
1000 درجة مئوية	شكل رقم (4) تم ثبات الترسيب عليها	شكل رقم (5) تم ثبات الترسيب عليها	35 دقيقة
1050 درجة مئوية	شكل رقم (6) تم ثبات الترسيب عليها	شكل رقم (7) تم ثبات الترسيب عليها	

تابع جدول رقم (1)

1100 درجة مئوية	شكل رقم (8) لم يتم ثبات الترسيب عليها جيدا كما أنه ينفصل بسهولة*	 شكل رقم (9) لم يتم ثبات الترسيب عليها جيداً في كل المساحة لدقة مسام الخزف وعدم تغلغل الجرافيت جيدا في المسام ومن ثم الترسيب *	35 دقيقة

*مما يتطلب تحضير طينة خاصة حرارية ذات مسامية متوسطة بإضافة الجروج إليها لتغلغل الجرافيت جيداً داخلها ومن ثم ثبات الترسيب

لاحظت الباحثة أثناء التطبيق النقاط التالية:

- عندما يكون سطح الطينة مستو تكون ذرات النحاس المترسبة عليه ذات سطح مستو أما عندما يكون السطح خشن يتم الترسيب بشكل غير منتظم حيث يثبت في مساحات دون الاخرى ، ويرجع ذلك إلى أنه في الحالة الأولى تكون ذرات الجرافيت متلامسة بجانب بعضها البعض على السطح الخزفي وبالتالي يكون توصيل الكهرباء أفضل ومن ثم ترسيب النحاس بشكل جيد، أما في الحالة الثانية تكون ذرات الجرافيت غير متلاصقة وبالتالي توصيل الكهرباء غير جيد ومن ثم ترسيب النحاس غير جيد ايضا.
- كما ان العينات قليلة المسامية التي تم تشطيب سطحها لدرجة الصقل انفصلت عنها طبقة النحاس بعد الترسيب ويرجع ذلك لعدم تغلغل الجرافيت والنحاس داخل ذرات الفخار.

- عند زيادة سمك طبقة الجرافيت على السطح الخزفى انفصلت طبقة النحاس المترسبة على السطح الخزفى حيث يترسب النحاس على ذرات الجرافيت السطحية والتى لا تتماسك مع ذرات الفخار فتنفصل عنه كما في شكل رقم (10)

شكل رقم (10)

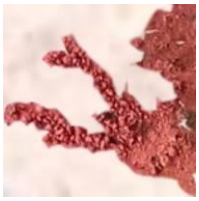
سرعة الترسيب وشدة التيار الكهربي والزمن المناسب:

تم استخدام محول كهربي شدة تياره 500 ملي أمبير وجاءت النتائج كما في الجدول رقم (2):

جدول رقم (2)

فرق الجهد	طينة أسوانى	طينة بيضاء	الزمن
6 فولت	شكل رقم (11)	شكل رقم (12)	35 دقيقة

تابع جدول رقم (2)

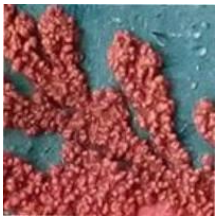
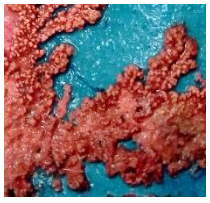
12 فولت	شكل رقم (13)	 شكل رقم (14)	22 دقيقة

- ويلاحظ عند زيادة فرق الجهد إلى 12 فولت ظهر الترسيب بشكل غير منتظم على هيئة فروع الأشجار وثابت أيضا وبذلك يمكن استغلال سرعة الترسيب هذه للحصول على شكل أخر مختلف من ترسيب النحاس لاثراء السطح الخزفى .
- وعند استخدام 6 فولت تم الترسيب ولكن احتاج لوقت أطول (35 دقيقة) كما كانت النتيجة أفضل حيث كان سطح المعدن المترسب أنعم ذو سطح مستو.
- كما تم تجريب محول كهربائي شدة تياره 1 أمبير بنفس السرعات السابقة فلم يتم ترسيب النحاس على الخزف حيث تجمعت الذرات عند السلك الموصل للكهرباء ولم تلتصق بالسطح الخزفي.
- وبذلك يكون فرق الجهد الأمثل من 6 – 12 فولت وشدة تيار 500 ملى أمبير والمدة الزمنية جاءت ما بين 22: 35 دقيقة.

- **كيفية دمج الطلاءات الزجاجية والبطانات مع الترسيب الكهربي :**

ولدمج الطلاءات الزجاجية مع الترسيب يجب تسوية الطلاء الزجاجي وترك مكان بدون طلاء للترسيب عليه حيث أنه لا يثبت الجرافيت على الطلاء الزجاجى وبالتالي لا يمكن ترسيب كهربي عليه لأن جسمه أصبح غير مسامى. أما البطانات والبطانات المزججة تم الترسيب عليها عند 6 فولت و12 فولت كما في الجدول رقم (3) أشكال رقم (15: 18).

جدول رقم (3)

البطانات	سرعة ترسيب 6	سرعة ترسيب 12
بطانة	شكل رقم (15)	 شكل رقم (16)
بطانة مزججة	شكل رقم(17)	 شكل رقم (18)
الزمن	35 دقيقة	22 دقيقة

- تم اضافة نسبة 10% من كبريتات النحاس للطينة أثناء تحضيرها قبل الحريق ثم تسويتها عند 1000 درجة مئوية وعند الترسيب عليها جاءت النتيجة أفضل وأسرع (يتطلب ذلك مزيد من الابحاث للاستفادة من هذه التجربة) .

مما سبق يتضح ان هناك بعض العوامل التى تتحكم في عملية الترسيب الكهربي للنحاس على السطح الخزفى وهي كالتالي:

- **درجة حرارة حريق المنتج الخزفي**: حيث تم الترسيب على الفخار المحروق في درجة حرارة 1000: 1050 درجة مئوية ولم يثبت الترسيب على الأسطح المحروق في درجة حرارة 1100 درجة مئوية.
- **مدى نعومة وصقل السطح الخزفى**: فالأسطح المصقولة والشبه مصقولة لم يثبت عليها الترسيب لعدم تغلغل الجرافيت في مسام السطح الخزفي.

- **درجة تركيز المحلول**: فكانت نسبة 35: 45 جرام كبريتات نحاس لكل لتر ماء أفضل لترسيب النحاس على السطح الخزفي.
- **سمك طبقة الجرافيت على السطح الخزفي**: فعند ذيادة سمك طبقة الجرافيت تنفصل طبقة النحاس المترسبة على السطح الخزفي لأن الجرافيت في تللك الحالة أصبح عازل بين السطح الخزفي وطبقة النحاس المترسبة.
- **زيادة فرق الجهد الكهربي المستخدم**: كلما قل فرق الجهد كلما حصلنا على طبقة منتظمة من النحاس المترسب وكلما زاد كلما حصلنا على سطح غير مستو يمكن عمل به أشكال كفروع الشجر لإثراء السطح الخزفي.

صور الاعمال المنفذة بالترسيب الكهربي :

عمل رقم (1):

إناء فخار من الطينة الأسواني

رسم عليه بالجرافيت زخارف نباتية بسيطة ثم تم ترسيب النحاس عليه.

الابعاد :ارتفاع 15x قطر7سم

شكل رقم (19)

عمل رقم (2) :

إناء خزفي من الطين الأسواني

تم طلائه بطلاء زجاجي مع ترك الجزء المراد ترسيب النحاس عليه دون طلاء (فخار).ثم طلاء الجزء المتبقى دون طلاء زجاجي بالجرافيت لترسيب النحاس عليه .

الابعاد:ارتفاع 22 سم x قطر13 سم

شكل رقم (20)

عمل رقم (3)

حلى خزفية شكلت بطينة بيضاء وتم ترسيب النحاس عليها في مزاوجة بين اللون النحاسي واللون الابيض لقطعة الحلي

الابعاد:طول5سمxعرض3سم xسمك0.5سم

شكل رقم (21)

عمل رقم (4)

حلى خزفية شكلت بطينة بيضاء طليت ببطانة مزججة سوداء في بعض الاماكن وتركت أغلب المساحات البارزة لترسيب النحاس عليها لعمل تباين في الدرجات اللونية. استخدم سلك نحاس الملفوف حولها للتعليق منه.

الابعاد : طول6سم x عرض3.5 سمx سمك0.7سم

شكل رقم (22)

عمل رقم (5)

حلى خزفية شكلت بطينة بيضاء ،طليت ببطانة ملونة زرقاء وبعض المساحات تركت بيضاء بلون الطينة لاحدات تباين لوني، ووضع الجرافيت على بعض الاماكن البارزة وتم ترسيب النحاس عليها

الابعاد طول11سم xعرض7.5سم x سمك0.3سم

شكل رقم (23)

عمل رقم (6)

شكل رقم (24)

حلى خزفية شكلت بطينة بيضاء تم طلاءها ببطانة ملونة زرقاء وحمراء وتركت بعض المساحات بيضاء وتم ترسيب النحاس في بعض الاماكن،

*ويلاحظ شكل الترسيب أعلى القطعة حيث الذرات غير المنتظمة على شكل فروع الشجر عكس الجزء السفلى وهذا يرجع إلى زيادة سرعة الترسيب في هذا الجزء.

الابعاد :

طول10 xعرض7 سم x سمك0.5سم

عمل رقم (7)

شكل رقم (25)

حلى خزفية شكلت بطينة بيضاء تم طلاءها بطلاء زجاجى وبطانة مزججة وتركت مساحة لترسيب النحاس عليها. واستخدم سلك النحاس الملفوف حولها في التعليق منها.

الابعاد:

طول6.5xعرض4سمxسمك0.6سم

النتائج :

تم الترسيب باستخدام النحاس وجاءت النتائج كالتالي:

1- امكانية طلاء الاشكال الخزفية بالنحاس عن طريق الترسيب الكهربي .

2- يمكن الترسيب الكهربي على الطينة الأسوانى والطينة البيضاء في درجة حرارة 1000:1050 درجة مئوية ولكن عند تسويتهما في درجة 1100درجة مئوية لا يثبت النحاس المترسب على السطح الخزفي لعدم ثبات طبقة الجرافيت على السطح .

3- امكانية زخرفة الأسطح الخزفية بالترسيب الكهربي عن طريق الرسم بالقلم الجرافيت ثم الترسيب عليه.

4- عند استخدام فروق جهد مختلفة تم الحصول على تأثيرات مختلفة من شكل النحاس المترسب على السطح الخزفي.

5- كلما كان فرق الجهد أقل كلما كان سطح النحاس المترسب أكثر انتظاماً.

6- الحصول على طلاء معدنى على السطح الخزفى دون عملية اختزال كما هو متبع في البريق المعدنى مع اختلاف طبيعة كل تقنية.

7- امكانية الدمج بين الترسيب الكهربي للمعادن والطلاءات الزجاجية او البطانات على الاسطح الخزفية.

8- لا يمكن الترسيب الكهربي على الاسطح الخزفية المصقولة وشبه المصقولة لفقدهما عنصر المسامية.

9- عند زيادة طبقة الجرافيت تنفصل طبقة النحاس المترسبة.

10-فرق الجهد الأمثل للترسيب من 6 – 12 فولت وشدة تيار 500ملى أمبير.

التوصيات :

1- تجريب معادن اخرى في الترسيب الكهربي على الاسطح الخزفية والدمج بينها.

2- تجريب أنواع أخرى من الطينات للترسيب عليها.

3- دراسة عمل التطعيم على السطح الخزفي بالمعدن عن طريق الترسيب الكهربي.

4- محاولة الوصول للترسيب الكهربي على الطلاء الزجاجي.

5- دراسة أثر اضافة كبريتات النحاس للطينة وعمل ترسيب كهربي عليها بعد الحريق بمعادن مختلفة .

6- يمكن اعتبار طبقة النحاس المترسبة طبقة اساسية لترسيب معدن اخر عليها

7- امكانية استخدام الترسيب الكهربي على الخزف في الناحية التعليمية لسهولة تطبيقها.

المراجع :

أولا المراجع العربية :

1- قدري مُحَمَّد أحمد:الإبداع ظاهرة طبيعية في فن وصناعة الخزف،كلية الفنون التطبيقية جامعة حلوان،2000.

2- مُحَمَّد أحمد خليل: الصناعات الكيميائية الصغيرة ، القاهرة،المكتبة الاكاديمية، 2009

3- مُحَمَّد أسماعيل على الدرملى:الدليل في الكيمياء:الكيمياء الكهربية، دار العلم والايمان للنشر والتوزيع، 2018

الرسائل العلمية والابحاث المنشورة:

4- طالب أحمد الصفار، أمل نجم الدين،أحمد حاتم محسن: الترسيب اللاكهربي للنحاس على لدائن ABS البلاستيكية، المجلة العراقية للهندسة الكيماوية وهندسة النفط ،المجلد 9 العدد4 2008.

5- مُحَمَّد حامد السيد :رؤية تشكيلية مبتكرة باستخدام تقنيات الصهر المعدنى والترسيب الكهربي كوسائط تعبيرية على الاسطح الخزفية، دراسة تجريبية، رسالة دكتوراه غير منشورة، كلية التربية الفنية جامعة حلوان ، 2010

المراجع الأجنبية :

6 - DK, Jess Jos : Complete Pottery Techniques: Design, Form, Throw, Decorate and More, with Workshops From Professional Makers, Dorling Kindersley Ltd, 2019.

7- Elizabeth Priddy ;Five great Pottery Decorating Techniques ,A how- to guide for decorating ceramic surfaces,ceramic art daily.org, ceramic publications company,2012.

8-Ilaria Corni,Mary P. Ryan,Aldo R. Boccaccini , Journal of the European Ceramic Society, lectrophoretic deposition: From

traditional ceramics to nanotechnology, Volume 28, Issue 7, London,2008.

9-Sylvia Bonnas,Hans-Joachim Ritzhaupt-Kleissl, Jürgen Haußelt, Journal of the European Ceramic Society, Electrophoretic deposition for fabrication of ceramic microparts, Germany, March 2010.

10- Elizabeth Priddy ;Five great Pottery Decorating Techniques ,A how- to guide for decorating ceramic surfaces,ceramic art daily.org, ceramic publications company,2012

المواقع الإلكترونية:

11-http://www.arab-eng.org/vb/t162782-5.html

12 -www.Thmasnet com/Articles/Chemicas/ceramics-coating-metals.l

Electrical deposition of minerals as an input to enrich the ceramic surfaces

Dr/ Mona Fathy Mohamed Ebrahim

Aswan University-Faculty of Specific Education-Art Education Dept.

Abstract:

Through the study of the development of ceramic art through the ages, we see that the importance of ceramics has been clarified in the light of the established goals related to people's life, combining the originality and the scientific, technical and technological facts with the needs of the community environment. This requires the need to research about the educational, , Which prompted the researcher to a new style of ceramic decoration by electrostatic deposition of metals on the ceramic surfaces, whether copper, silver, gold or other metals

The current search aims at Decoration of ceramic surfaces with metals by electrophoresis.

The results of the research reached:

possibility of coating the ceramic and pottery forms of metal by electrolysis.