مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

# استخدام البيرلايت لأنتاج زجاج بتقنية الحرقة الواحدة – Raw Glaze

**أ.م احمد عبد منشد[١]، أ.د حيدر رؤوف سعيد[٢]**

[١]القسم الفنون التشكيلية، الكلية الفنون الجميلة، جامعة البصرة، البصرة، العراق.
Ahmed.munshid@uobasrah.edu.iq

[٢]القسم الفنون التشكيلية، الكلية الفنون الجميلة، جامعة بابل، بابل، العراق.
Fine.haider.roof@uobabylon.edu.iq

## المستخلص

لقد اختص البحث الحالي بدراسة كيفية ( استخدام مادة البيرلايت لانتاج زجاج بتقنية الحرقة الواحدة ) مطبق على نماذج طينيه من طين دويخلة غير مفخورة لانتاج قطع مزججة بتقنية الحرقة الواحدة كونها تقنيه واسعة الانتشار على نطاق الشركات العالمية الرائدة بالمقارنة مع تقنية الحرق المزدوج فقد شملت الدراسة الحالية على خمس فصول شمل الفصل الأول مشكلة البحث واهميته وهدف البحث وكذلك حدودة اما الفصل الثاني فقد عني بتوضيح الاكاسيد المستخدمة في الزجاج وكذلك شمل ع بيان توضيح تصنيفات الزجاج من حيث درجات حرارتة واطئ الحرارة وعالي الحرارة وتطرق الباحث ايضا الى توضيح وتعريف مادة البيرلايت كونها المكون الأساسي لخلطات الزجاج التي تم استخدامها في البحث وكذلك المواد المضافة اليه من رماد سعف النخيل والكاؤولين وبعدها تطرق الباحث الى بيان توضيح مميزات تقنيات حرق الزجاج بحرقة واحدة والى مدى اهميتها في توفير الوقت والجهد لدى الخزاف فهي توفر سرعة في العمل وانتاجية اكبر من الطريقة التقليدية المزدوجة التي تحتاج الى وقت وجهد اكثر ثم الفصل الرابع الذي اهتم ببيان نتائج الحرق التي ضهرت لدى الخزاف وعرض النماذج التي تم اجراء البحث عليها ثم الاستنتاجات ثم التوصيات والمقترحات .

**الكلمات المفتاحية :** بيرلايت، زجاج، الحرقة الواحدة.

## Abstract

The current research is concerned with studying how to (use perlite to produce glass using the single-fire technique) applied to unfired Dweikhla clay models to produce glazed pieces using the single-fire technique, as it is a widely used technique among leading international companies compared to the double-fire technique. The current study included five chapters. The first chapter included the research problem, its importance, the research objective, and its limits. The second chapter was concerned with explaining the oxides used in glass, as well as explaining the classifications of glass in terms of its low-temperature and high-temperature temperatures. The researcher also addressed explaining and defining perlite as the main component of the glass mixtures that were used in the research, as well as the materials added to it from palm frond ash and kaolin. After that, the researcher addressed explaining the advantages of single-fire glass-firing techniques and the extent of their importance in saving time and effort for the potter, as they provide speed in work and greater productivity than the traditional double-fire method, which requires more time and effort. Then, the fourth chapter focused on explaining the results of the firing that appeared for the potter and displaying the

models that The research was conducted on it, then the conclusions, recommendations and suggestions were made.

**Keywords** :perlite, glass, single burn.

## الفصل الأول: (الاطار العام للبحث)

**مشكلة البحث** : يعد الخزف من الفنون الجميلة التي ابدعها الانسان منذ القدم ، حيث اكتشفت اولى النماذج الخزفية على ارض العراق ، وافضل شاهد على ذلك بوابة عشتار التي تنقلنا الى اسرار التراكيب الزجاجية للخزف والتي ظلت احدى عجائب الدنيا بقيمتها الفنية من جهة وبتقنيات تطبيقها من جهة اخرى ، وهكذا استمر فن الخزف بالتطور عبر الأجيال على صعيد الاشكال والتقنيات فضلا عن المواد الأولية المستخدمة حيث توصلوا الى تقنيات متعددة واكاسيد متنوعة الالوان استطاع من خلالها الخزاف ان يكون مغاير للشكل التقليدي للبناء والتحول الى مداخل جديدة متطورة ومبتكرة جاءت نتيجة لاستحداث تقنيات جديدة مغايره أثرت بشكل واضح على المنجز الخزفي ولاسيما في بلادنا هنالك الكثير من المواد المتوفرة في الطبيعة مع ندرة وجود بعض المواد الأخرى المهمة كان لزاما على الخزاف البحث عن الخامات البديلة بما ضمنه التقدم العلمي والتكنلوجي المعاصر وماتوفره الطبيعه في البيئة المحلية من بدائل متنوعه من خلال استخدام الخزف عالي الحرارة والذي يتطلب زجاج عالي الحرارة حيث يوفر لنا مواصفات جيدة ومختلفة عن الخزف الاعتيادي الواطئ الحرارة ويعتبر الخزف عالي الحرارة الذي يتكون من مواد متوفره فضلا عن كونه معتمد علميا وفنيا ومن خلال ذلك يأتي التساؤل التالي : هل يمكن استخدام مادة البيرلايت لأنتاج زجاج بتقنية الحرقة الواحدة .

**اهمية البحث والحاجة إليه:**

تكمن أهمية البحث في انتاج زجاج عالي الحرارة من خامات محلية متوفره ورخيصة من خلال البحث عن الخامات والمواد الاولية التي هي بمتناول الخزاف والتي يمكن ان تخضع لتعديل خواصها لتطابق المواد المعتمدة دوليا لفن الخزف بحيث تحقق الجدوى الاقتصادية بأعتبارها بدائل متوفره في العراق بشكل خاص وفي متناول الخزاف وكذلك الاستفادة منها في مجال اختصاص الخزف وتطبيقاته العملية حيث لا توجد دراسة عراقية او عربيه في هذا المجال والوقوف على التقنيات التي يمكن للخزاف انجازها من خلال بدائل الزجاج التقليدي وتعديل خواص الزجاج العالي الحرارة المتعارف علية والمستخدم في تزجيج الخزف الفني والصناعي .

**هدف البحث:**

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

يهدف البحث الحالي الى انتاج زجاج عالي الحرارة من مادة البيرلايت الزراعي بتقنية الحرقة الواحدة في العراق محافظة ( البصرة ) تحديدا وكذلك التعرف على مواصفات هذا الزجاج من حيث الشفافية والملمس ودرجة حرارة النضج.

**حدود البحث:**

- المواد الخام الاساسية لتركيب الزجاج :
- البيرلايت الزراعي.
- المصهرات الداخلة في خلطات :
- رماد سعف النخيل .

**المواد المضافة:**

- كاؤولين( دويخلة ) .
- رمل زجاجي ( ارضمة ) .
- الحدود المكانية: العراق ( البصرة )

**تحديد المصطلحات :**

كون ان البحث الحالي لايشتمل على مصطلحات يتوقف عندها الباحث كتعريفات وان مادة البيرلايت وزجاج الحرقة الواحدة سوف يتم تغطيتهم وتعريفاتهم تعريفا كامل وكذلك ليس لهم تعريفا اجرائيا بأعتبارهم مصطلحات اساسية واجب تغطيتها علميا في الفصل الثاني(الاطار النظري)فلم يجد الباحث اهمية لايراد مصطلحات متداولة.

## الفصل الثاني: الاطار النظري والدراسات السابقة

### بنية الزجاج : Giass Structure

" يصنف التزجيج علميا على انه تركيب يقع بين حالتي الماده الصلبة والسائلة , ويمكن اعتبار حالة رابعة للمادة بالاضافة الى الحالة الغازية, يطلق عليها بالحالة المتزججة (Vitreous State ) وهي غير متبلورة او عشوائية او تلقائية التوزيع الذري او بتعبير ادق فاقدة للدوري (Amorphous) ,وتمثل هذه المجموعة تراكيب الزجاج Glass والتزجيج Glaze والمينا (Enamel) (Bedri, Ali Haider Saleh, 2003, p. 41).يعتمد تركيب التزجيج والخزف عموماً على استخدام المواد الأولية الطبيعية اما بشكلها الخام او بعد معاملتها مخبرياً . فبعض هذه الخامات تعتمد مباشرة من الطبيعة ، ومنها ما تخضع لعملية سحق وتنعيم ، واخرى قد تتطلب تنقية بالحرارة ضمن عملية الكلسنة" ان تسخين بعض مكونات الطلاء الزجاجي مع بعضها بتكوين الزجاج الذي يطحن بدوره ويضاف الى ماتبقى من مكونات الزجاج. ويعرف الجزء الزجاجي المحروق سابقاً من الطلاء الزجاجي بالمادة المكلسنة أو المزججة (الفريت) ( Calcination ) أي التخلص من تأثير المواد العضوية والرطوبة بتعرضها الى حرارة

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

بحدود (٧٠٠) م (Bedri, Ali Haider Saleh, 2003, p. 57) وقد أثبتت الأشعة السينية الحقيقــة العلمية لتعريف الزجاج بوصفه (مادة صلبة لا عضوية في معظم الحالات عشوائية التركيب لا تمثل أي انتظام بلوري أي لا يعطي أنمــاط حيود عند فحصها بالأشعة السينية (Mcmillan . P . W, 1964, pp. 10-12)

**وحدة الصيغة (The Unity formula)**

" ان اول الدراسات العلمية التجريبية لصيغ التزجيج قام بها العالم الكيميائي هريمان سيجر (Herman Seger) عام (١٨٨٥م) والتي وصلت نتائجها الى وضع اسس علمية لصيغة خاصة بالتزجيج اطلق عليها بـــ (الصيغة التجريبية) ويشار لها بصيغة سيجر (Seger Formula) (Bedri, Ali Haider Saleh, 2003, p. 55)

" هذه الصيغة تضمنت ثلاثة مجاميع رئيسية (RO.R2O-R2O3-RO2) هذه المجاميع الثلاثة هي التي تحدد درجة حرارة الانصهار ( نضج الزجاج ) ودرجة الشفافية والعتمه بشكل رئيسي (Moynard , David, 1980, p. 87)

**أولا :** الاكاسيد الحامضية أو مكونات الشبك Acidic Oxides or Network Formers

**A**- السليكا ( Sio2) **B**- البوريك (B2O3 )

**ثانيا :** ذات التفاعلين أو الوسيطة Intermediate Oxides or Amphoteric

_ألألومينا (Al2O3 ) - أوكسيد ألبوريك ( B2O3 ) - أوكسيد ألحديد ( Fe2O3 )

**ثالثا :** الاكاسيد القاعدية أو معدلات الشبك Basic Oxides or Network Modifiers

- أوكسيد ألصوديوم ( $Na_2O$ ) - أوكسيد ألبوتاسيوم ( $K_2O$ )

_أوكسيد ألكالسيوم ( CaO ) - أوكسيد ألمغنيسيوم ( MgO )

_اوكسيد الليثيوم (Li2O ) - أوكسيد الباريوم ( BaO )

**الاكاسيد الحامضية (RO2 ) :Acidic Oxides**

" وهي مجموعة الاكاسيد المكونة للزجاج (Glaze Former) تتصف المواد الطبيعية ضمن هذه المجموعة بحالة بلورية تتحول بفعل الحرارة العالية إلى منصهر زجاجي ذو بناء غير منتظم وهذه المواد هي (سليكا SiO2) ( اوكسيد البوريك B2O3) (الفسفوروس P2O5) (الانتيموني Sb2O5) (الجرمانيوم GeO2) (السلينيوم SeO2)(Bedri, Ali Haider Saleh, 2003, p. 47)

**السليكا $SiO_2$ :**

" ان السليكا هي المسؤولة عن تكوين شبك الزجاج وهي البنية الرئيسية للزجاج , وتعبر الأكثر استخداماً في مجال الصناعة , والسليكا هي التي تلعب دوراً رئيسياً في تحديد درجة حرارة النضج لخلطات

الزجاج لذلك يتم استخدام السليكا بنسب متفاوتة حيث ان زيادة نسبتها بالنسبة للمواد الصاهرة والمواد المتعادلة ($Al_2O_3$) يؤدي الى رفع درجة النضج وزيادة اللزوجة للزجاج وأيضا تكسبه مقاومة عالية للعوامل الطبيعية والمواد الكيميائية (D.Fortuna, 2000 , p. 52) . " وتشكل السليكا وحدات بناء ذري رباعية السطوح ثلاثية الأبعاد قوامها أربع ذرات من ايون الأوكسجين السالب ($O^{-2}$) تحيط بذرة موجبة واحدة من السليكون ($Si^{+4}$) تتأصر تلك الوحدات البنائية وتترابط مع بعضها بعضا من الزوايا ويتكرر هذا الاتصال بين وحدات السليكا ينتج عنه سلسلة منتظمة تمتد بثلاث أبعاد مع مجالات محددة بين ذرة وأخرى ما يشبه خلايا النحل أي تكون منتظمة ودورية في حالتها البلورية ($SiO_2$) أما في الحالة الزجاجية تتحول إلى بناء فاقد للدورية عشوائي لكنها تشكل سلاسل متصلة وغير منتظمة (Henrik Norsker , Glazes – for the Self – Reliant Potte, 1993, p. 79) لذلك يرى الباحث ان السيلكا واحدة من المواد المقاومة للحرارة بسبب نقطة انصهارها العالية، وتتحول السيلكا من حالة سائلة ولزجة أثناء الانصهار إلى سطح زجاجي صلب وشفاف عند التبريد. ونظراً لارتفاع درجة انصهار السيلكا، يحتاج الخزاف إلى إضافة مواد مساعدة على الانصهار لتحقيق انصهار الزجاج في درجات حرارة مناسبة .

### أوكسيد البوريك Boric Oxide($B_2O_3$)

" يعد هذا الاوكسيد من الاكاسيد المتعددة الصفات اذ ينصهر في درجـــة حرارة (٣٥٠ مْ) ومكون لشبك الزجاج ، وذو معامل تمدد قليل يستخدم في تحسين معاملات التمدد العالي للزجاج التي غالباً ما تنتج زجاج متجزع (Kenny , Jhon, 1974, p. 18). وقد رأى الباحث ان لأوكسيد البوريك ومركباته القابلية على ان تذوب في الماء لذلك فلا بد من أستخدامه في الزجاج الجاهز (Frit) . " واوكسيد البوريك هو من الاكاسيد التي لها القابلية السريعة على التفاعل المبكر مع السليكا , فضلاً عن تفاعلها مع أكاسيد التلوين الاخرى وأظهار ألوانها بشكل كامل ، كما يقلل أوكسيد البوريك من معامل التبلور في الزجاج البلوري (Crystalline) فضلاً عن كونه يدخل في الخلطات لزيادة اللمعان والبريق وكمخفض للزوجة ايضاً ويوجود أوكسيد البوريك في الطبيعة بأشكال متنوعة ومن مصادره البوراكس ($Na_2B_4O_7.10H_2O$) وحامض البوريك ($B_2O_3 . 2H_2O$) والكولومنايت المائي ($2CaO.3B_2O_3.5H_2O$).(Rhodes , Daniel, 1975, p. 103) "

### 2-الاكاسيد المتعادلة $R_2O_3$ :

الاكاسيد الامفوتيرية (A mphoteic Oxides ) تمتاز الأكاسيد المتعادلة بخواص حامضية وقاعدية، ويتأثر توازنها في تركيب الزجاج بتفاعلات المحيط المتفاعلة الموجودة فيه. تعمل هذه الأكاسيد على

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

إنشاء روابط تربط بين الحوامض والقواعد، مما يعزز صلابة الزجاج ويمنحه قوة ميكانيكية وكيميائية لذلك تعد الالومينا اهم عنصر يكون متعادل في جميع أنواع التزجيج .

**الالومينا : $Al_2O_3$**

" وهي اول موازن للخزف لانها مركب امفوتيري متعادل،تذوب في درجة حرارة (٢٠٥٠مْ) وتساعد على موازنة منصهر الزجاج وتعطي ديمومة وتحافظ على درجة الانصهار في الزجاج (Chesters,J.H., 1973, p. 262).

ويرى الباحث ان وجود اوكسيد الألمنيوم (الالومينا) ($Al_2O_3$) في زجاج الخزف هو ما يميز بين الزجاج الاعتيادي (Glass) وزجاج الخزف (Glaze)، فالالومينا لا تضاف كاوكسيد لكنها تكون متحدة مع الطين ($Al_2O_3 2SiO_2 2H_2O$)

أو الفلسبار ($Na_2O Al_2O_3 6SiO_2$)

" وأغلب أنواع الزجاج يحتوي على(٥-١٥٪) من اوكسيد الألمنيوم وهذه الكمية سهلة التلاشي ، أما الكمية الأكبر فتقدر بحوالي(٢٥٪) ينفصل منها في أثناء التبريد ليعطي عتمة لونية أو سطحا مطفئا (Ryan, 1986, p. 98)

**الاكاسيد القاعدية $RO, R_2O$ (Basic oxide)**

وهي مركبات معدلة لشبكة الزجاج وتعمل على تعديل زجاج الخزف من حيث درجة الانصهار وتكون تلك القوه الانصهارية ذات علاقة عكسية مع حجم ايون الاوكسيد الصاهر، ولذلك ان وجود أكثر من اوكسيد قاعدي في وصفة الزجاج يؤدي إلى زيادة في انصهارية تركيب الزجاج.

**A_ القلويات (The AlKalies) R2O :**

وهي مجموعة اكاسيد تتفاعل مع الاكاسيد الحامضية بتأثير الحرارة لإنتاج سليكات القلويات تتصف هذه المجموعة بالانصهارية الشديدة، وإذابته التفاعلية في المنصهر مع سطح ذو لمعان جيد، ومركبات هذه المجموعة اوكسيد الصوديوم ($Na_2O$) اوكسيد البوتاسيوم ($K_2O$)) اوكسيد الليثيوم ($Li_2O$) تستخدم في أنواع الزجاج بدءاً من درجة حرارة (٨٠٠ مْ - ١٢٠٠مْ)، ويتم الحصول على هذه الاكاسيد بصيغ وتراكيب مختلفة (كاربونات, كبريتات, فلسبار, وسليكات)، ويفضل استخدام القلويات بشكل جاهز (Frit) بسبب قابليتها على الذوبان في الماء، وتتميز القلويات بسلوك مختلف من حيث الشد السطحي .

**١- اوكسيد الصوديوم $Na_2O$ :**

إن أول من استخدم اوكسيد الصوديوم في الخزف هم المصريون القدماء بهيئاة عجينة خزفية عرفت بالعجينة المصرية (Egyptpast) لإنتاج اللون الشذري " وهو احد الاكاسيد القلوية وهو من أفضل الاكاسيد القاعدية تفاعلاً مع السليكا إذ إن درجة انصهاره لوحده (٨٢٥ °C ) و يعتبر اوكسيد الصوديوم

صاهرا قويا عند أضافته إلى الزجاج حيث يتم استخدامه في درجات الحرارة العالية والمتوسطة والواطئة . إن إضافة اوكسيد الصوديوم إلى خلطة الزجاج تؤدي إلى زيادة في معامل تمددها لان معامل تمدد اوكسيد الصوديوم عالٍ جدا (D.Green, 1967, p. 44) إن مركبات الصوديوم قابلة للذوبان في الماء لذا فهي تستخدم في الزجاج الجاهز بشكل (Frit) أو بشكل فلسبار صودا حيث تبدأ فعالية الصودا بدرجة حرارة (٨٠٠ مْ) لتكون زجاج اما في درجات الحرارة العالية (١١٠٠ مْ) فما فوق يمكن استخدامها مع القواعد الترابية كاوكسيد الكالسيوم (CaO) واوكسيد الباريوم (BaO) واوكسيد المغنيسيوم (MgO) أما زيادتها في الزجاج فيمكن أن تحدث تجزع بسبب معامل تمددها العالي (Hamer, Frank:, p. 279)

### ٢_ اوكسيد البوتاسيوم $K_2O$ : Potassium oxide

" وهو من الاكاسيد القلوية القوية التي تتصف بخواص مماثلة بشكل كبير لاوكسيد الصوديوم وهو يعمل على زيادة لمعان الزجاج ومعامل التمدد يقلل من ولة الزجاج ويزيد من مقاومة الزجاج للخدش والسوائل الكيمياوية . واوكسيد البوتاسيوم اقل من اوكسيد الصوديوم نشاطاً وتفاعلا وإذابة في المنصهر الزجاجي رغم أن تفاعله يبدأ قبل أوكسيد الصوديوم بقليل أي بدرجة حرارة (٧٥٠ °C) ينتج عنه تزجيج ذو استقرارية تفاعلية ولمعان جيد وأفضل بقليل من اوكسيد الصوديوم من حيث مقاومته للإذابة والتآكل لكنه لا يستخدم وحده كأوكسيد قاعدي في تركيب الزجاج لان الناتج سيكون هشاً وضعيفاً ومتصاعداً (Hamer, Frank:, p. 215)

## B-القلويات الترابية (Alkalin Earth)

" وهي ذات قدرة انصهارية اقل من القلويات تستخدم في جميع درجات الحرارة بنسب مختلفة هي صاهر ضعيف في درجات الحرارة الواطئ والمتوسط وصاهر قوي في درجات الحرارة العالية تمنح زجاج الخزف خواص ايجابية كزيادة في الصلادة والمقاومة الكيميائية ضد التآكل أو عوامل التجوية كما تعمل على زيادة الشد السطحي وتقلل التمدد الحراري(John & Wachtman , 2009, p. 95) .

والقلويات الترابية تنتج سطح زجاجي بلمعان اقل كما تعمل على منع حدوث التصدع في السطح الخزفي، وزيادة الشد السطحي قد تؤدي إلى حدوث الانسحاب (تكتل الزجاج)

ومن أهم مركبات هذه المجموعة هي اوكسيد الكالسيوم (CaO)، اوكسيد المغنيسيوم (MgO) واوكسيد الباريوم (BaO) (Henrik Norsker, 1993, p. 60)

### ١- أوكسيد الكالسيوم Calcium oxide: CaO

" يعتبر اوكسيد الكالسيوم من الاكاسيد الصاهرة القوية في درجات الحرارة العالية وهو ضعيف أو مقاوم للصهر في درجات الحرارة الواطئة إذ يعد اوكسيد الكالسيوم مادة صاهرة فاعلة في درجة (١١٠٠ °C ) فما فوق فهو مفيد وعملي لكل أنواع الزجاج إن إضافة اوكسيد الكالسيوم بنسبة

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

( ٥-١٠٪) يمكن أن يتفاعل في درجات حرارة عالية مع الزجاج لكن مع خسارة قليلة في اللمعان ومتانة عالية أما إضافته بنسبة (٣٥٪) فذلك يشجع على نمو البلورات مما يؤدي إلى العتمة في الزجاج (Al-Busili, Ahmed Mustafa and Muzaffar Mohammed Mah, 1980, p. 148).

**٢-اوكسيد المغنيسيوم MgO: Magnesium oxide**

توجد مركبات اوكسيد المغنيسيوم في بعض الصخور الجيرية لذلك نجد اوكسيد المغنيسيوم في كل الزجاج ويعد اوكسيد المغنيسيوم من الصواهر النشطة عند درجة الحرارة العالية غير أنه أكثر فاعلية في درجة حرارة تقارب (١٢٠٠°C) إن إضافة أوكسيد المغنيسيوم تحسن من التصاق الزجاج بالجسم بينما تخفض درجة التلوين كما انه يعمل على تعديل معدل التمدد : بل انه ذو فاعلية في ظهور بعض الألوان (Al-Busili, Ahmed Mustafa and Muzaffar Mohammed Mah, 1980, p. 187).

**3-اوكسيد الباريوم BaO : Barium oxide**

يعد اوكسيد الباريوم من العناصر غير المتوفرة في الطبيعة بهيئاة معدن وذلك لان هذا الاوكسيد غير مستقر بسبب تفاعله مع الرطوبة لذا يضاف على شكل كاربونات الباريوم , والباريوم المعدني يتلوث بالهواء بسرعة وينصهر بدرجة حرارة( 850°C) ولكن درجة انصهار اوكسيد الباريوم (1923°C ) وهو مقاوم لدرجات الحرارة العالية لذا يتفاعل مع السليكا , كما يتميز بأنه مقاوم للاختزال لعدم استقراريته جعلت منه ذات تجاذب أكثر من انشطاره ويساعد على مقاومة الأحماض العضوية بينما يقود إلى تشقق في بعض أنواع الزجاج كما أن له أثرا ضارا على بعض الألوان وهو سام يجب التعامل معه بحذر (Muftah Ali al-Shibani, Al-Zamzami and Al-Shibani, 1988, p. 187)

**تصنيفات الزجاج: Glaze Classification**

**التقسيم من حيث درجة حرارة النضج**

يصنف الزجاج من حيث درجة حرارة الانصهار لدى الخزافين حسب طريقة تحضيره الخلطة الكيمياوية للزجاج الصناعي (Frit) وينقسم إلى:

**1- زجاج واطئ الحرارة (Earthen Ware Glaze):**

" وهو الزجاج الذي يحتوي على كميات عالية من الصواهر (Fluxes) كالقلويات والرصاص، والذي ينضج بدرجة حرارة اقل من درجة (1150°C) ويكون ملازماً للأجسام الخزفية الواطئة الحرارة الذي يحتوي على كميات قليلة من السليكا والالومينا (Hamer, Frank, pp. 20-21) .

ان درجة حرارة هذا النوع من الزجاج تكون بحدود (٧٠٠مْ - ١٠٥٠مْ) ويمتاز بكونه يحتوي على كمية عالية من الصواهر (Fluxs) في تركيبته ولا يتم استخدام الفلسبارات في تركيبه الا بنسب قليلة لاحتوائها

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

على نسب كبيرة من السليكا والالومينا والتي يكون لها تأثير كبير في ارتفاع درجة حرارة خلطة الزجاج (Hamilton , David, 1982, p. 132)

### 2- زجاج عالي الحرارة (Stone Ware Glaze):

" وهو الزجاج الذي يحتوي في تركيبته الكيمياوية على كمية عالية من السليكا واوكسيد الالومينيوم ويحتوي أيضاً على القلويات الترابية كـــ(اوكسيد الكالسيوم واوكسيد المغنسيوم واوكسيد الباريوم) بدلاً من الاكاسيد القلوية. وتكون درجة نضجه بين (1200-1300°C). والزجاج العالي الحرارة ذو مواصفات جيدة من حيث الصلادة والمقاومة للظروف الطبيعية والكيميائية، وكونه ذا مقاومة عالية للحوامض وخاليا من السمية ان هذا النوع من الزجاج مقاوم للخدش بشكل كبير على عكس الزجاج الواطئ الحرارة ومن الجدير بالذكر ان الزجاج العالي الحرارة يمتاز بقوة الالتصاق مع السطح الفخاري (Body) بحيث يكون الزجاج امتداد للجسم الخزفي وبطبيعة الحال فهو غير قابل للانفصال (Rhodes, Daniel , 1975, p. 171)

### البيرلايت (perlite)

" ان البيرلايت ليس اسما تجاريا ولكنه مصطلح عام للصخور البركانية ( السيليسية ) التي تتكون بشكل طبيعي وينشأ البيرلايت من مصطلح ( بيرلستاين ) (حجر اللؤلؤ) صاغة علماء النفط الالمان في عام 1925 عندما تم العثور علية لأول مرة في المانيا والبيرلايت هو نوع من الصخور البركانية والذي يحتوي عموما على الالومينا والسيليكا. وهو معدن صناعي ومنتج تجاري ومفيد لخفة وزنه بعد المعالجة , حيث يأتي من أنواع مختلفة من الصخور ويحتوي على جزيئات الماء في داخلة والبيرلايت في حالته الطبيعية عبارة عن صخرة زجاجية كثيفة تكونت بفعل النشاط البركاني وتحتوي في شكلها الخام على حوالي 3% من الماء البلوري وتبلغ كثافتها حوالي ( 1050 ) كغم ام $^{3}$ وعند تسخينه بسرعة الى درجة حرارة عالية يتبخر الماء على الفور ويفرقع البيرلايت المسحوق مثل الذرة الصفراء وتتكون حبيبات تشبه الثلج الأبيض الناتجة من العديد من الخلايا وفقاعات هوائية صغيرة مغلقة وتكون ذات كثافة خفيفة جدا وخاملة تماما ومحايدة (Mueena Samar, 2016, p. 71 )

### استخدامات البيرلايت:

" يستخدام البيرلايت في مواد عزل الصوت حيث ان البنيه الخلوية المميزة للبيرلايت وحجرات الهواء المتعاقبة تعيق انتشار الموجات الصوتية مما يجعلها أداة مثالية لتطبيقات حجر الصوت

فقد استخدم بدءا من مواد عالية الأداء الى الاسمنت لابار البترول والمياه والطاقة الحرارية وتشمل التطبيقات الأخرى استخدامة كوسيلة تصفية للأدوية والمنتجات الغذائية والمواد الكيميائية.

ومن استخداماته أيضا في عزل المباني ومن استخداماته في التطبيقات الزراعية يتم استخدام البيرلايت في جميع انحاء العالم كعنصر من عناصر الخلطات الزراعية بدون تربة ويمتاز البيرلايت بقدرته العالية على الاحتفاظ بالماء والسماد لفترات طويلة مما يقلل في استهلاك الماء والسماد (Seddeq, H, 2010 , p. 38)وبعد اطلاع الباحث على العديد من البحوث والدراسات الخاصة بالبيرلايت الزراعي توصل الى انه يستخدم لأغراض عديدة في المجال الزراعي فهو يعمل على إعطاء مسامات لتهوية التربة مما يساعد على تدفق الهواء الى جذور النباتات وهذا ما يجعلة مناسبا لجذور النباتات الحساسة ويساعد على منع تكون الماء الزائد الذي يؤثر على الجذور وكذلك يعمل على حفظ الماء والعناصر الغذائية فهو عنصر أساس في استصلاح الأراضي الزراعية الغير قابلة للزراعة.

## 2-زجاج الرماد (Ash Glaze):

" الرماد هو عبارة عن مخلفات على شكل مسحوق تكون بعد إحتراق أي مادة والرماد الذي يمكن الاستفادة منه في الخزف الحجري هو الرماد المتكون من احتراق الاشجار والنباتات حيث تكون المخلفات غير القابلة للاحتراق متكونة من مواد غير عضوية خاصة أو اوكسيدات المعادن والسليكا والتي تم أخذها من التراب خلال حقبة حياتها(Mashaykhi, Hafiz Jawad Kazem, 1991, p. 18)

" وعلى كل حال فان هذا الزجاج المتكون من حرق النباتات (الرماد Ash) يحتوي على كمية متغيرة من القلويات كالبوتاسيوم والصوديوم والسليكا والمغنسيوم والكالسيوم والحديد درجة حرارة نضج زجاج الرماد (Ash) تبدأ من ( ١٢٥٠°C) وتعتمد النتيجة على جو الفرن لتأثيره على الزجاج ، فاختلاف مصدر الوقود سواء كانت طبيعية أو صناعية تؤثر بالتالي على نوعية المنتج(Talyar , p. 135)

ويرى الباحث ان لزجاج الرماد اختلافات من ناحية التركيب الكيميائي لصنف النبات المحروق فسعف النخيل يختلف من ناحية التركيب الكيميائي عن رماد أشجار البلوط ويختلف أيضا عن أصناف النباتات الأخرى وهذا يعطي تنوع جمالي وفني للخزف الذي يستخدم فيه الرماد ويفضل الكثير من الخزافين حرق هذا النوع من الزجاج بالوقود الطبيعي للحصول على تاثيرات جمالية تختلف باختلاف نوع النبات وجو الحرق وكذلك نوعية الجسم الفخاري المطبق عليه زجاج الرماد.

## زجاج الحرقة الواحدة: (Raw Glaze)

يتم استخدام تقنية الحرقة الواحدة على نطاق واسع بالمقارنه مع طريقة الحرق المزدوج فانها تجعل من الممكن تقليل استهلاك موارد الوقود والطاقة وتقلل اجمالي وقت الحرق للمواد وهذه التقنية ،تعتبر من التقنيات الأكثر كفاءة وزيادة الإنتاج مع موارد الإنتاج الموجودة
(mailto:https://maps.app.goo.gl/SBBcci4LZuabghPK7)

"ان لتقنية الحرقة الواحدة والتي لها إيجابيات بعدم استخدام الحرق الثاني ولهذا يحتفظ المنتج في النهاية على المجموعة الكاملة المطلوبة من الخصائص الفيزيائية وهي القوة الميكانيكية وامتصاص الماء إضافة الى المقاومة الحرارية اما فيما يخص الخصائص الكيميائية فهي تتميز بانكماش منخفض واستقرار الابعاد للنموذج الفخاري واستقرار الطلاء الزجاجي على السطح الفخاري وخالي من العيوب لتركيب المعدني والكيميائي (mailto:https://maps.app.goo.gl/SBBcci4LZuabghPK7) في تقنية الحرقة الواحدة يتم تجهيز النماذج الطينية وترش بطلاء الزجاج مباشرة بعدها يتم حرقها مره واحدة فهي تلغي الحاجة الى الحرق مرة أخرى كون ان القطع الناتجة تحتفظ بمجموعة من الخصائص ( القوة، امتصاص الماء ، مقاومة الحرارة ) وذلك لان اثناء عملية الحرق يحدث تكوين قشرة السيراميك بالتوازي مع عمليات دمج الطلاء الزجاجي , لقد اكتسبت تقنية الحرق الواحدة نطاق واسع في صناعة الأدوات والاواني البيضاء ممى أدى الى تقليل تكاليف الإنتاج. ومن خلال ذلك يرى الباحث ان لتقنية الحرقة الواحدة توفير في الطاقة وكذلك الوقت الذي يتم توفيره في تحميل وتفريغ حرقة البسكويت والتي تتم فيها عملية فخر وتزجيج القطع الفخارية مره واحدة بدلا من حرقتين منفصلتين والتي تتم ببطئ شديد للسماح للشوائب الموجودة في الطين بالاحتراق إضافة الى خروج الماء الكيميائي بصوره تدريجية.

## الفصل الثالث: إجراءات البحث

### المنهج المستخدم:

لتحقيق اهداف البحث بصورة علمية ، والوصول الى نتائج يتم حسابها بدقة ، تم اختيار المنهج التجريبي الذي يعد اكثر انواع البحث العلمي دقة لكونه يقوم اساسا على اسلوب التجربة العلمية التي تكشف عن العلاقات السببية بين العوامل المتضمنة والمؤثرة فيها .

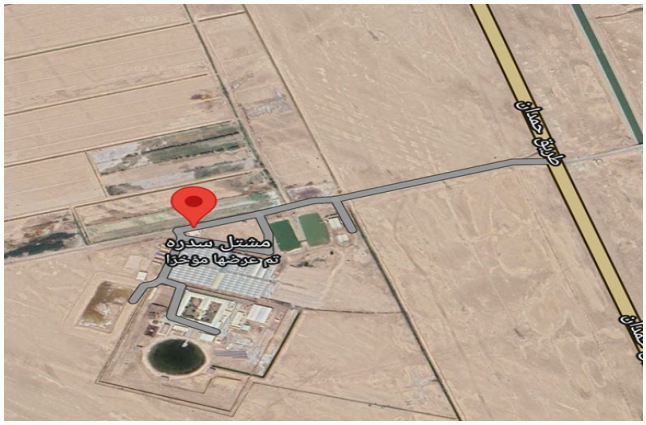
### تهيئة المواد:

**A-البيرلايت ( Perlite) :** تم الحصول على كمية من البيرلايت بمقدار ( 20 ) كغم وعلى شكل حبيبات تتراوح احجامها من (5-1) ملم كما في الشكل (1). وتم حرقها بدرجة حرارة ( 1000 ) ثم طحنت بطاحونه كرات البورسلين ( Porcelain Balls ) وكان الناتج

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

بودر ناعم ابيض اللون وبحجم حبيبي ( 100 ) مش. علما ان المادة الأولية هي عراقية المنشأ وتعامل لتكون جاهزه للاستعمال موجودة في محافظة البصرة ابي الخصيب طريق حمدان حسب الموقع المثبت في الهامش كما في الشكل ( 2 ).

شكل رقم (١)




شكل رقم (٢)

**رماد سعف النخيل :- Plam frond ash**

قام الباحث بتهيئة كمية من سعف النخيل من نخيل محافظة البصرة , وتم التأكد من نظافة سعف النخيل وخلوها من الشوائب والاجسام الغريبه , وضعت في فرن صغير معد لهذا الغرض عباره عن برميل دائري تم قطعه طوليا واخذ جزء واحد منه وتم التأكد من انه خالي من جميع الشوائب التي تسبب تلوث الرماد بأجسام غريبه وتم حرقها بدون أي مادة مساعدة للاشتعال . وبوجود تيار هوائي تركت النار مشتعله فية حتى تم الحرق بصورة جيده وتم وضع غطاء من الحديد اعلى البرميل وذلك لضمان عدم سقوط مواد غريبه فيه ولحمايته من التطاير وترك حتى يبرد تماما , وعندها تم جمع الرماد وهو عباره عن مسحوق اسود الى رصاصي فاتح وتم غربلته بغربال (Mesh 60 ) للحصول على رماد خال من اجسام خشنه.

**الكاؤلين :- kaolin**

تم تهيئة ( 20 كغم ) من كاؤلين دويخله , وهي مطحونه بطريقة العصف من الأسواق المحلية وكذلك تم الحصول على الرمل الزجاجي الأبيض ( أرضمه ) من الأسواق المحلية أيضا ولتعويض النقص الحاصل في بعض المواد وتعديل الخلطة لتلخص من اللون الأخضر الناتج من اختزال مركبات الحديد الموجودة في( البيرلايت والرماد ) والتي تعطي الزجاج مسحة لونية خضراء اقرب الى لون زجاج السيلادون الناتج من اخزال أوكسيد الحديد الموجود في المواد نتيجة الحرق في الفرن الغازي الذي يسبب اختزال . وكذلك لاضافة محتوى طيني للخلطة عند استخدامها في التطبيق على الجسم الطيني مباشرة لذا لم يتم فيها كلسنة* الكاؤلين وان الكاؤلين المستخدم في خلطات زجاج البيرلايت تم اجراء

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

عملية الكلسنه علية بدرجة (500) للتخلص من محتواه الطيني وتجولة الى أوكسيد حيث يكون سهل التعامل فيه اثناء التطبيق ولا يسبب مشاكل اثناء الجفاف ولا تشقق او تقشر من جراء وجود طين عالي المطاطية في الخلطة .

**تهيئة الطينة :-**

بعد ان تم الحصول على ( 20 كغم ) من كاؤولين دويخله , تم تحضير الطينه بالطريقة اللدنة حيث وزنت المواد واضيف لها نسبه من الرمل الزجاجي وذلك لتقليل التقلص وزيادة مقاومة درجات الحراره. حيث تم خلط المواد وهي جافه بنسبة ( كاؤولين 80% )( ورمل زجاجي 20% ) وبعد ذلك اضيف لها كمية مناسبة من الماء وتم خلطها جيدا مع الماء لتكون على شكل رائب ثم وضعت على سطح مستوي مغطى بقطعة قماش وذلك لأمتصاص الماء الزائد من الرائب , وبعد ان تم جفاف الرائب واصبح قابل للعجن وعجن

لعدة مرات للتخلص من الفقاعات الهوائية الموجودة داخل جزيئات الطين والماء المتبقي ليكون قابل للعمل به وتشكيل النماذج الطينية .

**تجفيف النماذج :-**

تركت النماذج الطينية بعد تقطيعها الى عدة أيام حيث وضعت بعضها فوق بعض وتركت وهي مغطاة بقطعة قماش وبعيدة عن أي مصدر للتيار الهوائي الى ان جفت بصورة تامة . وبعدها تم قياسها مره أخرى بواسطة أداة القدمة ( Digital Caliper ) وكما موضح في الجدول رقم ( 1 ).

| | |
|---|---|
| الطول | 83.13 mm |
| العرض | 69.22 mm |

جدول رقم (1) تجفيف النماذج

**3-10-الانكماش (التقلص الطولي):**

تنتج عن عمليات الجفاف والفخر تقلص في حجم الجسم الفخاري، مما يؤدي إلى سد المسامات التي يشغلها الماء ونتيجة احتراق المواد العضوية في درجات حرارة عالية. وجد الباحث بعد قياس أطوال النماذج باستخدام القدمة ( Digital Caliper ). ان هنالك اختلاف في قياسات النماذج عندما كانت رطبة وبعد الحرق وقد تم قياسها بعد التشكيل وهي رطبة، ثم قيست بعد التجفيف. والعلاقة التالية تمثل حساب التقلص الطولي بعد الجفاف بالنسبة إلى الحالة الرطبة.

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

$$\text{Percent Linear of dry shrink age} = \frac{P_L - D_L}{P_L} \times 100 \quad (1)$$

النسبة المئوية للانكماش الطولي الجاف "Percent Linear Of dry Shrink age" حيث ان

$P_L$ = الطول الطري

$D_L$ = الطول الجاف

**تهيئة خلطات التزجيج :-**

بعد عملية طحن البيرلايت , تم وزن كميه منه وعمل خلطتين واضيف اليه نسب مختلفة من رماد سعف النخيل . حيث قام الباحث بعمل نموذج من الخلطه ورمزت الاولى ( A ). وبعدها تم وضع نسبة مختلفة من الكاؤلين ورماد سعف النخيل على النموذج الثاني للخلطة ورمزت بحرف ( B ) . وبعدها تم إضافة مقدار مناسب من الماءعلى الخلطات, وخلطت جيدا ثم مررت بمنخل الزجاج قياس ( 120-100) مش

**3-تطبيق الزجاج :-**

وعندما أصبحت الخلطات جاهزة للعمل بها وتطبيقها على النماذج الطينية المجهزة مسبقا حيث استخدم الباحث طريقه الرش على النماذج وبسمك اعتيادي من (١-١.٥ملم ) . وبهذا الشكل أصبحت النماذج جاهزة لادخالها في فرن غازي ذو تيار علوي . والشكل رقم ( 3 ) يوضح الفرن الغازي المستخدم .

شكل رقم (٣) يوضح الفرن الغازي

**برنامج الحرق لزجاج البيرلايت :**

قام الباحث بوضع النماذج المطبق عليها الزجاج داخل الفرن الغازي بابعاد ( عرض 60 سم وعمق 60 سم وارتفاع 120 سم ) حيث وضعت (2) نماذج في الحرقة . وتم وضع برنامج اعتمد أسلوب الحرق السريع ( Fast Firing) الذي يبدأ بتسخين الفرن الغازي الى (150) درجة ولمدة ساعة . وبعدها تم رفع درجة حرارة الفرن تدريجيا الى اقصى طاقة مع المحافظه على كمية الاوكسجين الداخلة الى الفرن وتركها لليوم التالي لكي تبرد تماما . وحرق بدرجة حرارة(1250)

**فحص الطبيعة النسيجية للزجاج :-**

تم اجراء الفحص في جامعة البصرة \ كلية الهندسة \ قسم هندسة المواد وتم استخدام المجهر الضوئي (Digital Microscope ) , لفحص عينات البحث , لمعرفة البنية النسيجية للزجاج وحسب الفقرات التالية

الفقاعات الهوائية , وبلورات التراكيب غير الذائبة واسم الجهاز Multi-purpose biological microscope , الموديل 200 Series, القوة التكبيرية :(40X) والشكل رقم ( 4) يوضح جهاز المجهر الضوئي.

**فحص خشونة السطح (Curface Roughness )**

تم اجراء فحص الخشونه للسطح الزجاجي في جامعة البصرة \ كلية الهندسة \ قسم هندسة المواد لفحص عينات البحث لمعرفة مدى خشونه سطح الزجاج بجهاز( TRANS ) , SRT- 6200S -2016 , والذي يتم الفحص به عن طريق وضع المستشعر على السطح الزجاجي والذي يتحرك بشكل موحد عن طريق تحكم الي داخل جهاز الاختبار ويحصل المستشعر على خشونة السطح بواسطة المسبار المدمج الحاد .والشكل رقم (5 ) يوضح الجهاز المستخدم .

**فحص صلادة سطح الزجاج :-**

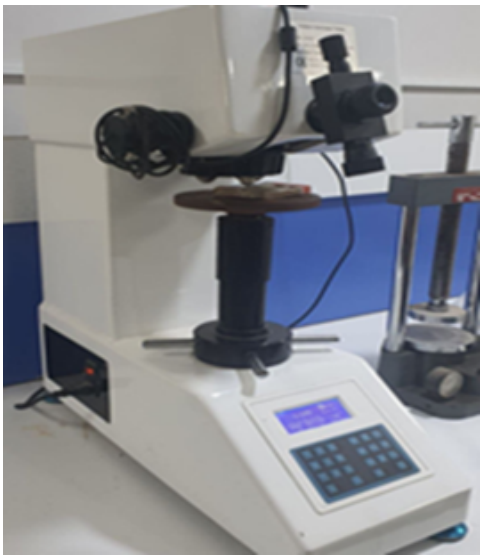
تم اجراء فحص صلادة السطح الزجاجي في جامعة البصرة \ كلية الهندسة \ قسم هندسة المواد \ وتم فحص عينات البحث وذلك لمعرفة صلادة سطحها عن طريق تسليط الضغط على سطح الخلطة , والشكل رقم (6)

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

يوضح الجهاز المستخدم. اسم الجهاز( Digital Micro Vickers Hardnecc Tester) الموديل (HV.30 ) مقدار الحمل (5000 gr) الزمن ( 10 ثانية ) قوة التكبير ( 20 X) فحص غير اتلافي

شكل رقم (٤) يوضح المجهر الضوئي

شكل رقم (٥) جهاز قياس خشونه السطح



شكل رقم (٦) جهاز قياس صلادة سطح الزجاج

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

## الفصل الرابع (النتائج ومناقشتها)

### نتائج التحليل الكيميائي:

اضهرت نتائج التحليل الكيميائي نسب الاكاسيد الداخلة في تركيب البيرلايت ورماد سعف النخيل والكاؤلين والجداول رقم ( ٢ – ٣ – ٤ ) توضح نتائج التحليل .

| المادة | $SiO_2$ | $Fe_2O_3$ | $AL_2O_3$ | $TiO_2$ | CaO | MgO | $Na_2O$ | $K_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| البيرلايت | 78.34 | 0.78 | 11.90 | 0.11 | 1.96 | 0.16 | 2.64 | 2.66 |

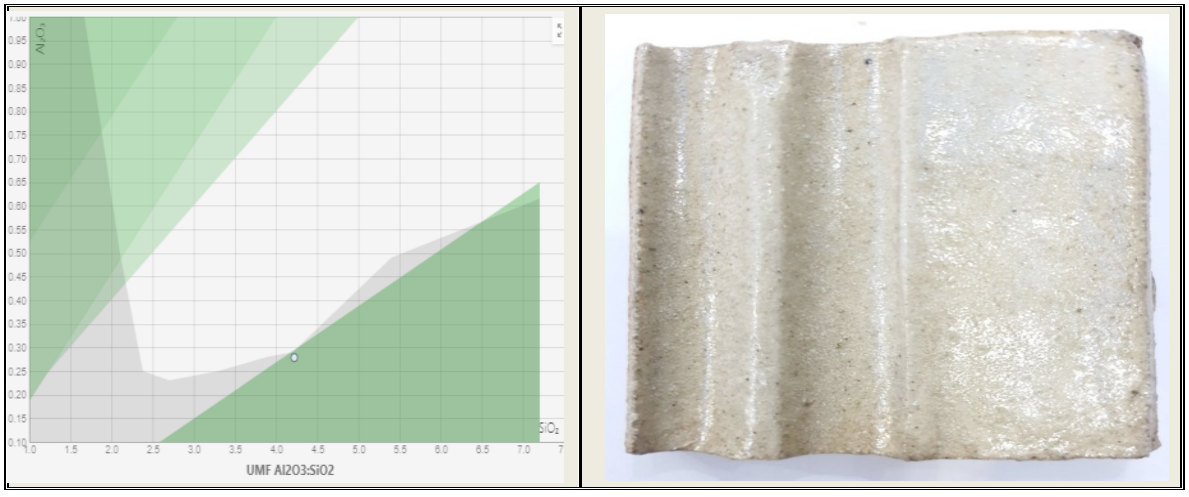
جدول رقم (٢) يوضح نتائج تحليل البيرلايت

جدول رقم ( ٣ ) يوضح نتائج تحليل رماد سعف النخيل

| المادة | $Sio_2$ | $Al_2O_3$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | Cao | MgO | $Fe_2o_3$ | L.O.I | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| سعف النخيل | 63.63 | 2.43 | 2.03 | 4.77 | 16.72 | 6.78 | 3.93 | 0.28 | 99.9 |

جدول رقم (٤) يوضح نتائج تحليل الكاؤولين

| المادة | $Sio_2$ | $Al_2O_3$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | Cao | MgO | $Fe_2o_3$ | L.O.I | المجموع |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| الكاؤلين | 47.62 | 35.86 | 0.25 | 0.4 | 0.17 | 0.33 | 0.97 | 12.88 | 99.62 |




| جدول ( 6 ) يبين خلطة نموذج B بدرجة حرارة 1250 | |
|---|---|
| صورة النموذج A | المخطط البياني UMF Al2O3–SiO2 |

| Plam frond ash | perlite | Temperature |
|---|---|---|
| 40% | 60% | 1250 |

$R_2O$ RO
0.14 $Na_2O$
0.13 $K_2O$
0.49 CaO

$R_2O_3$
0.28 $Al_2O_3$

$RO_2$

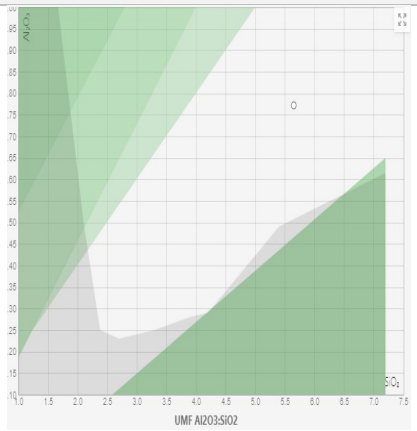
Other
$Fe_2O_3$
4.22 $SiO_2$
0.04

0.24 MgO

$R_2O$:RO 0.27:0.73 $SiO_2$:$Al_2O_3$ 15.16

| Analysis Type (percent) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amt. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | MgO | CaO | $TiO_2$ | $Fe_2O_3$ | LOI |
| Iraqi Plam frond ash | | | | | | | | | |
| 40.00 | 25.45 | 0.97 | 0.81 | 1.91 | 2.72 | 6.69 | | 1.57 | 0.11 |
| Perlite | | | | | | | | | |
| **60.00** | 47.00 | 7.14 | 1.58 | 1.60 | 0.10 | 1.18 | 0.07 | 0.47 | |
| ***100.00*** | *72.46* | *8.11* | *2.4* | *3.5* | *2.81* | *7.86* | *0.07* | *2.04* | *0.11* |
| *Total 100%* | *73* | *8.17* | *2.41* | *3.53* | *2.83* | *7.92* | *0.07* | *2.06* | |

جدول ( 7 ) يبين خلطة نموذج B بدرجة حرارة 1250

| المخطط البياني UMF Al2O3–SiO2 | صورة النموذج B |
|---|---|
|  | |

| Plam frond ash | Kaolin | Perlite | Temperature |
|---|---|---|---|
| 25% | 25% | 50% | 1250 |

$R_2O$ Ro $R_2O_3$ $RO_2$

Other

0.15 $Na_2O$
0.14 $K_2O$
0.47 CaO
0.23 MgO

0.77 $Al_2O_3$ | 5.65 $SiO_2$ | 0.05 $Fe_2O_3$

$R_2O$:RO 0.30:0.70 $SiO_2$:$Al_2O_3$ 7.32

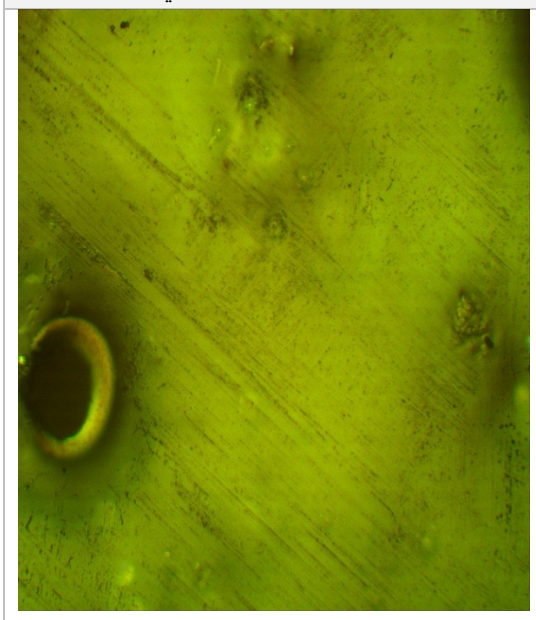
| Analysis Type (percent) | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Amt. | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | MgO | CaO | $TiO_2$ | $Fe_2O_3$ | LOI |
| Iraqi Plam frond ash | | | | | | | | | |
| **25.00** | 15.91 | 0.61 | 0.51 | 1.19 | 1.70 | 4.18 | | 0.98 | 0.07 |
| kaolin Iraq | | | | | | | | | |
| **25.00** | 11.90 | 8.96 | 0.06 | 0.10 | 0.08 | 0.04 | | 0.24 | 3.22 |
| Perlite | | | | | | | | | |
| **50.00** | 39.17 | 5.95 | 1.32 | 1.33 | 0.08 | 0.98 | 0.06 | 0.39 | |
| ***100.00*** | *66.98* | *15.52* | *1.89* | *2.62* | *1.86* | *5.2* | *0.06* | *1.62* | *3.29* |
| *Total 100%* | *69.96* | *16.21* | *1.97* | *2.74* | *1.94* | *5.43* | *0.06* | *1.69* | |

**نتائج الفحوصات التي أجريت على الزجاج :-**

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

تم اجراء فحوصات على النماذج المزججة بزجاج البيرلايت والمحروقة بدرجة حرارة 1250حيث تم اجراء اختبار اختبار بجهاز المايكروسكوبي( Digital Microscope ) وذلك لمعرفة البلورات والفقاعات وطبقة الزجاج وأيضا تم اجرار فحص مقاومة الخدش( Scratch Hardness Of Surface ) وذلك لمعرفة مدى مقاومة سطح الزجاج للخدش وكذلك قام الباحث بأجرار فحص خشونة السطح ( Curface Roughness) لمعرفة مدى انصهار طبقة الزجاج وتم اجراء فحص صلادة سطح الزجاج بجهاز (Digital Micro Vickers Hardnecc Tester) لمعرفة مدى تحمل صلادة السطح الزجاجي والجداول ادناه توضح نتائج الاختبارات التي أجريت .

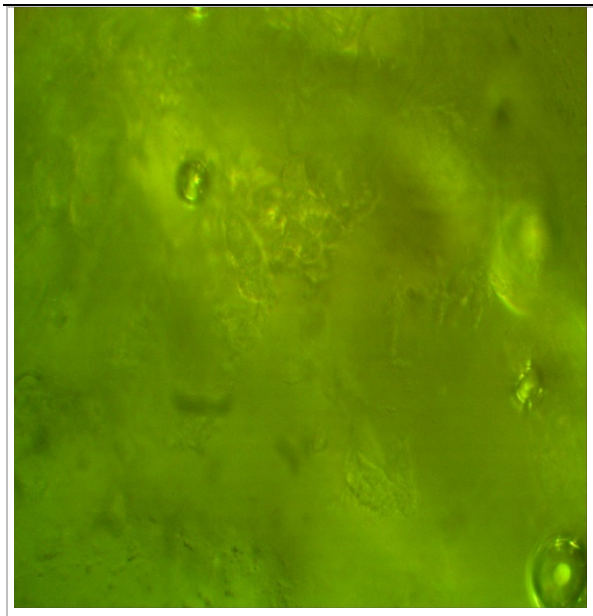
جدول رقم (٨) يبين نتائج الخلطة (A) والفحوصات التي أجريت عليها

| صوره النموذج (A) | فحص المجهر الضوئي | |
|---|---|---|
| |  | |
| ( Plam frond ash %40 )<br>( % 60 Perlite ) | ملمس 9.225 | صلادة 548.6<br>HV |

جدول رقم ( 9 ) يبين نتائج الخلطة ( B ) والفحوصات التي أجريت عليها

| صوره النموذج ( B ) | فحص المجهر الضوئي |
|---|---|

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

| | | |
|---|---|---|
|  | | |
| ( %50 Perlite )( %25 Plam frond ash ) (%25 Kaolin ) | ملمس 11.98 | صلادة 205.0 HV |

**نتائج حساب الشد السطحي :-**

استعان الباحث بقانون حساب الشد السطحي للزجاج الذي حرق بدرجة حرارة ( 1250 ) وذلك بالاعتماد على عوامل الشد السطحي للاكاسيد والجدول رقم ( 6-7) يوضح قيمة الشد السطحي داين\سم$^{3}$ لنماذج عينة البحث ( مجموعة A – B ) المحروقة بدرجة حرارة ( 1250 )

| نتائج الشد السطحي لخلطة البحث ( A ) | | |
|---|---|---|
| رمز ورقم النموذج | نسبة الخلطة في العينة | الشد السطحي في 1250 داين \ سم$^{3}$ |
| A | ( %60 Perlite – %40 Palm Frond Ash ) | 352.26 |

**جدول رقم ( 6 ) يوضح نتائج الشد السطحي للخلطة ( A )**

| نتائج الشد السطحي لخلطة البحث ( B ) | | |
|---|---|---|
| رمز ورقم النموذج | نسبة الخلطة في العينة | الشد السطحي في 1250 داين \ سم$^{3}$ |

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

| | | |
|---|---|---|
| B | ( %50 Perlite – %25 Kaolin –%25 Palm Frond Ash) | 357.759 |

**جدول رقم ( 7 ) يوضح نتائج الشد السطحي للخلطة ( B )**

**تقييم نتائج الزجاج :**

نتائج الشفافية والعتمة للنماذج المحروقة بدرجة حرارة (1250 )

لمعرفة قيم الشفافية والعتمة لنماذج زجاج البيرلايت المحروقة بدرجات حرارية (1250)

تم ترميز جداول النماذج بالوان مختلفة حيث كل لون يوضح درجة حرارة مختلفة للمجموعتين (A – B) والجداول رقم ( 8) توضح تقييم نتائج الزجاج من حيث الشفافية ونصف الشفافية والعتمة .

| | نموذج ( A ) المحروق بدرجة حرارة 1250 | | |
|---|---|---|---|
| رقم النموذج | شفاف | نصف شفاف | معتم |
| A | * | | |
| | نموذج ( B ) المحروق بدرجة حرارة 1250 | | |
| رقم النموذج | شفاف | نصف شفاف | معتم |
| B | | | * |

**جدول رقم (٨) يوضح نتائج الشفافية والعتمة للخلطتين ( A–B )**

**نتائج الخدش**

للحصول على قيم الخدش لطبقة الزجاج تم فحص نماذج العينات ( A–B ) في درجة حرارة (1250 ) بحسب مقياس ( Mohs scale ) كما في الجداول رقم ( 9–10 ).

| نتائج قيم الخدش لعينة البحث ( A ) | | |
|---|---|---|
| رمز ورقم النموذج | نسبة الخلطة في العينة | قيمة الخدش |
| A | ( %60 Perlite – %40 Palm Frond Ash ) | 7 |

**جدول رقم ( 9 ) يوضح نتائج قيم الخدش لخلطة نموذج ( A )**

| نتائج قيم الخدش لعينة البحث ( B ) | | |
|---|---|---|
| رمز ورقم النموذج | نسبة الخلطة في العينة | قيمة الخدش |
| B | ( %50 Perlite – %25 Kaolin –%25 Palm Frond Ash) | 7 |

**جدول رقم ( 10 ) يوضح نتائج قيم الخدش لخلطة نموذج( B )**

مجلة دجلة • المجلد ٨، العدد ١ ملحق، (٢٠٢٥)، ص: ١٣٤-١٥٩
ISSN: 2222-6583

## مناقشة نتائج التحليل الكيميائي :

تبين من خلال نتائج التحليل الكيميائي التي اجراها الباحث في وزارة الصناعة والمعادن \ هيئة المسح الجيولوجي العراقية أن مادة البيرلايت الزراعي المستخدم في البحث يحتوي على السليكا بنسبة ( 78.34 %) وكذلك احتوى على الالومينا ($AL_2O_3$) بنسبة ( 11.90%) والتي تعتبر كأوكسيد يوازن زجاج الخزف كونها مركب امفوتيري متعادل ويمتاز بمقاومته الحراريه وتعمل على ربط المركبات الحامضية والقاعدية في الزجاج وتربط بين طبقة الزجاج والجسم الفخاري واحتوائه على نسب من الاكاسيد الترابية مثل الكالسيوم (Cao ) بنسبة ( 1.96%) والمغنيسيوم (Mgo) بنسبة (0.16%)

اما بالنسبة للكالسيوم والمغنيسيوم فهما من القواعد الخاملة التي تعمل كمقاومات حرارية في درجات الحرارة الواطئة فضلا عن وجود الاكاسيد المعدنية مثل اوكسيد الحديد التي بلغت نسبته (0.78%) فلا يعد تأثيره كأوكسيد ملون للزجاج وانما صاهر جيد حيث يدخل في التفاعلات والذي يتصرف كمادة حامضية او امفوترية او قاعدية وأيضا احتوى البيرلايت على اكاسيد قاعدية وهي أوكسيد الصوديوم (Na2o) بنسبة (2.64% ) والبوتاسيوم ($k_2o$) بنسبة ( 2.66%) وهما ذو فعالية جيدة في درجات الحرارة العالية وتعتبر السليكا (SiO2 ) المكون الرئيسي للزجاج وكذلك الالومينا والتي تمثل المواد الامفوتيرية للزجاج والتي يعتبر وجودها ضروري لزجاج الخزف اما باقي الاكاسيد الداخلة في تركيب البيرلايت فقد ضهرت بنسب قليلة متفاوته وعند اجراء التجارب الاستطلاعية تمكن الباحث من حرق مادة البيرلايت لوحدة فتم الحصول على زجاج بدرجة حرارة (1300) وكونها درجة حرق عالية جدا فقد استخدم الباحث مادة (رماد سعف النخيل) و( الكاؤولين ) كعوامل مساعدة للصهر وتخفيض من درجة حرارة الزجاج وجدول رقم (2) الخاص بنتائج التحليل الكيميائي لرماد سعف النخيل وجدول رقم (3) الذي يوضح نتائج التحليل الكيميائي لمادة الكاؤولين (4) وذلك لتعديل خواص البيرلايت

## مناقشة نتائج خلطات الزجاج ( 1250 ) للخلطتين ( A–B ):-

قام الباحث بزيادة درجة الحرارة بمعدل (50) درجة مئوية عن درجات الحرق السابقة وذلك للوصول الى درجة الانصهار التامة والحصول على زجاج متكامل وخالي من العيوب حيث تم ثبيت درجة الحرق (1250) لجميع خلطات البحث في هذه الدرجة . وان لوجود كمية من القواعد الترابية الداخلة في تركيب المواد الطبيعية ( رماد سعف النخيل والكاؤولين ) المضافة الى خلطة الزجاج التي تكون جيدة في درجات الحرارة العالية من ( 1250 ) فما فوق وتكون مقاومه للصهر في درجات الحرارة الواطئة

وعند إتمام عملية الحرق ( 1250) نلاحظ تغيير فعل الصهر ليكون زجاج منصهر جيدا ومعتم لماع تقريبا مع الوان خفيفة تبدأ من اللون الاوكر او بيجي وهنا نلاحظ استقرار الزجاج وتعادل مركباته واكتمال التفاعل حيث بدا الزجاج العالي الحرارة ذو لون بيجي جميل وبحرق تأكسدي كامل اذ خلا السطح الخزفي من التشوه من خلال إضافة سعف النخيل والكاؤولين حيث التصق الزجاج بلسطح الفخاري بشكل تام دون خطأ او عيب او تشققات . حيث سيجري الباحث الفحوصات اللازمه للبحث والحسابات المطلوبة التي يتم من خلالها حساب نماذج الزجاج التي تعتبر ناجحة بشكل كامل وكون ان المواد المستخدمة مواد أولية طبيعية دون استخدام أي مركبات او صواهر أخرى تضاف الى الخلطات ولهذا السبب لم يتمكن الباحث من حساب وحدة الصيغة وفق قاعدة ( سيكر ) فقد استعان ببرنامج عالمي لحساب وصفات الزجاج وهو برنامج (Recip Calulator Glazy )من خلال ملاحظة النتائج على زجاج البيرلايت المطبق على الجسم الطيني مباشرة المحروق بدرجة (1250) لاحظ الباحث ان لتاثير الجسم الطيني غير المحروق والذي هو من نفس خلطة عينات البحث . وان الخزافين حول العالم يفضلون استخدام تقنية الحرقة الواحدة بما توفرة من قلة الجهد وسرعة الإنتاج وهو أسلوب لا يزال كل معامل الخزف تعمل به حاليا وخاصة في الخزف العالي الحرارة. ومن خلال ذلك تم اختيار خلطتين من الخلطات المستخدمة في البحث فقد كانت الخلطة الأولى (A4) والتي تحتوي على نسبة (60% من البيرلايت الطبيعي و40% من رماد سعف النخيل ) اما الخلطة الأخرى فهي كانت (B5) والتي تحتوي على (50%من البيرلايت و 25 % من الكاؤولين و25% ومن رماد سعف النخيل ) وبالنظر الى نسب الانصهارية في الخلطات فنجد ان الخلطة (A) كانت منصهرة خالية من العيوب والتكتلات والشوائب العالقة على سطح السائل الزجاجي وكذلك عملت الانصهارية التامة على منح طبقة زجاج البيرلايت نتيجة نصف شفافية وتبعا لما تقدم من قيم الانصهارية وتاثيرها الواضح على درجة العتمه نلاحظ من جدول قيم الملمس بانها ذات ملمس ناعم للاطلاع مراجعة جدول( 4) وهذا يؤدي بالنتيجة الى استقرار طبقة الزجاج اما فيما يخص الخلطة (B) كانت طبقة الزجاج منصهرة انصهار قليل راجع جدول رقم (5) وذات ملمس ناعم وطبقة زجاج معتمه خالية من العيوب مع وجوج بعض الشوائب الغير منصهرة التي اكسبتها هذه العتمه لكن السطح الخارجي لطبقة الزجاج كانت سطح لماع اذ ليس بالضروره ان يكون الزجاج المعتم مطفئ ومن خلال هذه التجربه توصل الباحث الى ان حرق الاجسام لطينية يؤدي بالنتيجة الى تحرر غازات وذلك بسبب احتراق المواد العضوية والغير عضوية والغازات الناتجة عن تفاعل مكونات الطينة المستخدمة ومرورها عبر طبقة الزجاج كان عامل مساعد على انصهار مكونات الزجاج المستخدمة في الخلطتين (A-B) .

**الاستنتاجات :**

1-يمكن تعديل زجاج البيرلايت بإضافة القواعد الترابية للخلطة .

2-ان الارتفاع في نسبة السيلكا في البيرلايت ادى الى صعوبة النضج بدرجة حرارة (1250) بدون إضافات.

3- عند مناقشة وحدة الصيغة لاحظ الباحث ان هنالك خلل واضح في الوحدات الجزيئية بين مجاميع تكوين شبك الزجاج مما أدى الى عدم اعتماد الباحث على قاعدة سيكر والاستعاضة عنها ببرنامج عالمي هو ( Recip Calculator Glazy) كونها مواد طبيعية لاتخضع الى قاعدة سيكر .

4- ان ارتفاع نسبة القواعد الترابية ( Cao- Mgo) في زجاج البيرلايت عند إضافة رماد سعف النخيل والكاؤولين أدى الى انتاج زجاج ذو انصهارية مثالية وتطبيق جيد على سطح الجسم الفخاري .

5- ان لتطبيق زجاج البيرلايت على الطينة مباشرة ( Raw Glaze ) ينتج عنه زجاج ملائم للزجاج المطبق .

**التوصيات :**

١-يوصي الباحث بتفريت خلطة الزجاج قبل الاستخدام .

٢- يوصي الباحث بعمل تجارب في فرن كهربائي وبحرق تأكسدي .

٣- يوصي الباحث باستخدام البيرلايت المطحون حصرا .

**المقترحات :**

١-يقترح الباحث دراسة إضافة اكاسيد تلوين لزجاج البيرلايت .

٢-يقترح الباحث دراسة إضافة صواهر مختلفة أخرى الى خلطات زجاج البيرلايت .

المصادر باللغة العربية :

١-الزبيدي , سؤدد عايد : تقنية التلوين بالفقاعات على سطح التزجيج , رسالة ماجستير غير منشوره , جامعة البصرة , كلية الفنون الجميلة ,٢٠١٩.

٢-خالد توفيق عبد الحميد : إمكانية تنفيذ اجسام فخارية مزججة كم اطيان البصرة , رسالة ماجستير غير منشورة , جامعة البصرة كلية الفنون الجميلة ,٢٠١٥.

## References:

1. Mueena Samar. (2016). *Shweta Saxena, Study of chemical and physical properties of perlite and it's application in,.* India : lnternational journal ofscience technology and management.
2. Al-Busili, Ahmed Mustafa and Muzaffar Mohammed Mah. (1980). *rock minerals, Ministry of Higher Education and Scientific.* Mosul: Dar Al-Bookshop Foundation, University of Mosul.
3. Bedri, Ali Haider Saleh. ( 2003). *Scientific Techniques for Ceramic Art Glazing and Coloring, J1, J2, T1.* Yarmouk: Ministry of Higher Education and Scientific Research, Department of Fine Arts, University of Yarmouk.
4. Chesters,J.H. (1973). *Refractories Production and Propertis Th Iron* . and steeg Inslitute .London.
5. D.Fortuna. (2000 ). *Sanitary ware Glaze* . Italy.
6. D.Green. (1967). *pottery Materials and Echniques.* London : Faber .

7. Hamer, Frank. (n.d.). *The potters* . Dictionary of materials and stechniques , ibid.
8. Hamer, Frank:. (n.d.). *The potters , Dictionary of materials and stechniques , ibid.*
9. Hamilton , David. (1982). *manual of pottery and ceramics* . London: Thames and Hudson .
10. Henrik Norsker . (1993). *Glazes – for the Self – Reliant Potte.*
11. Henrik Norsker. (1993). *Glazes – for the self , Reliant potter.*
12. John, & Wachtman . ( 2009). *Ceramics, new York.*
13. Kenny , Jhon. (1974). *: Ceramic Sculpture, Methods and Processes* . Chilton book company , 10 th printing , pensyvani.
14. mailto:https://maps.app.goo.gl/SBBcci4LZuabghPK7. (n.d.).
15. Mashaykhi, Hafiz Jawad Kazem. ( 1991). *The Use of Iraqi Ores to Produce High-Temperature Ceramics.* Baghdad: An Unpublished Master's Thesis, University of Baghdad,.
16. Mcmillan . P . W. (1964). *Glass- Ceramics. Academic Press* . London : London and . New York .
17. Moynard , David. (1980). *Ceramis Glazes.* London .
18. Muftah Ali al-Shibani, Al-Zamzami and Al-Shibani. (1988). *Ceramic Technology (Raw Materials).* Library: Tripoli International Scientific Library.
19. Rhodes , Daniel. ( 1975). *clay and glazes for the potter* . London : pitman pub , great Britain .
20. Rhodes, Daniel . (1975). *Clay and Glazes.* London .
21. Ryan. ( 1986). *Ceramic Raw Material Properties, Translation: Fadel Bandarisi et al.* Baghdad: Technical Printing and Publishing House, Institution of Technical Institutes, Ministry of Higher Education and Scientific Research, .
22. Seddeq, H. (2010 ). *Sound absorption improvement for cementitious materials.Can. Asoust.*
23. Talyar . (n.d.). *ceramic Glaze Technolog.*