

استخدام اطيان مخلفات رواسب المقالع في انتاج اجسام فخارية

Using quarry waste clays in producing pottery objects

م . د محمد حمدان شمخي

Dr. Muhammad Hamdan Shamkhi

وزارة التربية / الكلية التربوية المفتوحة

Ministry of Education / Open College of Education

Mhamdan805@gmail.com

ملخص البحث :

تناول البحث الحالي استخدام الطين المترسب من عملية اخراج الرمل والحصى في المقالع الموجودة في محافظة كربلاء في انتاج اجسام فخارية حيث تعتبر الاطيان المستخرجة من المقالع اطيان ثانوية من عمليات التعرية التي حدثت اثناء فترات طويلة سابقة حيث تم في هذا البحث عمل ثلاث خلطات من اجل الحصول على طينة ذات مواصفات عالية ومن خلال خلطها مع كميات محددة ضمن جدول خلطات تم اعداده مسبقا من قبل الباحث مع طينة الكاؤولين وقد كانت النتائج انتاج جسم فخاري صلب في الخلطة رقم واحد مقاوم للصدمة وذو سطح املس .
الكلمات المفتاحية : اطيان . المقالع . اجسام فخارية .

Abstract:

The current research dealt with the use of clay deposited from the process of extracting sand and gravel in quarries located in Karbala Governorate in the production of pottery bodies, as the clays extracted from the quarries are secondary clays from the erosion processes that occurred during long previous periods. In this research, three mixtures were made to obtain clay with high specifications and by mixing it with specific quantities within a mixture schedule prepared in advance by the researcher with kaolin clay. The results were the production of a solid pottery body in mixture number one that is shock-resistant and has a smooth surface.

Keywords: Clays. Quarries. Pottery bodies.

الفصل الاول

الاطار المنهجي للبحث

١-١ مشكلة البحث :

في الدراسات العلمية المتنوعة نجد حاجة ماسه الى التطوير والبحث لمواكبة ما توصل اليه العالم من تقنيات جديدة ومتنوعة تصب في مصلحة البحث العلمي والتقدم التقني ، فاستعمل الفنان خامة الطين في مجالات متنوعة نفعية كانت ام للأغراض الجمالية ، ولكثرة استعمال هذه الاطيان وتنوع مصادرها بات من الضروري البحث عن خامات أخرى تخدم الجانب الجمالي والنفعي متوفرة محليا وبكميات وفيرة ، فيعمل الفنان لإيجاد خامات متنوعة وجديدة لذلك الفنان المعاصر يميل الى تعديل مواصفات اطيانه باستمرار وحسب حاجته ومتطلبات انتاجه ورؤية

المتلقي بالنقد والتحليل والقبول لها كما هو الحال لدى النحاتين والرسميين بإدخالهم تقنيات واضافات متنوعة ومختلفة ليواكبوا الففزات المتطورة في مجال الفنون المختلفة ، لذلك تناول البحث الحالي امكانية استخدام اطيان مخلفات رواسب المقالع في انتاج اجسام فخارية ، حيث تم اختيار هذه الاطيان المحلية والمتوفرة في محافظة كربلاء ضمن محافظات الفرات الاوسط بوصفها مخلفات مكتشفه حديثا ، وتعد محافظة كربلاء من المواقع المهمة في العراق والغنية بالكثير من الثروات الطبيعية في مساحات واسعة مناسبة للبحث والدراسة، وقد رأى فيها الباحث مصدر مهم للبحث عن اطيان رسوبية تكون متوفرة في بيئة محلية يمكن استخدامها لوحدتها او تعديل مواصفاتها بحيث تكون مشابهة للأطيان الحمراء او البيضاء كون الحصول على اطيان جاهزة ذات مواصفات تشبه الكاؤولين صعب جدا، لذلك فان الكشف عن الانواع المناسبة والصالحة من الاطيان التي تستخدم في تشكيل الاعمال الفنية الخزفية هي ذات قيمة فنية واقتصادية عالية ، ان الحاجة والرغبة العلمية قد دفعت الباحث للكشف عن هذه الانواع من الاطيان ، والتي يمكن استثمارها في عملية تشكيل ونتاج الفخار ،

وعليه تم تحديد عنوان البحث بـ (استخدام اطيان مخلفات رواسب المقالع في انتاج اجسام فخارية)

١-٢ أهمية البحث والحاجة إليه :

- ١- يسلط البحث الضوء على مصدر مهم موجود في العراق للحصول على انواع من الاطيان المستخرجة من المقالع للاستفادة منها لإنجاز اعمال فنية فخارية تخدم الجانب الفني والجمالي .
- ٢- هذه الاطيان تمتاز بنقاوتها العالية وخلوها من الشوائب والاملاح بسبب عملية الغسل التي تعرضت لها اثناء عملية فصلها من الرمل والحصى المستخرج من المقلع .
- ٣- يتوجه البحث بالفائدة الاقتصادية الى ذوي الاهتمامات الفنية في مجال انتاج الفخار والدراسات الاكاديمية كونها مخلفات مستخرجة ثانويا من عملية استخراج الرمل والحصى في المقالع .
- ٣- دعم المكتبات العلمية بمعلومات تقنية وعلمية عن هذا النوع من الاطيان المستخرجة من المقالع .
- ٤- اكتشاف اطيان ذات قابلية مناسبة على التشكيل .

١-٣ هدف البحث :

- ١- يهدف البحث الحالي الى الكشف عن صلاحية الاطيان المترسبة من المقالع المتوفر في محافظة كربلاء في انتاج وتشكيل اجسام فخارية .
- ٢- تعديل مواصفات هذه الاطيان لتكون مشابهة لخواص الاطيان الاخرى الفيزيائية والميكانيكية .
- ٤- فرضية البحث :

هل تصلح الاطيان المترسبة من مقالع كربلاء في انتاج اجسام فخارية ؟

١-٥ حدود البحث :

يتحدد البحث بما يأتي:

١-٥-١ الحدود الزمانية: ٢٠٢٣ - ٢٠٢٤ م .

١-٥-٢ الحدود المكانية: أ - تمت الدراسة في احدى محافظات الفرات الاوسط وهي محافظة كربلاء/ منطقة الاخضر / طريق الوادي الابيض (الاخضر نخيب) .

ب - جامعة الفرات الاوسط / معهد تقني نجف / مختبرات الفحص .

١-٥-٣ الحدود الموضوعية : هي دراسة الخصائص الفيزيائية كالمسامية والامتصاصية والكثافة ، والميكانيكية كمقاومة الكسر .

١-٥-٤ الجسم الفخاري :



أ - طينة حمراء عراقية



ب - طينة الكاولين العراقية دويخلة

١-٥-٧ الفرن :

تم استخدام الفرن الخاص بمختبر المعهد التقني نجف / لفخر النماذج .

١-٥-٨ درجة الحرارة :

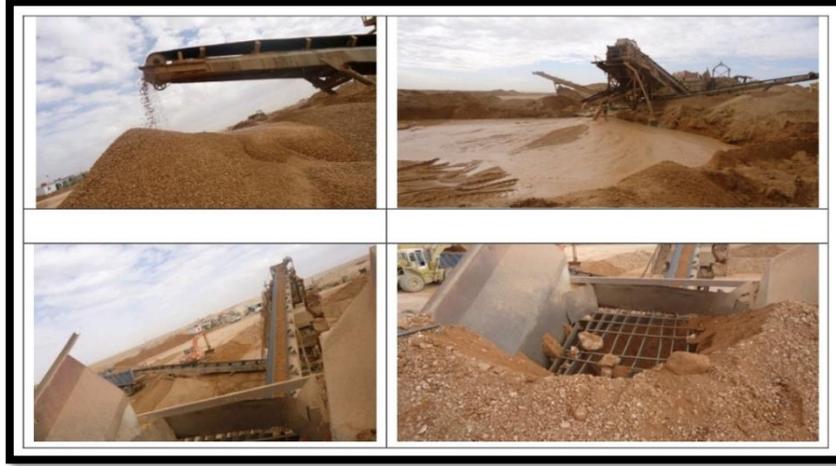
درجة حرارة الفخر ٩٥٠ م

التعريف الاجرائي للأطيان المترسبة من المقالع :

هو عملية استخدام الاطيان المتواجدة في المقالع المستحصلة من خلال عملية فرز الحصى والرمل ليتم معالجتها في ما بعد بمجموعة من الاجراءات تؤدي في النهاية للحصول على انواع من هذه الاطيان الرسوبية يمكن ان تستخدم في مجال انتاج الفخار ومجالات اخرى متنوعة .

الفصل الثاني

١- المقالع : هي المواقع التي يتم فيها استخراج الصخور والمعادن والاطيان والمواد الخام الطبيعية من الارض والتي تستخدم في العديد من الصناعات مثل البناء وصناعة الاسمنت والرخام والحجارة والرمل والحصى ، وعند فحص المقلع يجب الاهتمام بالخواص او الظواهر الجيولوجية مثل سمك الطبقة وصخاريتها ووجود الفواصل والمواد البينية والعقد والفجوات وتؤثر الظواهر الجيولوجية بشكل كبير على الخواص الاخرى وعلى عملية القلع ، وتكون الطبقات السمكية اكثر ملائمة للعديد من الاستعمالات من الطبقات الرقيقة والتي غالبا ما تكون ذات خواص كيميائية وفيزيوميكانيكية متدنية بسبب تأثرها بعوامل التجوية شكل رقم (٢-١) .^١



شكل رقم (٢-١) عملية استخراج الطين من المقلع

وان الاستثمار الغير جيد للمقالع يسبب تشوها للبيئة واهدار للثروة المعدنية فلا يمكن تعويضها فيجب الالتزام بتعليمات الدوائر ذات الصلة مثل الشركة العامة للمسح الجيولوجي والتعدين والجامعات الحكومية وشركات النفط المختصة بتحديد المواقع التي يمكن انشاء المقالع فيها لا نها تتضمن معلومات مهمه عن التغيرات الجانبية والعمودية للرواسب ومستوى المياه الجوفية بالإضافة الى مستوى وكميات الرواسب المتوفرة ، كذلك فان المعلومات المستنبطة من الصور الجوية والمكاشف الصخرية السطحية والمسوحات الجيوفيزيائية والجيوكيميائية والابار الاستكشافية تؤدي الى رسم صورة عن المناطق الواعدة والتي تتوفر فيها مواد خام اولية تلبى حاجة الصناعات المختلفة وتحديد المناطق الملائمة للقلع .^٢

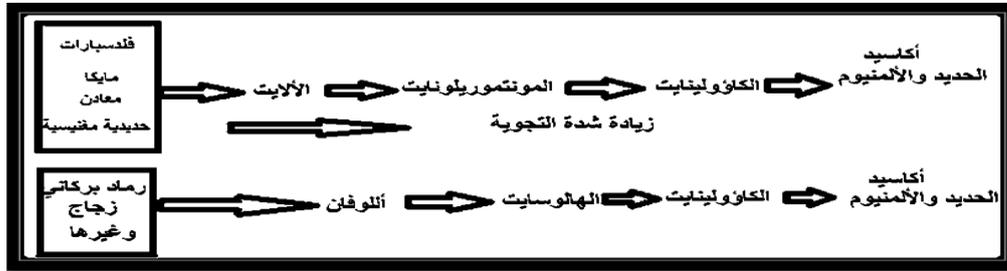
وتقسم المقالع الى مقالع سطحية أي يتم استخراج المواد بشكل مباشر من السطح ومقالع تحت الارض حيث تستخدم الانفاق او المناجم للوصول الى المواد المراد استخراجها .

ولابد من ادارة المقالع بصورة مستدامة من خلال اعادة استخدام المخلفات الناتجة من المقالع مثل بقايا الصخور والاطيان في صناعة مواد البناء او تعبئة الحفر الناتجة من عمليات الاستخراج ، اضافة الى ذلك يمكن تحويل المقالع المهجورة الى مشاريع تنموية من خلال انشاء الحدائق العامة ومناطق الجذب السياحي وبعض المقالع يمكن ان تحول الى محميات طبيعية صغيرة اذا تم اعادة تأهيلها بشكل صحيح ، ويجب ان يتم تحديد المقالع بحيث تكون بعيدة عن المناطق السكنية والزراعية من خلال تقييم الاثر البيئي قبل البدء في عملية الحفر ، ويمكن استخدام التكنولوجيا الحديثة في عملية الحفر من اجل تقليل الضوضاء والغبار المتصاعد مثل الات القطع الصامته وانظمة الرش من اجل تقليل الغبار المتطاير في الجو .^٣

٢- الاطيان وخواصها :

الطين يحمل عدة مفاهيم فالمفهوم العام يقصد به التربة التي تعمل على مسك الماء وتصبح رخوة وقابلة للتشكيل عندما تكون رطبة، وبتعبير أدق في مفهوم نسجة التربة تشير الى مدى حجوم الدقائق الأقل من (٢ملم) أو مادة التربة التي يسود فيها هذا المدى من حجوم الدقائق من بينها الطين الذي يعد أحد مفصولات التربة والطين والذي يمتلك حجم دقائق أقل من (٠,٠٠٢ ملم).^٤

إن الأطيان هي مادة جيولوجية المنشأ موجودة منذ القدم، وقد عمل الباحثين في مجال التربة دراسات متنوعة للأطيان وطبيعتها وان التحليل الكيميائي للأطيان اثبت بانها عبارة عن سليكات الألمنيوم المائية التي يرمز إليها وفق الصيغة الجزيئية ($Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$) عندما يكون الطين بحالته النقية وعندما تتعرض مكونات بعض صخور القشرة الأرضية للتعرية، لاسيما معادن الفلسبارات والكوارتز وعمليات التفتت بفعل التجوية الفيزيائية أو لعمليات التحلل على أثر التجوية الكيميائية التي ينشأ منها الطين ، وتعد الأطيان المختلفة من الرواسب الأكثر استخداماً في الصناعة حيث تستخدم في صناعة الطابوق ، السيراميك ، الاسمنت ، صناعة الورق ، المطاط ، الصناعة النفطية في حفر الآبار الاستكشافية ، تكرير النفط ، تنقية المحاليل وغيرها ، وتعتبر الرواسب الطينية المتطبقة جزءاً من التتابع الطبقي للتكوينات الجيولوجية التي ترسبت على هيئة طبقات طينية في بيئة فيضيه او بيئة بحرية شاطئية قديمة وتعرضت للطمر والرص الطبيعي ، وعند تعرضها للتجوية تصبح مكاشفها ضعيفة وعند خطها مع الماء تبدي لدونة معينة شكل (٢-٢) .^٥



شكل رقم (٢-٢) الية تكوين معادن الطين من مصادرها الأولية^٦

ويعرف الخزاف خامة الطين على اختلاف انواعها بانها المادة التي لها قابلية التشكيل بسهولة عند خلطها بالماء ، وباستعمال ابسط العدد والادوات ، ويعد ارتباط الخزاف بهذه الخامة الخاصة وحبه للعمل بها والتفاعل معها علميا وروحيا ليعبر عن افكاره باشكال مختلفة بما في ذلك تسويتها وتطبيق بعض انواع الاشكال عليها .^٧

٢-١ انواع الاطيان:

الطينة خامة منها ما يكون على درجة عالية من النقاوة ، ومنها ما يكون منخفض النقاوة، وذات اللون متنوعة ومن أنواعها هي:

١- الطين البني أو الأحمر:

طين واطئ الحرارة ذو لون بني فاتح محمر يحتوي على قدر كبير من أكسيد الحديد يصل الى (١٣%) ، وتعد هذه الأطيان الحمراء من اكثر الأنواع انتشارا في العراق تؤثر بشكل كبير على الجسم الخزفي، وعلى اللون والبريق، ويطلق الطين الأحمر بزجاج الرصاص وزجاج البوراكس وزجاج الالكالين للحصول على بعض من الألوان الخاصة المهمة ، وان هذه الطينة تحتوي على نسبة من القلويات ($K_2O \cdot Li_2O \cdot Na_2O$) ، والقواعد الترابية ($MgO \cdot BaO \cdot CaO$) ، فضلا عن أكسيد الحديد الأحمر (Fe_2O_3)، وأكسيد التيتانيوم (TiO_2) لذلك تكون درجة انصهارها واطئة (٩٥٠ م°) كحد أعلى وعند حرقها الى حدود (١٠٠٠ م°) فإنها تتماسك الى كتلة صلبة ذات لون أحمر أو بني ، وتخلط هذه

الاطيان مع اطيان عالية الحرارة وذلك للحصول على طينة ذات خواص جيدة وللاستفادة منها في الصناعات الخزفية وتنفيذ المشاريع والاعمال الفنية ، يجب تحضيره وتنظيفه عدة مرات في أحواض فيها ماء للتخلص من الأملاح والشوائب .^٨

٢- طينة الكاؤولين :

يمتاز بكونه على شكل كتل رخوة بيضاء أو مائلة الى اللون الكريمي وهو من الأطيان المتبقية ويتصف بلدونة متوسطة ، وحجم حبيبي متوسط نسبياً خالٍ من القلويات وكذلك تكون فيه نسبة الحديد منخفضة تصل الى (٢٪)، لذلك يكون لونه مائل الى الأبيض حتى بعد حرقه وبطبيعة الحال ان طين الكاؤولين يتحمل درجات حرارة عالية تصل الى (١٧٨٠م) ، ومقاومته للتغيرات الحرارية المفاجئة وبمعامل انكماش صغير، ويعد من الأطيان ذات الجودة العالية كثير الاستعمال في صناعة الخزف .^٩

توجد ترسبات الكاؤولين غرب العراق وحول مدينة الرطبة في منخفض الكعرة (٥٠) كم شمال الرطبة، كما توجد في تكوين الحسينيات حيث توجد بكميات كبيرة من هذه الأطيان وتستخدم في صناعة الاسمنت الأبيض والحراريات والسيراميك ، ويفضل استخدام الكاؤولين في الخزف بسبب خواصه المهمة ، إذ يستخدم لجعل الأجسام الخزفية أكثر بياضاً من أجل إنتاج زجاج ذي ألوان أكثر نقاوة، وهذا فضلاً عن احتواء الكاؤولين على نسبة عالية من (الالومينا والسليكا) التي تجعله ذا نقطة انصهار عالية إذ يستخدم في الزجاج ليعطي سيطرة على لزوجته خلال مرحلة النضج وجعله أكثر ثباتاً .^{١٠}

٣- الطين الرسوبي :

وهو اكثر انواع الاطيان شيوعا يحتوي على اكاسيد الحديد والنحاس والكالسيوم وغيرها من المعادن الاخرى التي تؤثر بدورها على الخواص اللونية لهذا النوع من الاطيان ، ويمتاز بكونه يتحمل درجات حرارة تصل الى حوالي (١٠٠٠-١١٠٠ م) هو ذو مطاطية عالية ويكثر في المناطق الرسوبية وقرب دلتا الانهار ويستخدم هذا النوع من الاطيان من قبل الخزافين في انتاج الاواني الخزفية وصناعة طابوق البناء ويمتاز ايضا بلدونة عالية وذلك لنعومة حبيباته ويمتاز ايضا بمسامية كبيرة عند الفخر ، ان الصخور الطينية والمرافقة لها المتوفرة محليا في العراق بكميات كبيرة ذات اصل رسوبي تكونت من خلال تحلل الصخور وتفتتها وبخاصة الصخور النارية الحامضية بفعل عوامل التجوية ونقلت هذه الصخور بواسطة التيارات المائية والرياح فترسبت على ضفاف الانهار والبحيرات المتاخمة لها وهي بذلك تكون مصدر اساسي لاستخدامها في العديد من المجالات الصناعية والفنية .

٢-٢ الخصائص الفيزيائية والميكانيكية للأطيان :

طبيعة الطين المرنة وإمكانية تشكيلها بطرق متعددة جعلت من الحرفين والخزافين الأبداع في منجزاتهم الخزفية ومن ابرز خصائص الأطيان التي يبحث عنها الخزاف .

١- اللدونة : هي من الخصائص الميكانيكية للمادة وتعتبر عن قابليتها للتشوه الدائم بفعل الإجهاد، وينتج من هذه الخاصية السلوك المطاوع أو قابليتها على التشكيل الميكانيكي دون حدوث الانكسار، أي تغير أبعادها تحت تأثير الإجهادات والمحافظة على الأبعاد الجديدة بعد زوال هذه الإجهادات، وان الجسم يتشكل بصورة تدريجية عندما يكون تحت إجهاد، ويحتفظ بشكله المتشكل عندما يخفني الإجهاد ، اللدونة هي قابلية الأطيان على تغير شكلها باستمرار تحت تأثير الضغط دون ان تتجزأ، والاحتفاظ بهذا الشكل الجديد بعد رفع الضغط عنها ويتم تعين اللدونة بطريقة دعك الطينة باليد حتى يتشكل خيط بقطر (٣ ملم) ، ويرجع سبب اللدونة في الطين الى قوة الجذب بين جزيئات سطح الدقائق الخشنة المغلفة بغشاء من الماء .^{١١}

كلما زادت مسافة التقارب بين الجزيئات المكونة للطين زاد الجذب والارتباط، وبالنتيجة يزداد التماسك للجسم ، مما يساعده على الاحتفاظ بشكله الخارجي. وان وجود نسبة رطوبة الماء في الطين يساعد دقائق الطين الصغيرة والكبيرة على انزلاق بعضها فوق بعض، مما يزيد من طواعية الجسم وقابليته على التشكيل.^{١٢}

٢- الانكماش : يمثل الانكماش التغير الحجمي أو التناقص في طول الجسم الفخاري بعد الجفاف واثاء الحرق، ومن العوامل المؤثرة في التقلص والتمدد هو حجم الدقائق المكونة للجسم ، إذ ان الدقائق الناعمة في الطين تجعل منه لدناً وتؤثر بصورة مباشرة في زيادة نسبة التقلص الطولي، والتقلص العالي في الطين يكون غير مرغوب فيه، وذلك لأنه يسبب للأجسام الطينية إجهادات، وتغير في الشكل والحجم .^{١٣}

وعند تعرض الأطيان الى التسخين والتبريد يحدث لها تقلص طولي، وهذا لا يرجع فقط للخصائص البنائية الفيزيائية للطين، بل للتغير في البنية المعدنية نتيجة التفاعلات الكيميائية والفيزيائية المرافقة لعملية الحرق .^{١٤}

٣- المسامية : وهي الفراغات ما بين حبيبات الطين، وتعود الفراغات الى ترتيب وارتباط الدقائق الأولية للتربة المتمثلة بالرمل والغرين والطين بمواد لاحمة كالمادة العضوية والكربونات والأكاسيد وهذه الفراغات تكون على عدة أشكال، منها الشعرية التي تتحدد بواسطة نسيج أو ترتيب دقائق التربة يطلق عليها الفراغات النسيجية، وأخرى يطلق عليها الفراغات الحويصلية بأشكالها البيضوية أو الكروية قد تتشكل بضغط الهواء ، ولكون المسامية تشغل حيزاً في التربة يمكن تعريفها على إنها النسبة بين حجم الفراغات الى الحجم الكلي للتربة، وهي على نوعين الأولى تسمى بالمسامية المفتوحة التي تكون فيها المسامات متصلة بالسطح الخارجي للجسم السيراميكي، وذات تأثير فعال في الخصائص الفيزيائية والحرارية والميكانيكية، وتكون على نوعين مفتوحة متصلة تسمح بنفاذ الغازات والسوائل، والأخرى مسامية مفتوحة منفصلة لا تسمح بنفاذ الغازات والسوائل، أما النوع الثاني فيسمى بالمسامية المغلقة التي تكون فيها المسامات منعزلة عن السطح الخارجي وذات تأثير محدود في الخصائص الحرارية والميكانيكية .^{١٥}

ولابد من الإشارة الى ان الخصائص الميكانيكية للأطيان تتضمن مقاومة الكسر وقوة تحمل الانضغاط الصلادة، ومقاومة الصدمة الميكانيكية وتعد درجة التليد والتزجيج الذي يتعرض له الجسم في أثناء الحرق مقياساً للخصائص الميكانيكية، إذ كلما زادت درجة التليد والتزجيج زادت قيم الخصائص الميكانيكية ، والمواد ذات المسامية تكون ضعيفة الميكانيكية وتعد المقاومة الانضغاطية من الخصائص الميكانيكية التي يبديها الجسم لمقاومة التغير الحجمي تحت

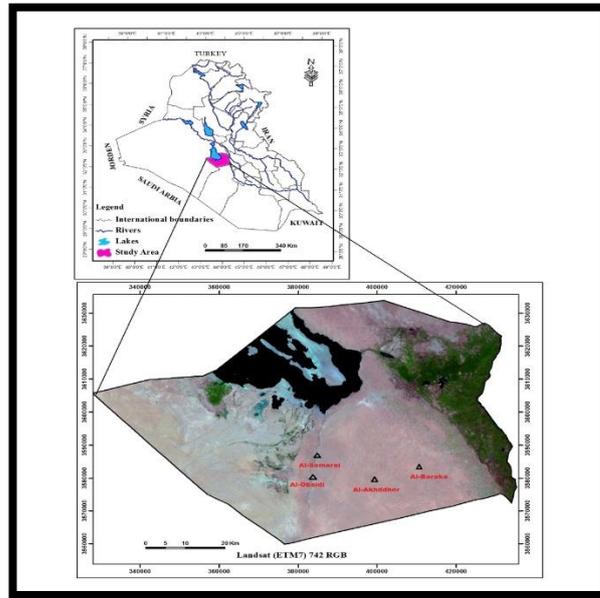
ضغط خارجي، وتحدث الانضغاطية نتيجة النقص في حجم الدقائق الذي يقوم بدور مهم في الانضغاطية عندما يهرب الهواء من هذه الفراغات .^{١٦}

٢-٢ الدراسات السابقة : بعد البحث والتقصي الدقيق من قبل الباحث طول فترة البحث لم يتم الحصول على أي دراسة سابقة أو قريبة من البحث الحالي .

الفصل الثالث

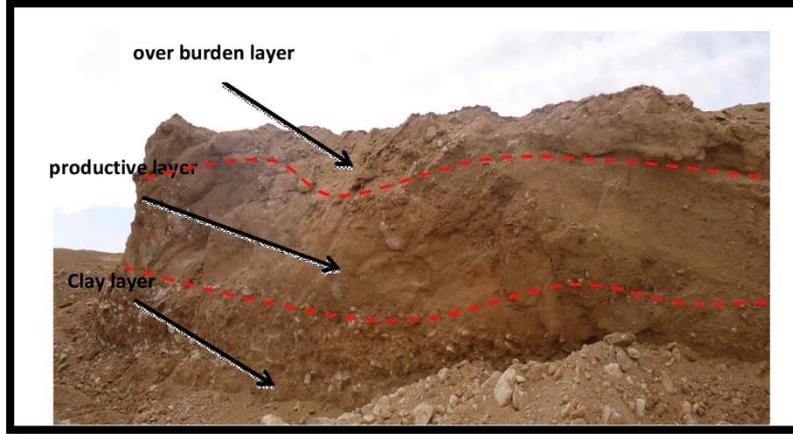
١ -منهج البحث : من اجل تحقيق هدف البحث بصيغة علمية ومدى تطبيقه مع الفرضيات المقترحة ، تم اختيار المنهج التجريبي والذي يمثل اهم انواع البحوث العلمية كونه يعتمد على اساس التجربة العلمية وما فيه من دقة من خلال كشف العلاقات السببية بين العوامل الثابتة والمتغيرات المؤثرة فيها .

٢ -موقع منطقة الدراسة : تقع منطقة الدراسة في وسط العراق وتتمثل بمقلع الاخضر في وادي الابيض والذي يقع بموازات الطريق العام (اخضر نخيب) ابتداء بكهوف طار السيد وحتى الحدود السعودية كما في الشكل (٣-١)



شكل رقم (٣-١) موقع منطقة الدراسة

٣- جيولوجية منطقة الدراسة : المنطقة عبارة عن ترسبات الطين والرمل والحصى الخابط لموقع الاخضر في الوادي الابيض المختار في وسط العراق والمتصل بالوديان الممتدة حتى الحدود السعودية وتقع ضمن تكوين الدببة ، والمنطقة من ناحية التدرج الطبقي تبدأ بطبقة غطاء نباتي يحتوي مواد عضوية وجذور النباتات واطيان متنوعة وقليل من الحصى باحجام مختلفة وقليل من الرمال ، ويختلف نسب المكونات (الطين - الرمل - الحصى) من موقع لآخر في هذه المنطقة وان سمك هذه الطبقات تقريبا (٣م - ٢) تكون في الاعلى طبقة من الحصى تعقبها طبقة طينية تكون قاعدة المقلع كما في الشكل (٣-٢) .^{١٧}



شكل رقم (٢-٣)

٤-التجارب الاستطلاعية : تم اجراء التجارب الاستطلاعية لطينة البحث بدون اي مضافات عليها فكانت النتائج ذات قوام لدن سهل التشكيل ذو ملمس شبيه جدا لطينة الكاولين ولكن ضعيفة نسبيا ، بعد ذلك تم عمل ثلاث نماذج على شكل بلاطات بقياس (١٠X٥X١سم) وبعد الجفاف التام لهذه النماذج قام الباحث بفخر النماذج الثلاث بدرجات حرارة (٩٥٠ - ١٠٠٠ - ١١٠٠ م) ، وجاءت النتائج ناجحة بعد الفخر للنموذج بدرجة حرارة (٩٥٠ م) وهذا يعني انها اطيان تفخر بدرجة حرارة واطنة وكانت على هيئة شكل ظاهري (جسم فخاري) لذلك تحتاج الى مضافات اخرى لتعديل صفاتها عند الفخر وجعلها تتحمل درجات حرارة عالية .

٥- اختيار العينات : الطين : اختيرت طينة الكاولين مضافة مع طينة البحث لكونها من الأطيان الشائعة الاستخدام لدى الخزاف في انتاج الاجسام التي تتطلب لدونة عالية في التشكيل وتتحمل درجات الحرارة العالية .

جدول (١-٣) التحليل الكيميائي لطينة الكاولين^{١٨}

Total	L.o.i	K ₂ O	Na ₂ O	MgO	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂
98.0	17.4	0.2	0.8	5.58	15.	0.5	5.21	10.6	41.8
3	5	2			6	8		8	2

٦-اختيار المواد : قام الباحث باحضار الطينة بوزن (٣٠) كيلو غرام من المقلع الموجود بالقرب من الاخضر والذي يبعد قرابة (٤٠) كيلو متر عن مركز محافظة كربلاء كذلك تم استخدام طينة الكاولين دويخلة البيضاء (١٠ كغم) .

٧-التحليل الكيميائي: ان الحصول على التحليل الكيميائي لطينة البحث * مهم جدا لمعرفة العناصر والمواد الداخلة في مكوناتها ، وكذلك التعرف على التحليل الكيميائي للكاولين حيث تكمن اهمية التحليل الكيمياوي في معرفة كمية الالومينا والسيليكا والمواد والعناصر والمركبات الصاهرة الاخرى في طينة الكاولين وطينة البحث ، وكذلك معرفة درجة نقاوة المواد الاخرى التي يمكن من خلالها تكوين خلطات مناسبة لتكوين اجسام فخارية تستخدم فيما بعد لإنتاج زجاج

الخزف ، حيث يبين التحليل الكيماوي نسبة الشوائب ووجود المواد العضوية والاملاح ، ومن خلال التحليل الكيماوي للمواد الاولية نتعرف على الخواص الحرارية للخامات المستخدمة في البحث كما مبين في الجدول (٢-٣) .

جدول (٢-٣) التحليل الكيماوي لطينة البحث

P ₂ O ₃	K ₂ O	SO ₃	TiO	Na ₂ O	MgO	CaO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	%
-	1.9	1.3		-	4.7	14.3	5.97	12.3	42.7	طينة البحث
		2			8	5		5	5	

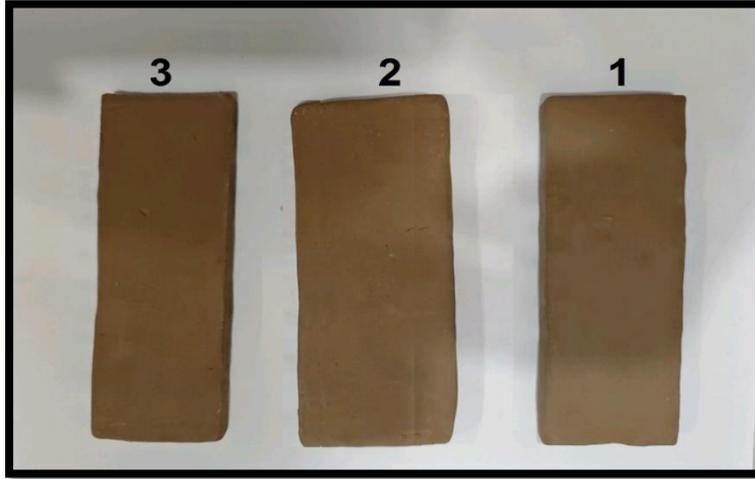
٨- تهيئة الخلطات : تم عمل ثلاث خلطات لهذا البحث من اجل الحصول على افضل خلطة تحقق فرضية البحث كما في الجدول (٣-٣) .

جدول (٣-٣) خلطات الطين المقترحة

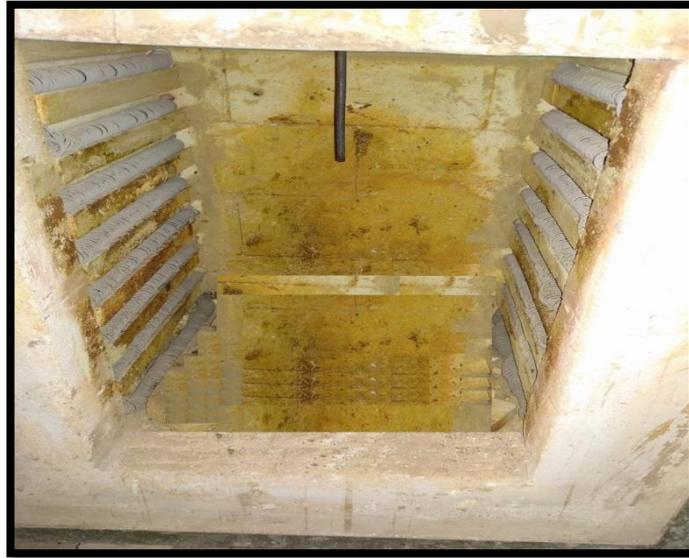
رقم الخلطة	اطيان حمراء مرسبات المقالع %	طينة الكاولين %
١	٧٠	٣٠
٢	٨٠	٢٠
٣	٩٠	١٠

٩- تحضير طينة الخلطات : تم تحضير طينة الخلطات بالطريقة التقليدية من خلال اضافة الماء على الطين مع المزج الجيد وغريلة الرائب بواسطة غربيل (٨٠ Mush) ويترك الرائب على قطعة قماش لكي يجف الى ان يصبح طينة لدنة سهلت التشكيل باليد .

١٠- تشكيل نماذج الخلطات وتجفيفها : بعد ان اصبحت الطينة جاهزة للتشكيل قام الباحث بعمل نموذج من كل خلطة بطريقة الكبس اللدن بقالب جبس بقياس (١٠x٥x١ سم) بعدها تترك لمدة (٥) ايام لتجف بدرجة حرارة الغرفة كما في الشكل (٣-٣) تحضيراً لعملية الفخر داخل الفرن الكهربائي .



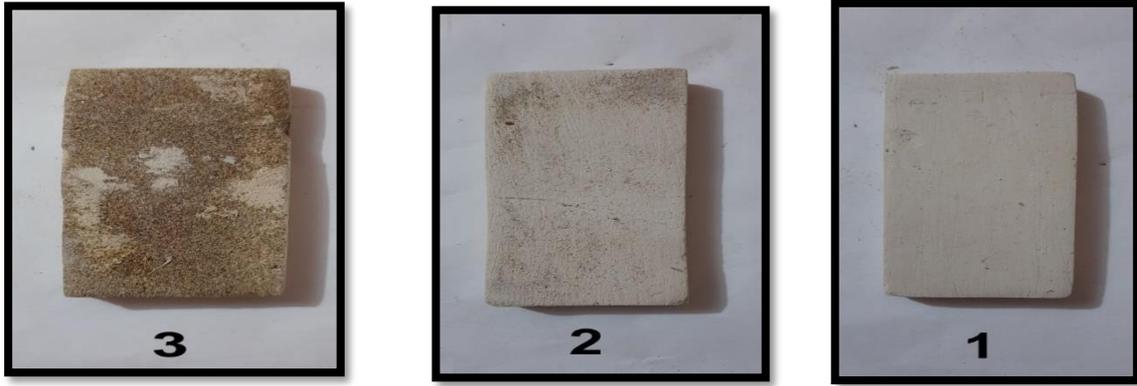
تهيئة الفرن : تم استخدام الفرن الكهربائي في جامعة الفرات الاوسط / معهد تقني نجف وهو بقياس (٣٠ × ٣٥ × ٤٨) سم من الداخل مع لوحة سيطرة الكترونية لقياس درجة الحرارة ، كما في الشكل (٣-٤) .



شكل رقم (٣-٤)

١١- تجفيف وحرق النماذج : تم تجفيف النماذج بصورة سريعة بعد التشكيل تركت بدون غطاء ، تمت عملية الجفاف بشكل كامل بعد ٤ ايام كما في الشكل (٣-٥) .

بعد ذلك تم فخر النماذج بدرجة حرارة (٩٥٠ م°) حرقت سريع
في درجة حرارة الغرفة _____ م° ٢٥٠ ساعة واحدة
_____ م° ٥٠٠ ساعة واحدة
_____ م° ٩٥٠ ٢ ساعة



شكل رقم (٣-٥)

١٢- فحص مقاومة الكسر: تم عمل نماذج بقياس (١٠×٥×١ سم) من الخلطات في الجدول اعلاه على شكل بلاطات لفحص مقاومة الكسر للطينة المنتجة وتم الفخر بدرجة حرارة (٩٥٠ م) شكل (٣-٦) وتم الفحص باستخدام ضاغطة هيدروليكية ميكانيكية وجاءت النتائج كما في الجدول (٣-٤) .

جدول (٣-٤) نتائج فحص مقاومة الكسر

نوع الطينة	مقاومة الكسر bar/ cm
خلطة رقم ١	٨,٤
خلطة رقم ٢	٨.١
خلطة رقم ٣	٧,٦



شكل رقم (٣-٦) (جهاز فحص مقاومة الكسر)

تم اجراء الفحص في مختبر المعهد التقني نجف .

١٣- الفحوصات التي اجريت على النماذج : ان مقاومة الاجسام الفخارية للإجهادات الميكانيكية تعتمد على نوع المواد الاولية ونسبها ودرجة الحرارة فحدوث توافق بين هذه العوامل الثلاثة يؤدي الى انتاج جسم فخاري مقاوم وجيد مع سطح يمتلك صلادة بينية وكثافة عالية اذ انها تتناسب طردياً مع الصلادة وعكسياً مع المسامية والامتصاص وعليه فان اختلاف نسبة تحمل الاجهادات الميكانيكية لنماذج البحث تعتمد بشكل اساسي على التوافق بين هذه العوامل وكمية المواد المضافة .

١٣-١ الخواص الفيزيائية للنماذج المحروقة :

١ - الانكماش (التقلص الطولي) :

هو من المراحل والخطوات المهمة في تشكيل الجسم الفخاري ، فالانكماش غير المنتظم قد يسبب تشوهات في الجسم الفخاري اثناء التجفيف والحرق ، لذلك تم حساب التقلص الطولي قبل الحرق اي بأخذ قياسات للنماذج بعد التشكيل مباشرة ثم وضعها في فرن حراري وبدرجة (١٥٠م) لمدة يوم واحد ومن ثم اخذت قياساتها مرة ثانية تم حساب التقلص الطولي بعد الجفاف بالنسبة الى حالته الرطبة وفق المعادلة التالية ، وكانت النتائج كما في جدول (٣-٥) :

حيث أن : $PL =$ الطول الطري .

$$\frac{PL - DL}{PL} \times 100$$

$DL =$ الطول الجاف .

وبعد حرق الاجسام الطينية وحدثت التفاعلات بين المواد المساعدة على الصهر والمكونات الاخرى وبعد تكوين الطور

الزجاجي الذي يتجمد بعد التبريد مؤديا الى تقارب الدقائق محدثا تقلصا في الجسم ، اذ تم قياس التقلص الطولي الى الحالة الجافة للنموذج بعد ادخال النماذج الى الفرن وحرقها بدرجة الحرارة المقررة وهي (٩٥٠ م) ومن ثم تبريدها الى حرارة الغرفة حيث تم حساب التقلص وفق المعادلة الاتية :

$$\frac{DL - FL}{DL} \times 100$$

حيث أن : $DL =$ الطول الجاف .

$FL =$ الطول بعد الحرق .

٢ - الامتصاص :

كمية الماء الذي يمتصه الجسم الفخاري والذي يشغل المسامات الناتجة عن عملية الفخر حيث يدخل الماء مكان المواد العضوية والماء المتبخر وعند استمرار الحرق في درجات حرارة عالية تقل خاصية الامتصاص بفعل تفاعل المواد الصاهرة مع مكونات الجسم الرئيسية خلال تكوينها الطور الزجاجي نتيجة تقارب جزيئات الطين ، وتعتبر المسامية من الخواص المهمة في الخزف لأنها تسمح بامتصاص الوسط المعلق لجزيئات الزجاج في خلطاته اثناء التطبيق ، وقد حسبت نسبة الامتصاص للنماذج المحروقة بدرجة حرارة (١٢٠ م) لمدة ٢٤ ساعة باستخدام جهاز

فحص النماذج الفخارية كما في الشكل (٣-٦ أ) وبعد التبريد تم وزنها بواسطة ميزان حساس كما في الشكل (٣-٧ ب) ثم غطست النماذج في الماء لمدة ٢٤ ساعة واخرجت وهي مشبعة وازيل عنها الماء الزائد وحسبت نسبة الامتصاص حسب العلاقة الاتية ، وكانت النتائج كما في جدول (٣-٥) :

$$\text{حيث أن } W W = \text{وزن النموذج المغطوس بالماء .}$$

$$\frac{WW - DW}{W W} \times 100$$

$$DW = \text{وزن النموذج المحروق وهو جاف .}$$

٣- المسامية الظاهرية :

تؤثر درجة حرارة الحرق للأجسام الفخارية بشكل كبير على مساميتها حيث ان المسامية الظاهرية تشكل الفراغات المتكونة نتيجة عملية حرق الاجسام الفخارية وتكون عادة متصلة بعضها ببعض عبر قنوات شعرية تسمح بدخول الماء بسهولة للجسم الفخاري وتتأثر المسامية الظاهرية بارتفاع درجة حرارة الحرق فضلا عن ان المسامية تتحكم في نسبة امتصاص الماء ومقاومة التشققات والاجهادات الميكانيكية كقوة التحمل ومقاومة ضد التغيرات الحرارية المفاجئة.

وقد حسبت المسامية حسب العلاقة الاتية ، وكانت النتائج كما في جدول (٣-٥) :

$$\text{حيث أن :}$$

$$WB - WA$$

$$\frac{WB - WA}{WB - WC} \times 100$$

$$WA = \text{وزن النموذج المحروق جاف .}$$

$$WB = \text{وزن النموذج المحروق مشبع بالماء .}$$

$$WC = \text{وزن النموذج المحروق وهو مغمور بالماء .}$$

٤- الكثافة الحجمية :

ان للكثافة الحجمية تأثيرا في تحديد التحملات الميكانيكية والحرارية للأجسام الفخارية ، فان ارتفاع الكثافة الحجمية يؤدي الى زيادة في المتانة والصلادة ، اما انخفاضها يؤدي الى قلة المتانة للانموذج ، وتعتمد نسبة الكثافة الحجمية للأجسام الفخارية على درجة حرارة الحرق ومدته وفترة الانضاج ونسب المواد الصاهرة الداخلة في تكوين الخلطة ، وتحسب وفق العلاقة الاتية ، وكانت النتائج كما في جدول (٣-٥) :

$$\text{حيث أن :}$$

$$\frac{WA}{WB - WC} \times 100$$

$$WA = \text{وزن النموذج المحروق وهو جاف .}$$

WB = وزن النموذج المحروق وهو مشبع بالماء .

WC = وزن النموذج المحروق وهو مغمور بالماء .

وقد تم اجراء هذه الفحوصات في جامعة الفرات الاوسط / معهد تقني نجف باستخدام جهاز (DAHO METER)

شكل (٨-٣) .



الشكل (٧-٣ أ-ب)



شكل (٨-٣) جهاز (DAHO METER)

الفصل الرابع

٤-١ مناقشة جدول الخلطات :

ان اساس فكرة البحث تعتمد على استثمار الاطيان الحمراء المترسبة من المقالع والمستخرجة مع الرمال والاحجار وهي من المعادن الطبيعية حيث ان كثرة استثمار المقالع خلال العقود الماضية في كثير من المحافظات العراقية بسبب ظروف الحصار واثم الحاجة المتزايدة على البناء فيما بعد من خلال الزيادة السكانية ادى الى استثمار الاراضي وما تحتويه من موارد طبيعية غير مستغلة، لذلك سلط هذا البحث الضوء على هذه الاطيان ومدى امكانية تصنيع

اجسام فخارية مناسبة لا نتاج اجسام مقاومة وصلبة تكون قريبة من حيث المواصفات القياسية للأطيان الاخرى المحلية وهذا ما سنسلط الضوء عليه في البحث الحالي ، لذلك اقترح الباحث على صياغة مجموعة من الخلطات من هذه الخامة (الاطيان الحمراء المترسبة) على ان تكون هي الاعلى والاكثر نسبة في جميع خلطات البحث ، ولغرض المقارنة والمناقشة الموضوعية تم اعتماد مجموعة من الخلطات حيث اعتمد في الخلطة الاولى والتي رمز لها بالرمز (١) أي بمعنى الفورمله (١) وتحتوي على طينة حمراء (٧٠%) مع (٣٠%) من طينة الكاؤولين اما في الخلطة الثانية والتي رمز لها بالرمز (٢) فتم اضافة (٢٠%) من طينة الكاؤولين و(٨٠%) طينة حمراء وفي الخلطة الثالثة (٣) فتم اضافة (١٠%) من طينة الكاؤولين و(٩٠%) من الطينة الحمراء التي مثل طينة البحث ، ومن اجل تعديل مواصفات هذه الطينة تم الرجوع الى التجارب الاستطلاعية التي تم اجرائها على الطينة تبين ان هذا الطين هو ضعيف من حيث البنية بعد الفخر داخل الفرن بسبب انها من الاطيان الثانوية ، لذلك اقترح الباحث اضافة طينة الكاؤولين من اجل تعديل مواصفاتها .

٤-٢ مناقشة نتائج الخواص الفيزيائية :

تمت مناقشة جدول الخواص الفيزيائية بالاعتماد على مكونات كل خلطة بالمقارنة مع الفحوصات التي تم اجراءها من خلال وزن النموذج وهو جاف وكذلك فحص النموذج بعد الفخر من اجل اجراء الفحوصات الداعمة وهي فحص (التقلص والامتصاص والمسامية والكثافة والانكماش ومقاومة الكسر) وهذه الفحوصات هي كفيلة باظهار ومعرفة مدى مقاومة هذه الخلطات وقابليتها وفعاليتها في انتاج الاجسام الفخارية المناسبة ، لذلك تم عمل ثلاث نماذج هندسية بقياس (١٠x٥x١) وبعدها تم الفخر بدرجة حرارة (٩٥٠ م) ، من اجل اختبار جاهزية هذه الخامة للفحوصات اعلاه ، وبعد اكمال النماذج جميعها تم اجراء جميع الفحوصات والحسابات الرياضية الخاصة بكل فحص ، فنجد عند مناقشة الخلطة (١) ان مقاومة الكسر هي اعلى قياسا بالخلطة الثانية والثالثة بسبب اضافة طينة الكاؤولين عليها التي تعمل على زيادة قوة الاصرة والتماسك والصلابة ، كذلك نلاحظ ان الوزن بعد الفخر لم يتغير كثيرا مقارنة مع باقي الخلطات وكذلك الحال مع التقلص في الطول بعد الجفاف وبعد الفخر حيث لم يتغير كثيرا وهذا يعتبر من المواصفات القياسية لطينة الفخار ، اما الامتصاص والمسامية والكثافة الحجمية فقد كانت القراءات ضمن الحدود المعتمدة للأطيان التي تستخدم في مجال الفخر وانتاج الفخار لذلك تعتبر هذه الطينة من الاطيان المعتمدة في انتاج الفخار ، ويرى الباحث ان جميع الفحوصات التي تمت (الامتصاص - المسامية - الكثافة الحجمية - الانكماش) هي فحوصات داعمة للبحث .

جدول (٣-٥) نتائج فحوصات البحث

رقم الخلطة	درجة الفخر	الوزن جاف عم	الوزن بعد الفخر. عم	التقلص في الطول بعد الجفاف	التقلص في الطول بعد الفخر	الامتصاص %	المسامية %	الكثافة الحجمية %	فحص الانكماش %	فحص مقاومة الكسر (Bar)
------------	------------	--------------	---------------------	----------------------------	---------------------------	------------	------------	-------------------	----------------	------------------------

٨,٤	٢,١	147.3	37.8	25.6	٩,٦ سم	٩,٨ سم	٩٠,١	١٠٠	٩٥٠	١
٨,١	1	164.5	31.2	٢٣,٣	٩,٥ سم	٩,٧ سم	٨٨,٩	١٠٠	٩٥٠	٢
٧,٦	١	149.4	36.19	24.2	٩,٥ سم	٩,٧ سم	٨٨,٧	١٠٠	٩٥٠	٣

٣-٤ مناقشة نتائج مقاومة الكسر :

تم الفحص باستخدام ضاغطة هيدروليكية ميكانيكية وجاءت متوافقة مع طبيعة المضافات للطينة وقد تمت المقارنة من خلال حساب قيمة المقاومة لطينة البحث والنقطة الصفرية لطينة الكاؤولين وهي (٨,٣) والطينة الحمراء (٩,٨) والمقارنة بينهما نلاحظ من خلال جدول النتائج انخفاض قليل في مقاومة الكسر وجاءت النتائج لطينة البحث متقاربة بعض الشيء بسبب ان نسبة المضاف وهو طينة الكاؤولين لم يؤدي الى تغير كبير في صفات طينة البحث وكانت النتائج جيدة تقريبا لجميع الخلطات .

الفصل الخامس

١-٥ الاستنتاجات :

- ١- يمكن انتاج اجسام فخارية من الاطيان المترسبة في مقالع موقع البحث .
- ٢- يمكن الحصول على اطيان ذات مواصفات فيزيائية عالية مشابهة لمواصفات الاطيان الاخرى وذلك من خلال الاضافات .
- ٣- لهذه الاطيان جدوى اقتصادية مهمة حيث لا يبذل الباحثون جهدا في الحصول عليها باستخدام معدات والآت تكون عبئا على كاهل الباحث حيث تترك مباشرة على السطح بعد استخراجها .

٢-٥ التوصيات

- ١- يوصي الباحث باختيار مقالع تكون نسبة الاطيان المستخرجة كبيرة جدا للاستفادة منها في انتاج الفخار .
- ٢-٥ : المقترحات
- ١- دراسة امكانية استخدام انواع اخرى من الاطيان المستخرجة من مقالع لمواقع اخرى .
- ٢- تطبيق زجاج الخزف على السطوح الفخارية لطينة مرسبات المقالع ودراسة مدى تطابق الزجاج عليها .

احالات البحث :

- ١ ذنون ، عبد الرحمن ذنون واخرون : الواقع الحالي للمقالع وسبل تطويره ، المجلة العراقية لعلوم الارض ، المجلد ٢ ، العدد ٢ ، ٢٠٠٢ ، ص ٤٥ .
 - ٢ ذنون ، عبد الرحمن ذنون واخرون : الواقع الحالي للمقالع وسبل تطويره ، المصدر السابق ، ص ٤٢ .
 - ٣ ذنون ، عبد الرحمن ذنون واخرون : الواقع الحالي للمقالع وسبل تطويره ، المصدر السابق ، ص ٤٣ .
 - ٤ دانيل، هليل: اساسيات فيزياء التربة ، ترجمة مهدي ابراهيم عودة، مطبعة دار الحكمة، ١٩٩٠، ص ١٢٣ .
 - ٥ البصام ،خلدون صبحي: تقييم المواصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد الاولية المستعملة في صناعة طابوق البناء المفخور ، جيوسيرف ، رقم التقرير ٢٨٧٣ ، ٢٠٠٤ ، ص ٢٣ .
 - ٦ العابدين ، زين ، مصطفى، انجي عبد الله وآخرون: أساسيات علم الأراضى، دار جون وايلي وابناءه، الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافية العالمية، القاهرة، ١٩٨٥، ص ٢١٠ .
 - ٧ الحداد ، عبد الله : فن تشكيل الخزف ، وزارة التربية ، قطاع البحوث التربوية والمناهج ، مصر ، ط٢ ، ٢٠٠٩ ، ص ٧ .
 - ٨ الياسري ، افراح كاظم : خصائص الأطيان المحلية وصلاحيه استعمالها في المنتجات الخزفية ، رسالة ماجستير ، غير منشورة ، جامعة بابل ، كلية الفنون الجميلة ، ٢٠١٩ ، ص ١٤ .
 - ٩ مدين ، ايمان السيد واخرون: المعالجة الملمسية للطينات بإضافة المواد العضوية ، مجلة التربية النوعية، العدد٦، ٢٠١٧، ص ٤٥ .
 - ١٠ القيسي، فوزي عبد العزيز: تقنيات الخزف والزجاج ، ط١، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان، ٢٠٠٣، ص ١٨ .
 - ١١ بلدية ، رياض عبد القادر: فيزياء وميكانيك التربة ، دار الملاين للطباعة والنشر، دمشق ، سوريا ، ٢٠١٤، ص ٣١٥ .
 - ١٢ فلاح أبو نقطة وآخرون، مسح التربة وتصنيفها، دار الملاين للطباعة والنشر والتوزيع ، دمشق، سوريا، ٢٠١٤، ص ١٠٥ .
 - ١٣ الكنانى، مؤيد حنون سلمان: تحضير مونة من الطين الحراري والاسبستوس لتبطين الافران الحديثة للأغراض الصناعية ، رسالة ماجستير ، جامعة بغداد ، كلية التربية ، ٢٠٠٦ ، ص ١٧ .
 - ١٤ الكنانى، مؤيد حنون سلمان: تحضير مونة من الطين الحراري والاسبستوس لتبطين الافران الحديثة للأغراض الصناعية ،المصدر السابق ، ص ١٧ .
 - ١٥ فلاح أبو نقطة وآخرون، مسح التربة وتصنيفها ، المصدر السابق ، ص ١٠٦ .
 - ١٦ الشكرجي، محمد شاكر: الانضمام في التربة الطينية، مسائل وحلول، ط١، مؤسسة النبراس للطباعة، النجف الاشرف، العراق، ٢٠١٢، ص ٤ .
 - ١٧ الربيعي : عبد الكريم حسين ، التقييم الهندسي للحصى الخابط لقالع مختارة في محافظة كربلاء المقدسة ، مجلة جامع بابل ، للعلوم الهندسية ، ٢٠١٦، ص ٣٢٤ .
 - ١٨ البدرى ، علي حيدر صالح : التقنيات العلمية لفن الخزف ، ج ٢- ٣ ، جامعة اليرموك ، الاردن ، ٢٠٢٢ ، ص ٣٩ .
- * تم اجراء الفحص في الهيئة العامة للمسح الجيولوجي في بغداد عام ٢٠٢٤ .

المصادر :

- أ- ذنون ، عبد الرحمن ذنون واخرون : الواقع الحالي للمقالع وسبل تطويره ، المجلة العراقية لعلوم الارض ، المجلد ٢ ، العدد ٢ ، ٢٠٠٢ .
- ب- دانيال، هليل: اساسيات فيزياء التربة ، ترجمة مهدي ابراهيم عودة، مطبعة دار الحكمة، ١٩٩٠ .
- ت- البصام ،خلدون صبحي: تقييم المواصفات الفيزيائية والكيميائية للمواد الاولية المستعملة في صناعة طابوق البناء المفخور ،
- ث- جيوسيرف ، رقم التقرير ٢٨٧٣ ، ٢٠٠٤ .
- ج- العابدين ، زين ، مصطفى، انجي عبد الله وآخرون: أساسيات علم الأراضي، دار جون وايلي وابناءه، الجمعية المصرية لنشر المعرفة والثقافية العالمية، القاهرة، ١٩٨٥ .
- ح- الحداد ، عبد الله : فن تشكيل الخزف ، وزارة التربية ، قطاع البحوث التربوية والمناهج ، مصر ، ط٢ ، ٢٠٠٩ .
- خ- الياسري ، افراح كاظم : خصائص الأطيان المحلية وصلاحيه استعمالها في النتاجات الخزفية ، رسالة ماجستير ، غير منشورة ، جامعة بابل ، كلية الفنون الجميلة ، ٢٠١٩ .
- د- مدين ، ايمان السيد واخرون: المعالجة الملمسية للطينات بإضافة المواد العضوية ، مجلة التربية النوعية، العدد٦، ٢٠١٧ .
- ذ- القيسي، فوزي عبد العزيز: تقنيات الخزف والزجاج ، ط١، دار الشروق للنشر والتوزيع ، عمان، ٢٠٠٣ .
- ر- بلدية ، رياض عبد القادر: فيزياء وميكانيك التربة ، دار الملاين للطباعة والنشر، دمشق ، سوريا ، ٢٠١٤ .
- ز- فلاح أبو نقطة وآخرون، مسح التربة وتصنيفها، دار الملاين للطباعة والنشر والتوزيع ، دمشق، سوريا، ٢٠١٤ .
- س- الكناني، مؤيد حنون سلمان: تحضير مونة من الطين الحراري والاسبستوس لتبطين الافران الحديثة للأغراض الصناعية ، رسالة ماجستير ، جامعة بغداد ، كلية التربية ، ٢٠٠٦ .
- ش- الكناني، مؤيد حنون سلمان: تحضير مونة من الطين الحراري والاسبستوس لتبطين الافران الحديثة للأغراض الصناعية
- ص- الشكرجي، محمد شاكر: الانضمام في التربة الطينية، مسائل وحلول، ط١، مؤسسة النبراس للطباعة، النجف الاشرف، العراق، ٢٠١٢ .
- ض- الربيعي : عبد الكريم حسين ، التقييم الهندسي للحصى الخابط لقالع مختارة في محافظة كربلاء المقدسة ، مجلة جامع بابل ، للعلوم الهندسية ، ٢٠١٦ .
- ط- البديري ، علي حيدر صالح : التقنيات العلمية لفن الخزف ، ج٢-٣ ، جامعة اليرموك ، الاردن ، ٢٠٢٢ .