تأثير اضافة مسحوق الرخام المصري للطينات الحرارية لتناسب تطبيق الطلاء الزجاجي التينموكو

أ.م د/ ماهر حسين محمد عراقيب
استاذ الخزف المساعد
قسم التعبير المجسم
كلية التربية الفنية جامعة المنيا

Prof. Dr. Maher Hussein Muhammad Araqib
Assistant professor of ceramics
Stereoscopic expression section
Faculty of Art Education, Minya University

محمد عطية عباده علي
باحث دكتوراة تخصص الخزف
قسم التعبير المجسم
كلية التربية الفنية جامعة المنيا

Mohamed Attia Ebadah Ali
PhD researcher specializing in ceramics
Stereoscopic expression section
Faculty of Art Education, Minya University

المستخلص :

ان فن الخزف هو أحد اهم الفنون التي تعتمد على الخلط بين اكثر من عنصر وخامة تجتمع في يد الخزاف لينتج عمل خزفي وظيفي أوعمل فني يجمع بين الفن والوظيفة ،حيث ان فن الخزف احد الفنون التي تعتمد على جيولوجيا المكان التي تنتج فيه وتحمل تراثة ومفاهيمة الثقافية واسلوب حياته ومتطلباتها الاجتماعية والدينية فتخرج منتجات متنوعة في مفهومها وتشكيلها الفني تحمل مواصفات وتراث وحضارة تلك الأرض التي صنعت فيها ،حيث أن خلطات الطينات الحرارية تعتمد في تركيباتها على مستخرجات القشرة الأرضية التي تحتوي على الكثير من المعادن والأكاسيد والمواد الترابية والعناصر البراكانية مما يجعلها تحمل الكثير من الخصائص الكيميائية والفيزيائية التي تعمل على تحسين خواصها ومنها (اتساع المدى الحراري وتحمل التغيرات الحرارية ،وجود الكثير من العناصر الكيميائية التي تسهم في تحسين التزجيج وابراز السمات الجمالية للطلاءات الزجاجية ،تتسم بالشفافية والنقاء الي تتطلبها بعض أنواع الطلاءات الزجاجية ،تحقيق التوازن ما بين المسامية والأمتصاص ،تمتز بالقوة والصلادة والثبات ضد عوامل الأنكماش والتمدد) تلك الخصائص التي تكون الفارق في تشكيل اجسام خزفية تناسب عمليات التزجيج في بعض الطلاءات الزجاجية الخاصة التي تحمل بعض الخصائص الجمالية الفريدة ومنها الطلاء الزجاجي تينموكو ،الذي يعتمد في نجاحة وظهور تأثيراته اللونية وانماطة الفنية على التوافق الكيميائي والفيزيائي ما بين الجسم الخزفي ومكونات التزجيج الخاصة به.

The effect of adding Egyptian marble powder to refractory clays to suit the application of tinmoko glazes

Abstract:

The art of ceramics is one of the most important arts that depends on mixing more than one element and material that come together in the hands of the potter to produce a functional ceramic work or a work of art that combines art and function, as the art of ceramics is one of the arts that depends on the geology of the place in which it is produced and carries heritage, cultural concepts, and style. His life and its social and religious requirements produce various products in their concept and artistic formation that carry the specifications, heritage and civilization of that land in which they were made, as the mixtures of thermal clays depend in their formulations on extracts from the earth's crust, which contain many minerals, oxides, earthy materials and volcanic elements, which makes them carry many properties. Chemical and physical properties that work to improve their properties, including (widening the thermal range and withstanding temperature changes, the presence of many chemical elements that contribute to improving the glazing and highlighting the aesthetic features of glass coatings, characterized by the transparency and purity required by some types of glass coatings, achieving a balance between porosity and absorption, it is characterized by (strength, hardness, and stability against shrinkage and expansion factors) are these properties that make the difference in forming ceramic objects that are suitable for glazing operations in some special glazes that carry some unique aesthetic properties, including the Tenmoku glaze, which depends for the success and appearance of its color effects and artistic patterns on chemical and physical compatibility. Between the ceramic body and its glaze components.

خلفية المشكلة :-

تحتوي صخور الرخام على الكثير من الخواص الفيزيائية والخصائص الكيميائية التي تتشابهة في تكوينها مع بعض مكونات الطينات الحجرية (Stoneware clay) عالية الحرارية ة التي يكون لها العامل الأكبر في نجاح الطلاء الزجاجي تينموكو والحصول على خصائصة الجمالية وانماطة الفنية ،حيث أن صخور الرخام تحتوي على نسب من العناصر الكيميائية المستخدمة في تركيبات الطلاء الزجاجي تينموكو مثل الحديد وبعض صيغة الكيميائية (كبريتيد الحديد ،سليكات الحديد) والكالسيوم والسليكا وبعض الماغنسيوم.

الخصائص الكيميائية لصخور الرخام :-

تتكون صخور الرخام من الكالسيت $CaCO_3$ (كربونات الكالسيوم) التي تحتوي على مجموعة (أملاح وحمض الكربونيك) ومن المثير للاهتمام أن الكالسيت هو أكثر المعادن البيولوجية شيوعًا حيث أنه تشكل من خلال العديد من طبقات اجسام الصدف وهياكل اللافقاريات ،كما يتكون رخام الدلوميت أثناء إعادة بلورة لكربونات الكالسيوم والماغنسيوم $CaMg(CO_3)_2$.([1])

وعند الحديث عن الخصائص الكيميائية الأساسية للرخام ،تجدر الإشارة إلى أنه يحتوي دائمًا على الأقل على جزء صغير من المعادن والمركبات العضوية الأخرى مثل (أكسيد الحديد ،كبريتيد الحديد ،السيليكات ،الكلوريت (عامل منجم يشبه الميكا) ،الإيدوت (سيليكات الحديد مع الألومنيوم والكالسيوم) ،اليمونيت (ركام معدني ،وهو خليط من هيدرات أكسيد الحديد) ،كربونات المنجنيز ،الجرافيت (تعديل الكربون) ،البيتومين (الراتنج الجبلي).([2])

فروض البحث:-

يفترض الباحث استخدام مسحوق الرخام المصري في انتاج طينات خزفية ذات خواص حرارية وكيميائية تناسب الطلاء الزجاجي تينموكو.

أهداف البحث:-

الحصول على طينات خزفية ذات خواص حرارية وكيميائية تناسب تطبيقات الطلاء الزجاجي تينموكو من خلال استخدام مسحوق الرخام المصري في تركيباتها.

[1] - https://study.com/academy/lesson/marble-rock-structure-types-uses.html
[2] - https://geology.com/rocks/marble.shtml

أهمية البحث:-

تكمن أهمية البحث في :

١ – الأستفادة من استخدام بعض الخامات المهدرة من تصنيع الرخام المصري في انتاج طينات تتحمل درجات الحرارة العالية).

٢ – استخدام تلك الطينات في انتاج اجسام خزفية تتوافق في خصائصها الحرارية والكيميائية والطلاء الزجاجي تينموكو وبيان ذلك في ابراز التأثيرات الجمالية والفنية له.

حدود البحث:-

١ – انتاج تركيبات للطينات الحرارية من خلال استخدام (مسحوق الرخام المصري ،الجروك ،الكوالين ،البولكلي ،البنتونيت).

٢ – اضافة مسحوق الرخام المصري بنسب (٢٠% ،٢٥% ،٣٥%) لتركيبة الطينات.

٣ – القيام بعمليات اطلاق النيران في درجات حرارة (١١٦٠م° : ١١٨٠م°)

منهج البحث:-

١ – يعتمد البحث على المنهج التجريبي لبيان اضافة مسحوق الرخام المصري بنسب (٢٠% ،٢٥% ،٣٥%) في تركيبة طينات لانتاج اجسام خزفية تناسب الطلاء الزجاجي تينموكو.

٢ – يعتمد التجريب على مجموعة خطوات منتظمة ومحددة تسبق الانتهاء من العمل للوصول إلى نتائج مستهدفة.

مصطلحات البحث:-

مسحوق الرخام:-

هو أحد أنواع الصخور الرسوبية التي تتكون من خلال ترسيبات للحجر الجيري مع بعض المكونات الأخري من كربونات الماغنسيوم ،اكسيد الحديد ،ثاني اكسيد السليكون عن طريق الحرارة العالية والضغط الشديد وعلى المدى الطويل تتغير درجات الحرارة والضغط على نسيج وبنية الصخور الكلسية فتتحول بفعل تلك التغيرات إلى رخام.([1])

[1] - ج . د . تيريل – مباديء علم الصخور – ترجمة ونشر دار الفكر العربي – سنة ١٩٦٢ – ص١١٧

الطينات الحرارية:-

هي مجموعة متنوعة من الطينات التي تحمل عدة عناصر من المعادن والأكاسيد والمواد الترابية والتي تحتل حوالي ٧٥% من مساحة القشرة الأرضية ومنها بعض الطينات التي تتنوع من حيث الكتله والشكل واللون حسب تنوع معادنها وتركيباتها الجزيئيه والكيميائيه.([1])

تعريف اجرائي للباحث:-

هي خلطات مكونة بنسب محددة من عدة انواع من طينات وعناصر تتحمل درجات الحرارة العالية وتستخدم لصنع اجسام خزفية تتميز بنسب جيدة من درجات اللدونة واللازبية والمسامية والأمتصاص التي تتوافق وتطبيقات الطلاءات الزجاجية عالية الحراره ومنها طلاء التينموكو.

الطلاء الزجاجي تينموكو-:

هو أحد الطلاءات الزجاجية ذات التأثيرات الخاصة التي خرجت من ثقافات وحضارات شرق اسيا (الصين) ثم امتدت إلى (اليابان) من خلال الكهنة البوذيين ويتميز عن غير من الطلاءات بعدة خواص كيميائية تؤدي إلى تحولات لونية على السطح الخزفي تكون ذات نتائج فريدة حيث تحتوي على بريق ذو لون أحمر من أوكسيد الحديد على خلفية سوداء ،يتم ذلك بإضافة (الفلسبار والتلك والدولوميت والكالسيوم والكوارتز) إلى تلك التركيبات وتكون نسبة استخدام اكسيد الحديد أكثر من ١٠٪ فتظهر على السطح الزجاجي مجسمات مرقطة تشبة النقط الزيتية وتأثيرات ملمسية تشبة فراء الأرانب ،ويتم تناول التينموكو بأسماء مؤثراتة المختلفة منها (بقعة الزيت ،بقعة النمر،عين الجنة ،عين السماء ،فرو الأرنب) .([2])

[1] - علام محمد علام – علم الخزف الجزء الاول – مكتبة الانجلو المصرية – سنة ١٩٠٥ ص ١٧٣.
[2] - ماهر حسين عراقيب ،طلاء التينموكو فن قديم برؤية الفن المعاصر (دراسة نظرية)،بحث منشور بالمجلة العلمية لكية التربية النوعية ،جامعة المنوفية ،المجلد التاسع ،العد الثاني و الثلاثون ،نوفمبر ٢٠٢٢.

الاطار النظري :-

التركيب الكيميائي لحجر الرخام:-

يتكون من ٥٠٪ واكثر من كربونات الكالسيوم، كما يحتوي ايضا ايضا على كربونات الماغنيسيوم وأكسيد الكالسيوم وأكسيد المنجنيز وثاني أكسيد السيليكون واكسيد الحديد والعديد من الجسيمات المعدنية القلوية ،وعادة ما يكون له أنماط لونية ذات ملامس بصرية واضحة.([1])

جدول رقم (١) التركيب الكيميائي لرخام الكالسيت:-

مكونات صخور رخام الكالسيت							
كربونات الكالسيوم		كربونات الماغنسيوم		أكسيد حديد		ثاني أكسيد سليكون	
CaCO3	%٤٧	MgCO3	%٤٧	Fe 2 O 3	%٣	SiO 2	%٣

هناك ايضا الرخام الذي يعتمد في تركيبة على نسب عالية من معدنة الدلوميت ويسمى برخام الدلوميت.

يطلق إسم الدولوميت على الصخر الذى يتكون من كربونات الكالسيوم و الماغنيسيوم بالنسب التالية :-

((CaCO3) = 54.3 %) + (MgCO3) = 45.7%).([2])

جدول رقم (٢) التركيب الكيميائي لرخام الدولوميت:-([3]).

مكونات صخور رخام الدلوميت					
دلوميت CaMg(CO3)2				ثاني أكسيد سليكون	
CaCO3	%٥٠	MgCO3	%٣٥	SiO 2	%١٥

جدول رقم (٣) درجة الانصهار للعناصر المكونة لخام الرخام (الكالسيت ،الدولوميت) ([4])

العنصر	الرمز الكيميائي	نسبة العنصر	درجة الانصهار الحراري
كربونات الكالسيوم	CaCO3	%٤٧ :%٥٠	٨٢٥ م°
كربونات الماغنسيوم	MgCO3	%٣٥ : %٤٧	٩٩٠ م°

[1] - https://ar.kaunited.com/news/the-distinction-between-granite-and-marble-57959454.html

[٢] - محمد عزالدين حلمي - علم المعادن - مكتبة الأنجلوالمصرية - سنة٢٠٠٢ ص ٣٩٣.

[3] - https://www.researchgate.net/figure/Chemical-composition-of-dolomite.

[4] - https://5.imimg.com/data5/YZ/MZ/BK/SELLER-105808956/dolomite-lump.pdf

اكسيد الحديد	Fe 2 O 3	%٢ : %٤	١٥٦٥ م°
ثاني أكسيد السليكون	SiO 2	%٣ :%١٥	١٧١٠ م°
الدلوميت	CaMg(CO3)2	%٦٠ :%٨٥	٢٥٧٠ م°

انواع الطينات الحرارية:-

تعتمد انواع الطينات الحرارية على نسب المكونات الخاصة بها من جيولوجية القشرة الأرضية المستخرجة منها والتي تحمل عناصر تكسبها الخصائص التي تتميز بها من (الصلادة ،نسب اللدونة ،اللازبية ،النقاء ،المسامية والأمتصاص ،المدى الحرري الجيد).

تلك الخصائص التي تكون الفارق بين الطينات وتشكيل الاجساب الخزفية ،كما انها تكون عامل الربط الاساسي لتكوين بعض الطلاءات الزجاجية التي تحمل بعض الخصائص الجمالية الفريدة ومن تلك الطينات (طينة الكوالين "Kaolin" أو الطينة الصينية "China Clay" – طينة البول كلي"Ball Clay" – طينة البورسلين (porcelain).([1])

بعض خصائص الطينات الحرارية :-

- تتسم باتساع المدى الحراري وتحمل التغيرات الحرارية.
- غنية بالعناصر الكيميائية التي تسهم في تحسين التزجيج وابراز السمات الجمالية للطلاءات الزجاجية.
- بعض الانواع منها تتسم بالشفافية والنقاء الي تتطلبها بعض أنواع الطلاءات الزجاجية.
- التوازن ما بين المسامية والأمتصاص.
- قوة الصلاده والثبات ضد عوامل الأنكماش والتمدد.

التوافق الكيميائي بين الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي

ان الطينات الخزفية بمثابة العمود الفقري لفن الخزف بمعنى انه لا يقوم أي شكل بدونها، فهي النواة الأساسية لبناء الأشكال ،وبالرغم من تواجدها في الطبيعة بصورة متوفرة ومتنوعة إلا أن بعضها يكون غير صالحة لإنتاج الخزف ،كونها تختلف في خواصها الطبيعية وتحليلها وتركيبها الكيميائي ،حيث يوجد منها أنواع تصلح للتشكيل

[1] - https://mineralmilling.com/ar/

بصورتها الطبيعية، وأنواع أخرى تحتاج للمعالجة وإضافة بعض المواد لها لتحسين خواصها الحرارية والكيميائية وذلك حتى تكون جاهزة لعملية التشكيل. [١]

ان تركيبة طينات الأجسام الخزفيه عالية الحرارة وما تحتوية من عناصر لبعض الاكاسيد المعدنية والصواهر والمزججات يكون لها الأثر الكبير في ظهور الخصائص الجمالية للطلاء الزجاجي من حيث تأثيرات اللون والملمس مع التحكم في نسب سيولة وإنزلاق الطلاء ،حيث أن بعض الطلاءات الزجاجية ذات التأثيرات الخاصة تتطلب اجسام خزفية تدخل في تركيباتها مواصفات كيميائية تكون من أحد أهم العوامل في نجاحها ومنها (قوة وصلادة وشفافية الجسم الخزفي وتشبعة بعناصر السيلكا والزنك (الطلاء الزجاجي البلوري)، (طلاء البريق المعدني) يعتمد على جسم املس المسام ذو درجة نقاء وشفافية عالية ،اعتماد (طلاءات التينموكو) على اجسام خزفية محملة بنسب عالية من عنصر الحديد ،اضافة بعض العناصر للتحكم وضبط نسب السيولة والأنزلاق وزيادة المدى الحراري تحمل التغير المفاجأ في درجات الحرارة والعمل على تحسين خواصها من خلال مساهمة عنصري الألومنيوم والكالسيوم في كلا من طينات الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي لذلك كان للخزاف أن يضيف بعض العناصر التي تسهم تحسين عملية التوافق الكيميائي والفيزيائي ما بين الجسم الخزفي ونوعية الطلاء الزجاجي المواد تحقيق خواصة الجمالية على السطح الخزفي.

التوافق الفيزيائي بين الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي :-

ان العلاقة الترابطية بين الجسم الخزفي وكيمياء الطلاء الزجاجي يعتمدها فناني الخزف عن طريق حسابات موضوعة مسبقا يتم فيها معرفة المدى الحراري للجسم الخزفي وبيان توافقة مع درجة حرارة الطلاء الزجاجي التي يتم فيها نضج التزجيج وظهور خصائصة الجمالية على سطح الشبكة الزجاجية ،حيث أن هناك بعض الطلاءات الزجاجية تحتاج لبعض التقنيات الحرارية والفيزيائية لاظهار قيمها الفنية ومن تلك التقنيات الحرارية (الاختزال ، الأكسدة ، الصدمات الحرارية ، التثبيت الحراري) تلك التقنيات التي يعتمد نجاحها على اكتمال التوافق الحراري في (تحمل درجات الحرارة العالية – تحمل الجسم للتغيرات الحرارية المفاجئة) حيث يتمم التوافق ما بين الجسم الطلاء ،توافق التمدد والانكماش الذي يسهم في نجاح التزجيج وعدم التعرض لتهشم الجسم والزجاج الذي ينعكس بدورة على مجموع الخصائص الجمالية من تأثيرات لونية وملامس البصرية تحتويها الشبكة الزجاجية على السطح الخزفي .

[١] - عبد الغني الشال :" فن الخزف" ، كلية التربية الفنية ،جامعة حلوان،القاهرة، ٢٠٠٠ ،ص ٣٣.

حيث تتجسد جماليات الزجاج من خلال طبيعة تكوين الشكل الخزفي وعناصرة مع استخدام تقنيات الخزف المتنوعة لبناء الاجسام وتطبيق الطلاء الزجاجي ،التي تبدأ في الظهور من خلال نتائج بعض التأثيرات والمعالجات على الأسطح الخارجية للجسم الخزفي والتي تعتمد على خصائص الجسم ومكونات الطلاء مع توافق تقنيات الحريق من حيث (الاكسدة ،الاختزال ،الصدمات الحرارية ،التبريد) وبناءعلى ذلك تظهر النتائج التي تمثل النظام و النسق الذي ييعتمده الخزاف نتيجة خليط محكم بين خبراته الفنية وخاماتة المادية التي تهدف إلى إنتاج شكل له مواصفات جمالية محددة مسبقا.[١]

لذلك يعتمد التناغم بين مكونات العمل الخزفي على التبادل التوافقي بين تركيبات عناصرة الماية والفنية في كلا من الجسم والطلاء من خلال مجموع اللون والتقنية والتشكيل والحجم ،حيث أن بناء العمل الخزفي هو الامتزاج والتكافؤ بين كل تلك العناصر يكملة ذلك الأتحاد المادي الذي يخرج منه أتحاد فني وفلسفي وجمالي يحقق الذاتية الموضوعية للفنان ما يظهر على عملة من خصائص فنية تتصف بالجمال.[٢]

لذلك لزم على الخزاف أن تتكون لديه الخبرة الكافية التي تمكنه من تشكيل وتطويع تلك المعطيات حتى يتعامل معها بشكل يحقق البعد التعبيري والجمالي الذي يريدة لانجاح عمله الفني.

التأثير النوعي والتطابق بين الطينات الخزفية والطلاء الزجاجي:-

تتمتع بعض بعض أنوا الطينات ببعض العناصر والخواص التي تكون اما عامل من عوامل نجاح الطلاء أو تكون سببا في فشلة :-

أ- المسامية والأمتصاص :-

وهي مساحة المسام داخل جسم الطين المحروق ،ويشار إليه أيضًا باسم الامتصاص ،الذي يقاس بوضع عينة دخل الماء وبعد تشربها بالسائل يعاد الوزن من جديد ويتم حساب الزيادة في وزن العينة ،كالأجسام الخزفية من الطين التي سوف تزجج في الفرن والتي سوف تتكاثف وتتقلص وبالتالي سوف تقل مساحة المسام وبالتالي فإن المسامية المئوية للجسم هي مؤشر على درجة التزجيج كما تشير المسامية أيضًا إلى استنباط حساب قوة تماسك الشكل بالمقارنة مع التنوع في بعض العينات التي يتم حرقها في درجات حرارة مختلفة إذا كان لها مسامية أكبر أو أقل مثل الفرق بين مسامية البورسلين ومسامية الطينات الحجرية والترابية فمسامية البورسلين تكاد تكون صفر

[١] - أمل مصطفي إبراهيم : "الفنون التعبيرية في العصر الحديث "، مرجع سابق ،ص٤٣.
[٢] - راوية عبد المنعم عباس - "الحس الجمالي وتاريخ الفن"، دار المعرفة ،٢٠٠٥ ،ص ١٠٧.

مسامية أما مسامية الأواني الحجرية والأواني الترابية يمكن أن يكون أعلى بكثير صفر (ما يصل إلى ٣٪) ،ومن ثم يجب أن يكون إطلاق نار يتجاوز ذلك إذا تم قياس المسامية على نطاق درجات الحرارة للجسم ومن الممكن إنشاء رسم بياني للحصول على تمثيل مرئي لمدى نضج الجسم يتضح فيها من خلالها حساب الاوزان والمسامية بالرسم البياني مقابل درجة الحرارة بانخفاضاتها وارتفاعها داخل الحريق فيؤدي ذلك إلي نتاج يحسب المخاريط الحرارية لانواع الطينات المستهدفه مع درجة الحرارة .

ب- الشفافية :-

تعتمد بعض انواع الطلاءات الزجاجية ذات التأثيرات الخاصة على دة نقاء الجسم الخزفي وخلوة من الشوائب حيث أن هناك بعض انواع من الطينات التي تعطي العتامة للطلاء لما تحملة من عناصر معتمة بنسب عالية مثل الألومنيوم الذي يسبب العتامة للتزجيج .

ان الطينات النقية المغلقة المسام من انواع الخامات التي يعتمد عليها بناء الاشكال الخزفية الخاصة بالطلاءات الزجاجية التي تحمل مسمى البريق المعدني حيث ان ما تحملة من السمات الجمالية يعتمد على نقاء الجسم الخزفي ونقاء ودرجة طحن الطلاء لذلك فكل منهما يكمل الأخر للوصول لجمال العمل.

ج- التمدد والتقلص:-

ان كلا من الجسم الخزفي والجسم الزجاجي له معدل تمدد خاص حسب تركيب مكوناته ،حيث أن الجسم الخزفي له معدل للتمدد والتقلص يختلف عن الجسم ،لذلك يعتبر التجانس بينهما في تلك الخواص نتيجة مباشرة للتوافق كما ان بعض ظواهر عدم توافق كلا من الجسم والتزجيج تحدث بسبب بعض الخواص الفيزيائية بين الجسم الخزفي وطبقة التزجيج وسببها أن مواد الخزاف هي معادن وللمعادن خاصية التمدد والتقلص بفعل الحرارة والتبريد وبما أن عناصر الجسم الخزفي تختلف من حيث النسب عن مواد التزجيج وتختلف في معامل التمدد بينهما مما يدي إلى عدم التطابق من حيث معدلات تغيير الحجوم نتيجة تفاوت نسب التمدد والانكماش بين كلا من الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي .([1])

[1] - Hamer, Frank. The potter, Dictionary of materials and Techniques, New York, 1975,No : 166 – 167.

الاتجاة للدمج بين الخامات لتحسين خواص الطينات :-

منذ قدم التاريخ كانت صناعة الخزف من الفنون التراثية الوظيفية التي تعتمد على انواع من الطينات المواجدة في بيئة الخزاف وتحت أقدامة حيث يستخدمها في محيطة الداخلي ولكن التقدم الزمني والعلمي اصبح الخزف احد اهم الفنون التشكيلية التي لها دور باروز في إحياء التراث ،حيث أن فن الخزف الحالي لا يعتمد على مكان أو زمان ولكن اصبح يعتمد على تقنيات فنية تنتج تأثيرات جمالية يمكن لها أن تنتقل من بلد إلى أخر حيث برز دول العلم في القضاء على المشاكل التي تقابل الخزاف من اختلاف تكوين الخامة وصعوبة الحصول على تركيباتها ومعرفة محتواها الكيميائي وعناصر تكوينها سواء كانت (طينات الجسم ،مكونات الطلاء الزجاجي ،صناعة الافران وتطور تقنيات الحريق فيها) كما كان دور العلم في التحليل والكشف عن أسرار الخامات والمكونات فاصبح ذلك الجزء معلوما لدى فناني الخزف الذي اتجهو إلى تحسين الكيميائية والفيزيائية وصنع التوافق والتكامل بين كلا من الجسم الخزفي و الطلاء الزجاجي من حيث حساب معدلات الأنكماش والتمدد ،تأثير التغيرات الحرارية على كلا من الجسم و الطلاء ،التوازن بين نسب المسامية والأمتصاص ،التحكم في الانماط الفنية والتأثيرات اللونية للطلاء الزجاجي من خلال المعرفة العلمية المسبقة التي اتاحت له التحكم ومعرفة درجات الحريق وحساب النسب وتأثير نتائج اضافة العناصر الكيميائية والأكاسيد المعدنية للطلاء الزجاجي .

وقد كان التوصل إلى نسب وخواص كيميائية وفيزيائية متوازنة للطينات يلزمة التوافق بين أكثر من مادة وعنصر داخل مفردات العمل الفني ،سواء كان ذلك الدمج لتحسين خواص الحريق أو اللون أو ميكانيكا الجسم الخزفي التي يستلزمها العمل أو من خلال بيان الخصائص الكيميائية والفيزيائية للطلاء الزجاجي على سطح الجسم أو ما يشمل محتوى العمل الفني كاملا مما يحقق أهدافة الفلسفية ويثري خصائص تعبيراتة الجمالية.[١]
حيث أن دمج الخامات المتعددة ذات المصادر المختلفة يعمل على توازن العملية الوظيفية مع القيم الجمالية داخل إطارالإمكانيات والحدود الطبيعية لتلك الخامات سواء كانت تشكيلية أو تقنية.[٢]

وانطلاقا من هذه المعطيات فأن دمج بعض الخامات المختلفة في عمل فني متكامل لابد من أن يحقق هدفًا ما حتى يكون له قيمة لكل من الفنان والمتذوق ومن ثم يكون للعمل الفني قيمة فنية ،حيث يلجاء الخزاف الى

[١] - حسني احمد محمد الدمرداش: الإمكانات التشكيلية للدائن الصناعية كمدخل لابتكار حليات فنية معاصرة ،رسالة دكتوراه،كلية التربية الفنية ،جامعة حلوان،القاهرة ،سنة١٩٩٠.ص٥
[٢] - رجاء حميد رشيد : تأثير استخدام طريقة الاكتشاف الموجة في تنمية تشكيل المشغولات الفنية لدى طالبات الصف الثاني المتوسط ، جامعة ديالى ،كلية التربية الأساسية ،٢٠١٣،ص٢٧.

البيئة الطبيعية فكان لخامة الطين وخصائصها النوعية أثرا في أظهار الصفات التعبيرية لجسم وسطح العمل الخزفي فضلا عن أن دمج الخامات من خلال خطة مدروسة يخرج اعمال فنية محكمة.[١]

حيث أن كثرة التنوع في الخامات داخل مجالات الفنون التشكيلية كالمنتجات الخزفية يجعل من معطيات العلم الحديث وتكنولوجيا العصر مدخلا للتعبير والتغيير ،حيث ارتبط التعبير فيها على قوانين ومعادلات ،وأصبح البعد الجمالي في الأعمال المقدمة ذا مرجعية علمية في الكثير من الأحيان ،فأنعكس ذلك على المنتج جماليا واصبح مليء بالكثير من القيم الجمالية والدلالات التعبيرية التي تختلف باختلاف المؤثرات والخامات داخل بنية العمل الفني للشكل الخزفي داخلة وخارجة .[٢]

مما يستوجب على الخزاف الأهتمام بالعلم الحديث في مجالات التحليل المعملي والقياس والوزن وتنسيب الخامات ومعرفة مدى التغيير الكيميائي والفيزيائي والميكانيكي للجسم والطلاء الزجاجي بما يسهم في إعطاء نتائج مرضية تظهر على العمل في عدة صور جمالية ذات تأثيرات لونية على السطح الزجاجي.

حيث ان عملية الدمج بين بعض أنواع الطينات تسهم في تحسين الخواص الميكانيكية والحرارية والفزيائية للجسم الخزفي مما ينعكس على تحسين الخواص الكيميائية والفيزيائية والحرارية للطلاء الزجاجي الذي ينتج مجموعة من التأثيرات الجمالية على الاسطح الخزفية.

لذلك لم يعد الدمج بين الخامات في الخزفيات المعاصرة مجرد وسيط مادي بل أصبحت بفضل الرؤى الفنية الجديدة للحركات التشكيلية الحديثة عنصرا تشكيليا ذا قيمة جمالية في ذاتها وفي خواصها التركيبية والحسية التي اكتشفها الخزافون المعاصرون وأكدوا ألوانها وقيمتها السطحية ومن تنوع الملامس وأثرها التشكيلي العام في العمل الخزفي فأصبحت مصدرا لإبداع الفنان.[٣]

ومن خلال ذلك يمكن تصنيف عملية الدمج للطينات الخزفية في عدة نقاط وهي:-

١- الدمج لحسين الخواص الحرارية وتشمل ،زيادة المدى الحراري ،التغير الحراري المفاجي (الصدمات الحرارية ،التعلية والتبريد ،التثبيت الحراري) ،القيام بالتقنيات الحرارية (الاختزال ،الأكسدة) حسب القياس الحراري للتزجيج.

٢- الدمج لتحسين الخواص الفيزيائية (الصلادة ،التمدد ،الانكماش ،المسامية ،الامتصاص)

[١] - نبيل عبد الله الراضي العابدي:سمات التعبير في الخزف العراقي المعاصر، مجلة جامعة بابل،كلية الفنون الجميلة،العدد١، ٢٠١٤،ص١٥٤.
[٢] - عادل علي عبد العزيز شعث :الأبعاد الجمالية لتكنولوجيا النحت البارز على الخامات لاستحداث صياغات وتقنيات جديدة في النحت البارز، ،جامعة حلوان ،مصر،.ص١٣
[٣] - أماني عيد احمد الحازمي ،مرجع سابق ،ص٥٧.

٣- الدمج لتحسين توافق الجسم الخزفي مع الخواص الكيميائية والفيزيائية للطلاء الزجاجي (زيادة قوة وتشبع اللون ،صلابة ولمعان الشبكة الزجاجية ، زيادة شدة الانعكاس الطيفي للتأثيرات اللونية) التي تنقل التزجيج إلى تأثير فني وجمالي يقصدة الخزاف.

بعض انواع المواد المضافة التي تعمل علي تحسين خواص خلطات الطينات:-

الجروج:-

وهو خامة عبارة عن حبيبات ناعمة صغير تنتج من خامة الطين بعد الحريق وتطحن داخل كسارات لتخرج حبيبات ناعمة صغيرة توضع على مخلوط الطينات الخزفية بنسبة تتراوح ما بين (١٥ : ٥٤%) فتعمل على تحسين خواصة الحرارية.([1])

رمل السليكا:-

يحتل نسبة من ١٣% إلى ٢٠% في تركيب بعض الخلطات وهي من المواد الخام التي لايخلو منها الجسم الخزفي سواء في صورة كوارتز أو رمل او ضمن مكونات الفلسبار أو الكوالين فتعمل على زيادة الصلابة إلى الطينات كما انها تعمل على تحسين الخواص الحرارية للطلينات وتحسين الخواص الكيميائية للتزجيج المتواجد على سطح الجسم الخزفي .

يستخدم على نطاق واسع حيث أنها تحسن قوة التماسك للطين الرطب عند بناء الأشكال ويساعد في خفض درجة تكلس الطين بسبب محتواه العالي من السيليكا كما انه يحسن خواص التزجيج والخواص الحرارية للطينة.([2])

الكالسيوم (Ca):-

يستخدم الكالسيوم بصورة واسعة في تركيب خلطات الطينات حيث أنه من العناصر التي تعمل على تقليل معدلالت التمدد والانكماش وزيادة القوة الميكانيكية للطينات كما انه يعمل على زيادة المدى الحراري للخلطات ،يكسب ترطيبة الطينات الصلادة ،كما يكسبها ارضية ذات لون ابيض نقي تسهم في ظهور قوي لتباين الألوان والتأثيرات على سطح الجسم الخزفي.

[1] - طة يوسف طة – - رسالة دكتوراة- الراكو في الخزف المعاصر كمصدر لإثراء تدريس الخزف (دراسة تجريبية)- كلية التربية الفنية – جامعة حلوان – جمهورية مصر العربية سنة ١٩٩٤ ص ٢٠٧.

[2] - عبد العالم محمد عبد الكريم – علم المعادن وتطبيقاتة – الجزء الخامس - المعادن والرواسب الاقتصادية- معادن الخامات-المعادن في الصناعة – بحث منشور - جامعة الزقازيق - سنة ٢٠١٦ – ص ٧٦-٧٧.

الماغنسيوم (Mg):-

يرتبط الماغنسيوم ببعض العناصر مثل كربونات الكالسيوم ،التلك ،الدلوميت يعمل على تقوية الربط بين عناصر الخلطة وزيادة الكثافة وتقوية الاتصاق كما يحسن الخواص الحرارية .[١]

من خلال دراسة خام الرخام وما يحتوية من بعض العناصر التي تتحمل درجات الحرارة العالية ،والتي تتوافق في بعض العناصر وتركيبا الطينات عالية الحرارة ،ايضا وجود أكثر من قاسم مشترك بينها وبين بعض العناصر التي تدخل في تركيبات الطلاء الزجاجي تينموكو (اكسيد الحديد ،اكسيد السليكون ،كربونات الكالسيوم) فوجب على الباحث الاتجاه لاجراء التجارب وتحليل نتائجها.

الإطار العملي (التجربة العملية):-

تجربة استطلاعية لبيان مدى خصائص التركيبة:-

جدول رقم (٤) خلطة رقم (١) على شكل (بلاطة ١٠سم *١٠سم)

المواد والنسب المضافة					درجة الحريق
مسحوق الرخام	جروك	كاولين	بول كلي	بنتونيت	١١٨٠م°
%٢٠	%٢٠	%٢٠	%٢٥	%١٥	

١ – يتم خلط المواد الجافة بنسبها المقررة بالجدول خلطا جيدا بعضها ببعض

٢ – يتم اضافة نسب من الماء تبعا وتقلب ثم تستكمل اضافة الماء حتى يعلو سطح الخلطة ب٣ملي من المياة.

٣ – يتم وضع الخلطة داخل كيس من البلاستيك المحكم ثم يتم لفها بقطعة من القماش وتترك لتختمر وتتفاعل مكوناتها ببعضها البعض وتترك في الجو الخاراجي لمدة ٥ ايام.

٤ – يتم اخراج الخلطة ثم تفرد على قطعة من القماش القطني وتقلب وتعجن حتى يتم اخراج الماء الزائد منها حتى تكون على الدرجة المطلوبة من اللدونة للقيام بعملية التشكيل .

٥ – يتم التشكيل في بالاطات ١٠*١٠سم وتغطى بقطعة من القماش القطن ثم تترك للجفاف.

٦ – بعد عملية الجفاف يتم وضع الاشكال في الفرن و القيام بعملية الحريق على مرحلتين.

[١] - ماهر حسين محمد عراقيب – استحداث تركيبات للطلاءات الزجاجي البلوري من الخامات المحلية لإثراء جماليات الأسطح الخزفية- رسالة دكتوراة – جامعة المنيا – سنة ٢٠١٢- ص ١٤٧.

٧ – المرحلة الأولى الحريق مع فتح تهوية الفرن وضبط تعليل درجة حرارة الفرن الكهربائي على درجة متوسطة حتي الوصول إلى ٣٥٠م°.

٨ – عند الوصول درجة ٣٥٠م° يتم اطلاق الفرن داخل حريق مستمر حتى الوصول لدرجة الحرارة المطلوبة.

نتائج التجربة الاستطلاعية:-

شكل رقم (١)

شكل رقم (٢)

صور التجربة الأستطلاعية

تحليل نتائج التجربة الأستطلاعية:-

١ – تطاير وتهشم اجزاء من البلاطة نتيجة عدم التوافق الجسم الخزفي والحريق في درجة حرارة ١١٨٠م° .

من خلال التجربة الاستطلاعية قام الباحث بتعديل درجة الحريق إلى ١١٦٠م° .

جدول رقم (٥) خلطة رقم (١) على شكل (بلاطة ١٠سم *١٠سم)

المواد والنسب المضافة					درجة الحريق
مسحوق الرخام	جروك	كوالين	بول كلي	بنتونيت	١١٦٠م°
%٢٠	%٢٠	%٢٥	%٢٠	%١٥	

يتم تناول الخطوات السابقة في دمج وتشكيل خلطة الطينات.

نتائج التجربة رقم(٢):-

شكل رقم (٣)

صورة التجربة رقم (٢)

بلاطة ١٠*١٠سم

تحليل نتائج التجربة رقم(٢) شكل رقم (٣):-

١ – ظهور جيد لميكانيكا الجسم الخزفي في درجة الحريق ١١٦٠م °.

٢ – ظهور سطح فاتح اللون لا يحتوي على اي من عناصر التهشم والألتواء.

٣ - قلة الانكماش والتقلص لجسم البلاطة بنسب لا تتعدى ٢مم من كل جانب.

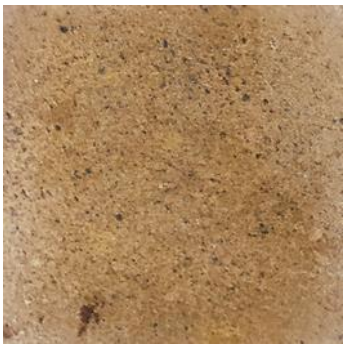
٤ – تماسك وصلادة وجودة المسامية في الجسم الخزفي.

من خلال التجربة رقم (٢) توصل الباحث إلى أن درجة الحريق المناسبة لخلطة الطينات هي ١١٦٠م° لذلك اتجه الباحث إلى تثبيت درجة الحريق ١١٦٠م° على بقية خلطات التجربة.

جدول رقم (٦) خلطة رقم (٢ ،٣)

رقم الخلطة	المواد والنسب المضافة					درجة الحريق
	مسحوق الرخام	جروك	كوالين	بول كلي	بنتونيت	
٢	%٢٥	%١٥	%٢٥	%١٥	%٢٠	١١٦٠م°
٣	%٣٥	%٣٠	%٢٠	%١٥	---	١١٦٠م°

نتائج التجربة رقم (٢ ،٣) :-



شكل رقم (٤)

صورة للتجربة رقم (٢)

شكل رقم (٥)

صورة للتجربة رقم (٣)

تحليل نتائج التجربة رقم(٢):-

ظهور جيد لبناءالجسم الخزفي (بلاطة ١٠*١٠) في درجة الحريق ١١٦٠م °من حيث :-

١ – في كلا التجربتين (٢ ،٣) شكل رقم (٤ ،٥) تبين تماسك وصلادة الجسم الخزفي مع قلة الانكماش والتقلص واحتوائة على نسب جيدة من المسامية.

٢ – ظهور جسم فاتح اللون في التجربة رقم (٢) شكل رقم (٤) .

٣ - ظهور جسم قاتم اللون في التجربة رقم (٣) شكل رقم (٥)نتيجة زيادة نسب مسحوق الرخام إلى ٥٠% مع خزف نسب البنتونيت من الخلطة.

من خلال التجارب السابقة والتي احتوت على نسب مختلفة من مسحوق الرخام المصري و التي اظهرت ظهور جسم خزفي ذو مواصفات حرارية وكيميائية جيدة من الممكن ان تناسب تطبيقات الطلاء الزجاجي تينموكو فقد اتجه الباحث إلى إجراء تجربة على ثلاث اجسام (بلاطات خزفية ١٠*١٠) من الخلطات (١ ،٢ ،٣) والقيام بتطبيق الطلاء الزجاجي تينموكو مع بيان ودراسة و تحليل النتائج.

جدول رقم (٧) يوضح تركيب قاعدة للطلاء الزجاجي تينموكو المستخدم في التجربة (١ ،٢ ،٣)

الترقيم	نوع القاعدة	المكونات							
		بوركس	بوتاسيوم	بيكربونات صديوم	فلسبار صديويم	دلوميت	سليكا	تلك	كولين
١	قلوية	%٢٥	%٤٠	-	-	-	%٢٥	-	%١٠

٢	فلسبارية	١٥%	-	٢٠%	٣٠%	١٥%	-	١٠%	١٠%

طريقة تطبيق الطلاء الزجاجي تينموكو المستخدم في التجارب :-

يتبع الباحث طريقة الطبقات (Layers) المنفصلة لتكوين الطلاء الزجاجي تينموكو على الجسم الخزفي والذي يأتي في اربعة طبقات متتالية بعضها فوق بعض وواحدة تلو الأخرى بسمك معتدل حيث يكون الطلاء الزجاجي ذو سيولة معتدلة مع التقليب المستمر عند وضع كل طبقة تبدأ بوضع طبقة متساوية السمك من الطلاء الزجاجي ذو القاعدة الفلسبارية المشبع باكسيد الحديد (طبقة أولى) وبعد تماسكة واتمام جفافة يتم وضع طبقة من الطلاء الزجاجي ذو القاعدة القلوية والمشبع باكسيد التيتانيوم (طبقة ثانية) ثم يتم تكرار الطبقة الثالثة والرابعة بنفس الترتيب والتنظيم ،حيث ينتهي الطلاء الزجاجي بطبقة التزججيج القلوية المتشبعة باكسيد التيتانيوم وتترك للجفاف ثم توضع داخل الفرن لاتمام عملية النضج.

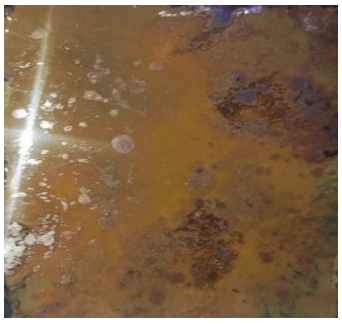
حيث تتم التجارب في درجة حريق ١١٦٠م° مع التثبيت الحراري لزمن وقدرة ٥٠ دقيقة.

جدول رقم (٨) يوضح تركيبات الطلاء الزجاجي تينموكو على بلطات التجربة (١ ،٢ ،٣)

مكونات التركيبة	تجربة	أنواع ونسب الأكاسيد المضافة											
		الأوكسيد الأول		الأكسيد الثاني		الأكسيد الثالث		الأكسيد الرابع		الأكسيد الخامس		الأكسيد السادس	
٥٠% قاعدة رقم (١) + ٥٠% قاعدة رقم (٢)	١	١٠%	حديد احمر	٥%	حديد اسود	٨%	تيتانيوم	٥%	زنك	٧%	سليكا		
	٢	١٠%	حديد احمر	٥%	حديد اسود	٩%	تيتانيوم	٥%	زنك	١٠%	سليكا		
	٧	١٠%	حديد احمر	٥%	حديد اسود	١٠%	تيتانيوم	٥%	زنك	١٥%	سليكا	١%	ك كوبلت

نتائج التركيبات (١ ،٢ ،٣) من خلال تطبيق الطلاء الزجاجي تينموكو على بلاطات خزفية مصنوعة من اضافة مسحوق الرخام المصري

شكل رقم (٦)
بلاطة ١٠سم*١٠سم
اضافة ٢٠% من مسحوق الرخام
صورة للتجربة رقم ٤



شكل رقم (٧)
بلاطة ١٠سم*١٠سم
اضافة ٢٥% من مسحوق الرخام
صورة للتجربة رقم ٥

شكل رقم (٨)
بلاطة ١٠سم *١٠سم
اضافة ٣٥% من مسحوق الرخام
صورة للتجربة رقم ٦

تحليل نتائج التجارب(٤ ،٥ ،٦)للتركيبات(١ ،٢ ،٣)من خلال تطبيق الطلاء الزجاجي تينموكو:-

١ - الحصول على توافق بين الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي متمثلا في :-

- توافق نسب التمدد والانكماش بين الجسم الطلاء في جميع اشكال التجارب.
- جودة نسب التشبع والمسامية والامتصاص في جميع اشكال التجارب.
- توفق المدى الحراري في جميع اشكال التجارب ما بين الجسم ودرجة النضج الكافي للطلاء في درجة حريق ١١٦٠م° مع القيام بالتثبيت الحراري لزمن وقدرة ٥٠ دقيقة.
- الحصول على شبكة زجاجية تمتاز بالصلابة و الشفافية وجودة الأنعكاس الطيفي للألوان في جميع اشكال التجارب.

٢ - الحصول على التوافق بين الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي والذي تمثل في ظهور قوي لبعض الخصائص الجمالية للطلاء الزجاجي تينموكو:-

- قوة وشدة التأثيرات اللونية في جميع التجارب
- ظهور بقع الصدأ على التجربة (٤ ،٥) شكل رقم (٦ ،٧) والتي تعتبر من الخصائص الجمالية للطلاء الزجاجي تينموكو.

- ظهور بعض الخصائص الجمالية للطلاء الزجاجي تينموكو في التجربة رقم (٣) شكل رقم (٨)من خلال تهشيرات الصدأ بالجانب الأيمن للبلاطة مع مجموعة من التأثيرات اللونية ما بين الأزرق والأسود والتي تختلف في درجة الكثافة والشدة تتوسطها بقع لونية فاتحة ،حيث النمط الفني تينموكو المرقط.

مناقشة النتائج:-

١ – امكانية تحسين المدى الحراري والخواص الحرارية للطينات عن طريق اضافة مسحوق الرخام المصري بنسبة ٢٠% : ٣٥% تصل بها إلى درجة حرارة ١١٦٠م°.

٢ – امكانية تصنيع طينات حرارية من خلال اضافة ٣٥% من مسحوق الرخام المصري ،تمتاز بنسب عالية من اللدونة واللازبية وقلة الأنكماش والتمدد الحراري الذي يصل إلى درجة ١١٦٠م°.

٣ – امكانية الحصول طينات حرارية من مسحوق الرخام المصرى تتوافق فيزيائيا مع الطلاء الزجاجي تينموكو من حيث الوصول لدرجة نضج الطلاء الجيدة والقيام ببعض تقنيات الحريق والتثبيت الحراري.

٤ – حصول توافق كيميائي جيد ما بين الاجسام الحزفية المصنوعة باضافة بدرة الرخام المصري وقواعد التزجيج الخاصة بالطلاء الزجاجي تينموكو (الفلسبارية والقلوية).

٥ – تسهم بدرة الرخام المصري بخواصها الكيميائية داخل خلطة الطينات في رفع درجة التفاعل الكيميائي ما بين الجسم الخزفي والطلاء الزجاجي متمثلا في جودة الشبكة الزجاجية من حيث نسبة التمدد والنكماش والأمتصاص والتشبع اللوني.

٦ – ان وجود عنصر الحديد في كلا من خلطة الطينات المحملة مسحوق الرخام المصري والطلاء الزجاجي تينموكو يسهم في حدوث تفاعل كيميائي قوي يحمل الكثير من التأثيرات الونية والخصائص الجمالية لذلك الطلاء.

التوصيات :- يوصي البحث الحالي بما يلي:-

١ – التجريب في الخامات المحلية عن طريق اعادة التدوير لبعض مخلفات الانتاج والاستفادة منها في نشاة صناعات جديدة وخفض نسب البطالة بين الشباب.

٢- التجريب في استخدام الخامات المحلية الناتجة من مخلفات تصنيع الرخام المصري وكربونات الكالسيوم في انتاج طينات حرارية تسهم في زيادة وتنوع المنتجات الوطنية .

٣- توضيح اهمية التجريب من خلال اضافة العديد والمتنوع من العناصر الترابية الناتجة عن مخلفات المحاجر الوطنية والتي تحمل الكثير الخصائص الفيزائية وبعض عناصر الاكاسيد المعدنية في تركيب خلطات للطينات الحرارية التي تناسب الطلاءا الزجاجية ذات التاثيرات الخاصة ومنها الطلاء الزجاجي تينموكو .

٤ – نشرالابحاث العلمية التي تهتم بالاستفاة من اعادة تدوير مخلفات الصناعة واسهامها في ظهور صناعات جديدة تعمل على خفض تكلفة الانتاج والحد من البطالة .

٥ – الاهتمام بدراسة وتصنيع الطينات الحرارية من المخلفات الناتجة عن صناعات المحاجر الوطنية وعمل ورش عمل فنية وتوضيح دورها في ابراز الخصائص الجمالية و التأثيرات اللونية للطلاءات الزجاجية ذات التأثيرات الخاصة لنشر مزيد من التذوق الفني والتنوع الجمالي بين محبي ودارسي فن الخزف على المستوى العام والخاص في جمهورية مصر العربية.

المراجع العربية

١ – أمل مصطفي إبراهيم : "الفنون التعبيرية في العصر الحديث "، حورس للطباعة والنشر ،القاهرة،٢٠٠١ م.

٢ – أماني عيد أحمد الحازمي– دور المفاهيم التشكيلية المعاصرة في تطور التشكيل الخزفي"، رسالة ماجستير، غير منشور، كلية التربية، جامعة ام القرى، المملكة العربية السعودية سنة ٢٠١٢.

٣ – ج . د . تيريل – مباديء علم الصخور – ترجمة ونشر دار الفكر العربي – سنة ١٩٦٢ – ص١١٧

٤ – حسني احمد محمد الدمرداش: الإمكانات التشكيلية للدائن الصناعية كمدخل لابتكار حليات فنية معاصرة ،رسالة دكتوراه،كلية التربية الفنية ،جامعة حلوان،القاهرة ،سنة,١٩٩٠

٥– راوية عبد المنعم عباس – "الحس الجمالي وتاريخ الفن"، دار المعرفة ،٢٠٠٥ .

٦ – رجاء حميد رشيد : تأثير استخدام طريقة الاكتشاف الموجة في تنمية تشكيل المشغولات الفنية لدى طالبات الصف الثاني المتوسط ، جامعة ديالى ،كلية التربية الأساسية ،,٢٠١٣

٧– طة يوسف طة– رسالة دكتوراة– الراكو في الخزف المعاصر كمصدر لإثراء تدريس الخزف (دراسة تجريبية)– كلية التربية الفنية – جامعة حلوان – جمهورية مصر العربية سنة ١٩٩٤ .

٨– عادل علي عبد العزيز شعث :الأبعاد الجمالية لتكنولوجيا النحت البارز على الخامات لاستحداث صياغات وتقنيات جديدة في النحت البارز، ،جامعة حلوان ،مصر.

٩– عبد العال محمد عبد الكريم – علم المعادن وتطبيقاتة – الجزء الخامس – المعادن والرواسب الاقتصادية– معادن الخامات–المعادن في الصناعة – بحث منشور – جامعة الزقازيق – سنة ٢٠١٦ – ص ٧٦–٧٧.

١٠– عبد الغني الشال " فن الخزف" ،كلية التربية الفنية ،جامعة حلوان،القاهرة، ٢٠٠٠ .

١١ – علام محمد علام – علم الخزف الجزء الاول – مكتبة الانجلو المصرية – سنة ١٩٠٥ .

١٢ – ماهر حسين محمد عراقيب "استحداث تركيبات للطلاءات الزجاجي البلوري من الخامات المحلية لإثراء جماليات الأسطح الخزفية" ،رسالة دكتوراة ،جامعة عين شمس ،سنة ,٢٠١٢

١٣– محمد عزالدين حلمي – علم المعادن – مكتبة الأنجلوالمصرية – سنة,٢٠٠٢

١٤ – نبيل عبد الله الراضي العابدي – سمات التعبير في الخزف العراقي المعاصر،مجلة جامعة بابل،كلية الفنون الجميلة،العدد١، ٢٠١٤.

المراجع الأجنبية

1-Hamer, Frank. The potter, Dictionary of materials and Techniques, New York, 1975,No : 166 – 167.
2 - https://study.com/academy/lesson/marble-rock-structure-types-uses.html
3 - https://geology.com/rocks/marble.shtml
4-https://ar.kaunited.com/news/the-distinction-between-granite-and-marble-57959454.html
5 - https://www.researchgate.net/figure/Chemical-composition-of-dolomite.
6-https://5.imimg.com/data5/YZ/MZ/BK/SELLER-105808956/dolomite-lump.pdf
7 - https://mineralmilling.com/ar/