إمكانات الطينات الليبية في الصناعات الخزفية (بنمطقتي: أشكدة - تاروت)

The potential of Libyan clay in ceramic industries (in two regions: Ashkeda - Tarout)

أ.د/ أيمن علي جودة
أستاذ ورئيس قسم الخزف السابق – كلية الفنون التطبيقية – جامعة حلوان
Prof. Ayman Ali Goda
Professor of the Department of Ceramics - Faculty of Applied Arts - Helwan University
aymanalyalygouda@gmail.com
أ.د/ فتحي عبد الوهاب
أستاذ ورئيس الخزف السابق – كلية الفنون التطبيقية –جامعة حلوان
Prof. Fathy Abd-Elwahab
Professor of the Department of Ceramics - Faculty of Applied Arts - Helwan University
dr.fathy.a.wahab@gmail.com
م.م /إبراهيم سالم إسماعيل
باحث دكتوراه
Assist. Lect. Ibrahim Salem Ismail
PhD researcher Assist.
ibrahim.s.r.ismail@gmail.com

الملخص:

أجريت هذه الدراسة للتعرف على مدى إمكانية استخدام طينات جنوب ليبيا (شمال وجنوب منطقة أشكدة وتم ترميزهما في البحث(A1,B2)، ومنطقة تاروت رمزت (C3) ، للاستخدامات الخزفية الصناعية المختلفة ، من خلال التعرف على الخواص الفيزيائية والكيمائية حيث تم إجراء اختبارات معملية (تحليل معامل اللدونة وتحليل نسبة الماء المضافة للطينات المستخدمة ، تحليل التدرج الحبيبي باستخدام الليزر، التحليل الكيميائي XRF LAB ، تحليل الحيود الحراري التفاضلي DTA, TDA ، تحليل الأشعة السينية XRD , X-RAY)،للتعرف على مواصفات الطينات المستخدم ، وتم حريق الطينات في درجات حرارة مختلفة (950م° ، 1000م° ، 1050م° ، 1100م° ،1150م°)للتعرف على درجة النضوج المناسبة من خلال قياس درجة (الكثافة ، المسامية وامتصاص المياه ، الانكماش الكلي، التدرج اللوني) وذلك بالوصول لأعلى نسبة كثافة واقل مسامية وامتصاص و اعلى قوة صلابة .

ويتضح من خلال الاختبارات والتحاليل المعملية التي أجريت للطينات الثلاثة(A1,B2,C3) بينت أن مناطق جنوب ليبيا تنوعت فيها بيئات الترسيب ، وبالتالي تنوع الرواسب المعدنية المتواجدة بها ، الأمر الذي نتج عنه اختلاف نوع الطينات المتحصل عليها وهي طينة منطقة تاروت(نوع كاولين وتعد من الأطيان الأولية المتبقية (Primary/Residual) أي أنها تكونت واستقرت في مكانها الأصلي، وهي ترجع لنوع WSCHحسب المواصفات الليبية تصنف من الطينات ذات المقاومة الحرارية المتوسطة والتي لا تزيد درجة الحرارة عن (1400م°)وحسب المعامل البصري هي ذات لون ابيض) وطينة منطقتي اشكدة (نوع طين ارضي وهي في الغالب أطيان رسوبية تكونت في عصور جيولوجية مختلفة بحيث أصبح من السهولة تصنيفها طبقاً للتكونات الجيولوجية، وهي من الطينات غير الحرارية تقع ما بين حدود الحرارية 950 م°-1000م°.

الكلمات المفتاحية:

الكاولين، الطين الارضي، الكثافة النوعية، المسامية، اللدونة.

Abstract:

This study was conducted to identify the extent of the possibility of using clays in southern Libya (north and south of the Ashkeda region, which were coded in the research (A1, B2), and the Tarout region symbolized (C3), for various industrial ceramic uses, through the identification of the physical and chemical properties where it was conducted Laboratory tests (plasticity modulus analysis, water additive analysis of the used slurries, granular gradient analysis using laser, XRF LAB chemical analysis, TDA, DTA, X-ray analysis X-RAY, XRD), to identify the specifications of the clays used. Clays at different temperatures (950 ° C, 1000 ° C, 1050 ° C, 1100 ° C, 1150 ° C) to identify the appropriate degree of maturity by measuring the degree of (density, porosity and water absorption, total shrinkage, color gamut) by reaching the highest density ratio, the lowest porosity, absorption and the highest hardness strength.

It is evident through the laboratory tests and analyzes that were conducted for the three clays (A1, B2, C3), which showed that the regions of southern Libya had a variety of deposition environments, and thus the diversity of the mineral deposits present in them, which resulted in the difference in the type of clays obtained, which is that of the Tarout region (Kaolin type) It is considered one of the remaining primary clays (primary / residual), meaning that it was formed and settled in its original place, and it is due to the type of WSCH according to the Libyan specifications. It is classified from clays with medium thermal resistance and the temperature does not exceed (1400 ° C) and according to the optical parameter it is white in color) Tine of the Ashkeda region (a type of earth mud, which is mostly sedimentary mudflats formed in different geological eras, so that it became easy to classify it according to the geological components, and it is a non-thermal clay located between the thermal limits of (950 CO – 1000 CO).

Keywords:

Kaolin, ground mud, specific density, porosity, plasticity.

مقدمة:

أرض الدولة الليبية لأزالت أرض بكر تحوي في باطنها العديد من الخامات المتنوعة، وهذه الخامات لم يتم الاستفادة من غالبية المواقع في الجانب التطبيقي في مجال الخزف مثل استخدام هذه الخامات في تصنيع الطلاء الزجاجي أو في صناعة الجسم الخزفي والذي تعد أساسية بالنسبة لصناعة الخزف.

وتعد الطينات من المواد الأساسية اللازمة في الإنتاج الخزفي، حيث تعتبر هي الأساس الذي يتوقف عليها ذلك الجسم، ومن خلال مواصفات تلك الطينات (كدرجة اللدونة، كمية الشوائب، ارتفاع نسبة الكاولينات، نسبة المواد الصاهرة) يمكن تحديد نوع الجسم الخزفي المراد تصنيعه ودرجة الحرارة المناسبة له، وطرق التشكيل التي تتماشى ومواصفات الطين

مشكلة البحث: من خلال دراسة المسح الجيولوجي لمركز البحوث الصناعية بطرابلس، وجد الباحث:

١. إن مواقع الطينات بليبيا كثيرة وفي أماكن متفرقة وبكميات كبيرة أيضا ملائمة من الناحية التعدينية، ولكنها غير مستغلة في أي صناعة، خاصة الصناعات الخزفية، الامر الذي يساعد من شأنه تحول الدولة من الاقتصاد الريعي والمعتمد على دخل واحد، إلى الاقتصاد الصناعي والمعتد على الأيدي الليبية.

٢. توجد في ليبيا حاليا كلية متخصصة بصناعة الخزف، ولكنها تعتمد على مكان اغلبها على مكان واحد لتغطية احتياجاتها (طينات مدينة غريان)، الأمر الذي يستنزف خامات المكان علاوة إلى بعد المكان عن هذه الكليات والذي يسبب تكاليف باهظة في نقل هذه الخامات وهذا يعتبر عائق أيضا في محاولة التصنيع.

أهمية البحث:

تتلخص أهمية البحث في إلقاء الضوء على طينات جنوب ليبيا حيث تعتبر مناطق، (اشكدة، تاروت) من المواقع المهمة التي تحوي كميات كبيرة من الطينات الخزفية، أيضا والمختلفة في نوعها (الكاولين، الطين الأرضي) وبالتالي يعود هذا بالنفع على الصناعات الخزفية المختلفة المتنوعة الإنتاج، (مثل صناعة الحراريات، الخزف الداخل في العمارة، البورسيلين إلخ)

أهداف البحث: تتلخص أهداف البحث في:

١.الحصول على طينات محلية تصلح للإنتاج الخزفي.

٢. التعرف على إمكانات الطينات المستخدمة الفيزيائية.

٣. تشجيع صناعة الخزف محليا، وصقل مهارات الطلاب وتطوير قدراتهم.

٤. يخدم هذا البحث المهتمين بهذا المجال، أيضا يغذي المكتبات الليبية.

٥. استحداث خبرات محلية تخدم صناعة الخزف.

الطينات:

"هو الاسم الذي يطلق عادة على الصخور الرسوبية كلها أو أكثر أو أقل والتي تستمد من تغيرات الصخور الأولية[1]، وتتكون من مواد أرضية غير عضوية على هيئة رواسب سائبة تتكون من جسيمات تقل أبعادها عن 0.05 من المليمتر، ولا تتوقف على التركيب الكيميائي للمادة ذاتها[7] ،فهي مادة معدنية بنية بللورية لوحية (Sheet structure)، مكونة من سيليكات الألمونيوم المائية $Al_2O_3. 2SiO_2. 2H_2O$ تتماسك، وتكتسب خاصية اللدونة عند خلطها بالماء وتتصلد، وتتغير خواصها الكيميائية والفيزيائية بعد الحريق[4].

أصل الطينات:

الطين مادة خزفية لأنه يحتوي عناصر فلزية وغير فلزية في تركيبه، فهو مكون أساساً من سيليكات الألومنيوم المائة مع بعض الشوائب مثل أكاسيد الحديد والكالسيوم والماغنيسيوم والقلويات كالرمل وبقايا الصخور الأم وبعض المواد العضوية، والطين مادة أرضية مصدرها الصخور الأولية، مثل صخور الجرانيت التي تتكون أساساً من المعادن الصخرية كالفلسبار والكوارتز والميكا، وقد جرى تحلل هذه الصخور الطبيعية مع الزمن بفعل عوامل التعرية (الماء والريح وما يصحب ذلك من التغيرات الكيميائية [3].

تصنيف وأنواع الطينات:

تصنيف الأطيان: تصنف الطينات على أساس أصلها واستخدامها أو الاثنين معاً. وإن الجيولوجي يعتمد على أصل حيث صنفت إلى:

١. الطينات المتبقية (الأولية) Primary Clay

٢. الطينات المنقولة (الثانوية) الرسوبية Secondary Clay

١. **الطينات الأولية:** تكونت من تفتت وتحول الصخور القريبة من الصخور الأم إلى الطين من دون التعرض إلى عوامل النقل أي لم يتم تحريكها بواسطة القوى الطبيعية كالرياح والماء إذا تكون أحجام حبيباتها متباينة وأغلبها كبيرة نسبياً وتتميز بلونها الأبيض وقلة لدونتها وهي من أكثر أنواع الأطيان نقاوة ومن هذه الأنواع الطين الصيني (China Clay).

٢. **الطينات (الثانوية) الرسوبية:** وهي الأطيان التي نقلت من أماكن تواجد الصخور الأصلية التي تكونت فيها بواسطة فعل المياه والرياح. وتتم هذه العملية بنقل الأطيان مع الحصى والرمل والصخور بمختلف أنواعها وتسير أسفل مجرى المياه الناقلة للأطيان حاوية على الكثير من الشوائب كالمواد العضوية والمواد المعدنية كالحديد والكوارتز والمايكا والقلويات ومادة الكربونات التي يكون الماء قد جرفها مع التيار والاحتكاك أثناء نقلها وتفاعلها المتبادل مع قوى التعرية تقل معدل حبيباتها كما يتطور تشابه حجمها وشكلها كثيراً وهذا يفسر تعقيد تركيب أو مكونات الطينات الثانوية واختلافها عن طينات الكاولين التي تتكون في مواقع الصخرة الأم وبدون حركة. وتسمى أيضاً بالطين الثانوي (Secondary Clay) وتكون واسعة الانتشار في العالم وتتميز هذه الطينة بخاصيتها اللدنة العالية وقابليتها على التشكل[2] .

والطينات الطبيعية تحتوي بجانب المعدن الطيني على شوائب أخرى ناتجة إما عن بقايا الصخرة الأم أو مركبات تعلقت بالطين عند نقله من أماكن التكوين إلى أماكن الترسيب، وهذه الشوائب ذات أثر واضح على خواص الأطيان، ويعتمد أثرها على: -

طبيعة الشوائب وكميتها، وعلى حجم وشكل حبيبات الطين والشوائب، وعلى ظروف التفاعل من حيث درجة الحرارة، فترة التفاعل وجو الفرن.

تشتمل الشوائب على الآتي: -

* الطينات المحضرة عادة تحتوي قلويات، بينما المعادن التي بها يحتوي قلويات مثل معادن الفلسبار والميكا – عادة تحتوي زيادة من الالومينا والسيليكا.

* مثل هذه الشوائب غير ضارة طالما أنها مسموح بها في تركيبة الجسم.

* القلويات الأرضية التي عادة تتواجد بكميات صغيرة في الطينات وفي الفلسبارات تعمل كمصهرات، وأكثر الشوائب وأهمية خاصة في الطينات هو أكسيد الحديد.

* الخزف "الشائع" والذي أحياناً يتكون كلية من طين أحمر قد يحتوي حوالي ١٠% أكسيد حديديك Fe2O2 ويمكن أن تتفاعل أكثر هذه الكميات مع السيليكا وتكون مصهور خاصة في وجود القلويات الأرضية، وذلك عند درجة حرارة منخفضة نسبياً (حوالي ١٠٠٠ °م) وبالتالي تحتاج إلى درجة حرارة أعلى قليلاً لإنتاج منتج صلب نهائي.

* ثاني أكسيد التيتانيوم شائبة أخرى تتواجد عادة في الطينات وهو يساعد على بلورة المولايت والكريستوباليت (كعامل حفاز يشجع التفاعلات الكيميائية)، ويزيد بدرجة كبيرة من التأثير اللوني للأكاسيد المعدنية الأخرى، خاصة أكاسيد الحديد[6][5].

المواقع التي تم دراستها هي الطينات:

تاروت:

الموقع والوصف الجيولوجي: تقع بالجزء الشمالي لخام الحديد بتاورت وعلى مسافة ٥ كم جنوب غرب قرية قطه حيث تقع ضمن عضو الحجر الطيني الأخضر السفلي التابع للتكوين العلوي الحامل للحديد (تكوين أشكدة) ويوجد على هيئة ثلاثة نطاقات أفضلها العلوي والذي يتكون من طينات يغلب عليها اللون الرمادي، والرمادي المزرق ويتكون من معدن الكاولين وبعض الأيليت مع وجود تداخلات من الغرين ويتراوح سمك الطبقة الطين ما بين ٥,١ – ٦,٦

والخامة المتحصل عليها هى طينة الكاولين (Kaolin):-

وقد تكون الكاولينايت، وهو المعدن الرئيسي في طينة الكاولين نتيجة تحطم الصخور الجرانيتية تحت ظروف حرارية عالية (Hypogenic). وعلى الرغم من أن تفاصيل التفاعلات الكيميائية غير واضحة بالكامل، إلا أن كثيراً من الباحثين أكثر اقتناعاً بنظرية الانبعاث الناري (The igneous emanation) التي تؤكد أن التفاعل الرئيسي يحدث مع فلسبار البوتاس (Potash feldspar)، الذي يتحول إلى كاولين نتيجة الغازات البركانية الحمضية الساخنة (بورون، فلور وثاني أكسيد الكربون وغيرها...) وهي جميعها وسائل نشطة أدت لتحليل الصخور الفلسبارية إلى كاولين في أعماق سحيقة، هذا إضافة إلى السيليكا والبوتاس، أما العناصر الأخرى المكونة لصخرة الجرانيت، وهي الكوارتز والمايكا، فإن درجة التأثير عليها لا تكاد تذكر، ولكن هذا لا يستبعد تكون كميات قليلة من مركبات الفلوسبار والتورمالين.

وعلى العموم فأي كان المنشأ، فإن أطيان الكاولين تعد من الأطيان الأولية المتبقية (Primary/Residual) أي أنها تكونت واستقرت في مكانها الأصلي وهذه أحد خصائصها.

وفي ليبيا توجد التكوينات الكاولينية في عدة مناطق أهمها:-

ترسبات منطقة سبها والتي تقع في ثلاث نطاقات، يعتبر النطاق الأوسط أفضلها من حيث النوعية إذ يحتوي على الأطيان الحرارية والخزفية، ويشتمل على معظم الاحتياطيات للأطيان الصالحة للصناعة.

وقد تم تصنيف هذه الأطيان حسب ما تحتوي من الالومينا، ومقاومتها الحرارية في المقام الأول، وكذلك تبعاً لما تحويه من أكسيد الحديد والسيليكا، وخواص فيزيائية أخرى، وفقاً لما يلي:-

- **النوعية (W1)** أطيان كاولينية لونها أبيض إلى رمادي فاتح وهي ذات مقاومة حرارية عالية، ثبت صلاحيتها لصناعة الطب الحراي حتى درجة حرارة ١٤٦٠°م.

- **النوعية (WSCH)** وهي ذات مقاومة حرارية متوسطة، ويتراوح اللون بين الرمادي الداكن إلى الأزرق، وثبت صلاحيتها لصناعة الطوب الحراري للأفران التي لا تزيد درجة الحرارة فيها عن ١٤٠٠°م.

- **النوعية (W2)** وهي ذات مقاومة حرارية منخفضة، يتراوح اللون بين الأزرق والبنفسجي. ثبت صلاحيتها للأفران حتى درجة حرارة ١٣٠٠°م.

الخواص الفيزيائية:-

الكاولين يتكون من كتل رخوة بيضاء أو مائلة للون الكريمي، سهلة التفتت، وذات لدونة منخفضة نسبياً، وخواص حرارية عالية، فهو ينصهر في درجة حرارة تصل إلى ١٧٨٠°م. ويميل اللون إلى البياض بعد الحرق نسبة لقلة كمية الحديد، ولذا فإنه من أقيم الأطيان في صناعة السيراميك. الحجم الحبيبي مرتفع نسبياً مقارنة بالطين المكور، ولا يغطي مدى كبيراً، فعلى سبيل المثال أن جسيمات الكاولين تصل إلى 0.3 ميكرون، بيد أن جسيمات الطين المكور أصغر بكثير من ذلك، وقد تصل إلى 0.02 ميكرون، وتوزيع جسيمات الكاولين يختلف باختلاف الجسم السيراميكي .[6]

والعينة المتحصل عليها متطابقة مع مواصفات كاولين (WSCH)

ثانياً- طينات اشكدة:

أشكدة (A1):

الموقع والوصف الجيولوجي: تقع الطينات بالقرب من الطريق الأسفلتي الموصل لمدينة براك وعلى مسافة حوالي 5 كم جنوب قرية أشكدة، حيث يتكون الطين من جزيئين العلوي ذو لون رمادي ضارب إلى اللون والسفلي ذو لون رمادي داكن ،ويتكون الطين من معدني الكاولينات حيث تتراوح سمك الخام من ٤,٥– ٦,٩ متر وتغطيها بعض السنتيمترات من الرمال الرياحية.

٢- أشكده (b2):

الموقع والوضع الجيولوجي: تقع هذه الطينات على مسافة 5 كيلومتر تقريبا شمال قرية أشكدة،١كم من الطريق الرئيسي، وهي باللون الأخضر و بعض درجات اللون الأصفر الداكن كما تزداد كمية الغرين مع الطين الأحمر ويتراوح سمك رواسب الطينات ما بين ٧-١١ متر ويصل إلى ١٣ متر في المنطقة الوسطى للخام حيث تتميز بدرجة كبيرة جداً من النعومة وكما أن درجة اللدونة عالية.

والخامات المتحصل عليها من نوع الأطيان الإنشائية (Structural Clays) أو الطين الأرضي:

ونعني بها الأطيان التي تدخل في صناعة المواد الإنشائية مثل الطوب أو الآجر بجميع أنواعه، (وبلاط الأسقف Roof tiles) أو ما يعرف بالقرميد، والأطيان التي تدخل في صناعة الاسمنت وغيرها. وهي في الغالب أطيان رسوبية تكونت في عصور جيولوجية مختلفة بحيث أصبح من السهولة تصنيفها طبقاً للتكونات الجيولوجية في أماكن تواجدها مثل أطيان العصر الديفوني (Devon)، الكربوني، الايوسيني...إلخ.

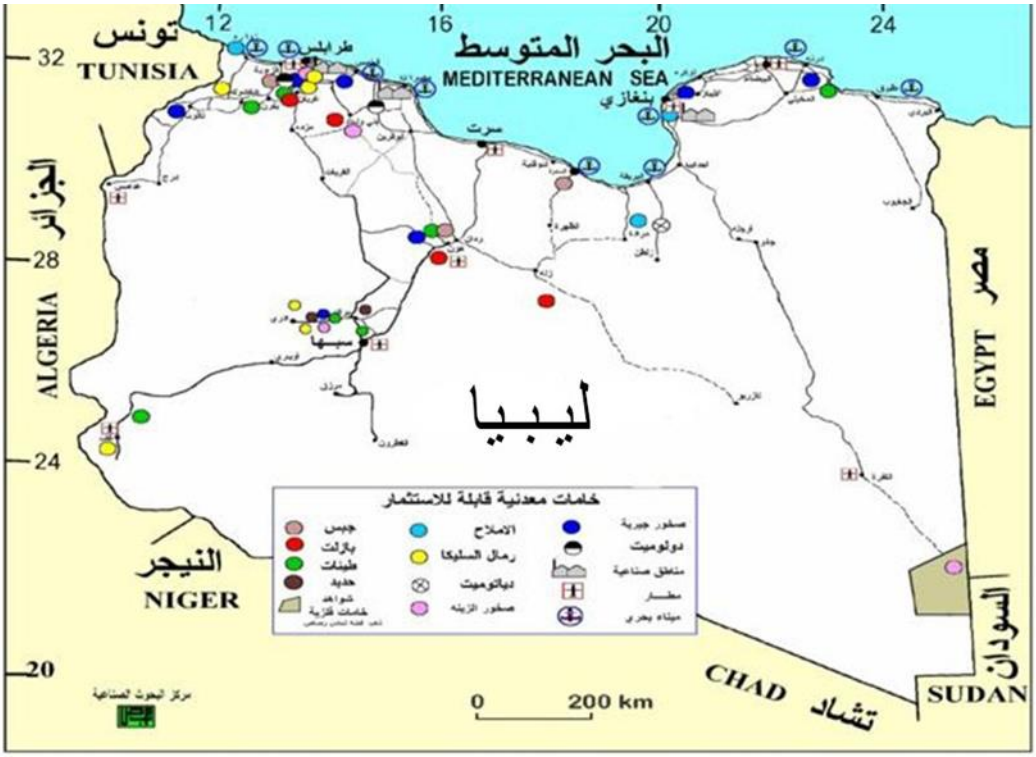
الخواص الفيزيائية:-

نلفت النظر إلى أن بعض الأطيان تتمدد بالحريق بسبب احتوائها على مركبات تطلق غازات أثناء الحريق مؤدية إلى الانفجار (Bloating). وبما أن الانكماش أثناء الحريق يحدث عادة نتيجة لتفاعلات متعلقة بالمعدن الطيني، إلا أن النسبة المئوية للانكماش عند درجة حرارة معينة يمكن ربطها مع النسبة المئوية للمواد ذات الجسيمات الأقل من 2 ميكرون.

ومن الخواص الهامة للأطيان الطوب خاصية اللون بعد الحريق. فاللون له ارتباط وثيق بكمية أكسيد الحديد، ويعتمد أيضاً على درجة النعومة، وجو الحرق في حالة الأكسدة والاختزال، ودرجة الحريق. كما يتحرر بوجود مركبات أخرى مثل أكاسيد الكالسيوم والمغنسيوم (CaO, MgO). ففي حالة الأكسدة يضفي الحديد لوناً أحمر لامعاً، يتدرج إلى اللون البني. بينما تتلاشى حدة اللون بوجود الأكاسيد المذكورة سابقا (MgO, CaO)، وعلى عكس ذلك تزداد حدة اللون بزيادة حرارة الحرق[6].

المنطقة	الموقع	الاحتياطي (مليون طن)	الوضع التعديني	ملاحظات
	اشكده (٢)	٦ مؤكد	ملائم جدا من الناحية التعدينية	تم دراستها تفصيليا ولاتستغل في الوقت الحالي
	تاروت	٢,٥ مؤكد	ملائم جدا من الناحية التعدينية	تم دراستها تفصيليا ولاتستغل في الوقت الحالي
	اشكده (١)	٣ مؤكد	ملائم جدا من الناحية التعدينية	تم دراستها تفصيليا ولاتستغل في الوقت الحالي

شكل (١) يوضح الكميات المقدرة بمناطق الدراسة [١]



الشكل رقم (٢) خريطة الخامات المعدنية بليبيا[1]

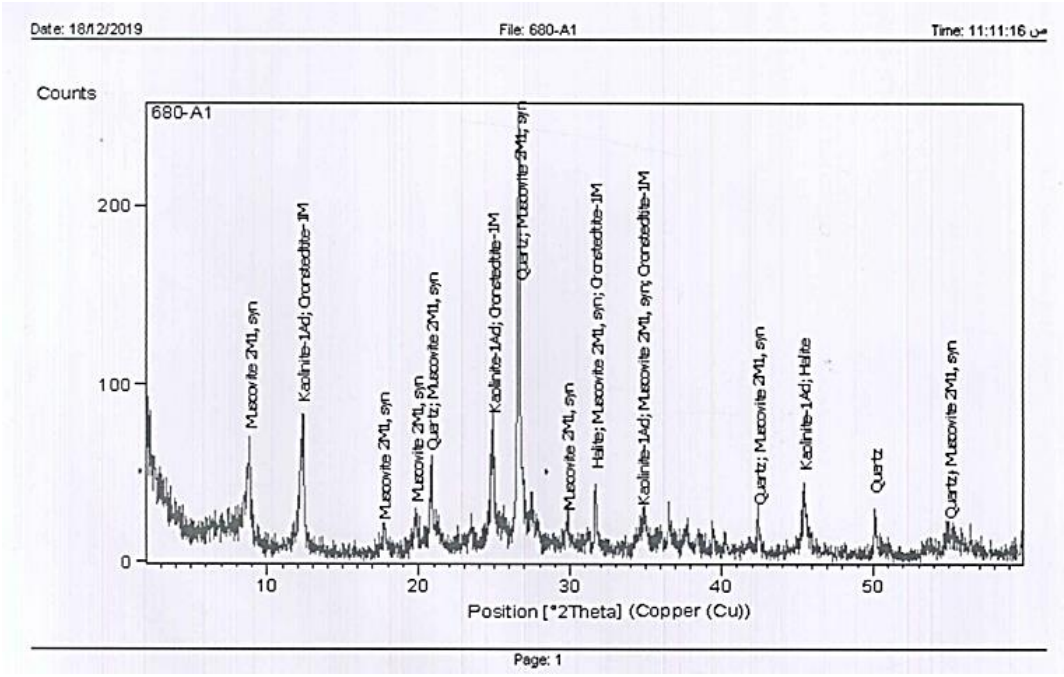
(XRF LAB)

C.N.	9626	9627	9628
D.N	A1	B2	C3
SiO2	49.29	51.09	53.90
TiO2	1.10	1.90	1.99
Al2O3	19.05	22.90	28.55
Fe2O3	11.30	7.90	3.01
MnO	0.06	0.03	0.01
MgO	0.95	0.45	0.01
CaO	0.16	0.20	0.21
Na2O	1.65	1.16	0.70
K2O	5.40	3.02	1.90
P2O5	0.05	0.01	0.13
Cl	2.44	1.22	<0.01
SO3	0.27	0.27	0.01
LOI	8.06	9.60	9.29

شكل رقم (٣) يوضح التحليل الكيميائي للعينات الثلاثة

Pattern List: **A1**

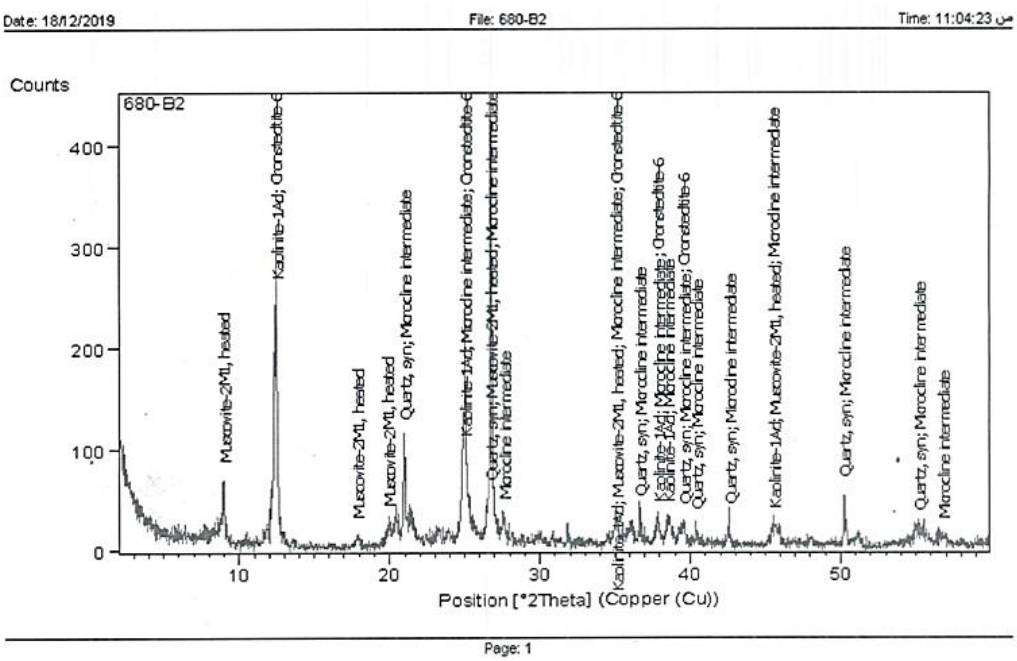
Ref. Code	Mineral Name	Chemical Formula	SemiQuant [%]
01-070-7344	Quartz	Si O2	55
00-058-2006	Kaolinite-1Ad	Al2 Si2 O5 (O H)4	25
01-076-3453	Halite	Na Cl	7
00-007-0032	Muscovite 2M1, syn	K Al2 Si3 Al O10 (O H)2	10
00-017-0470	Cronstedtite-1M	Fe3 (Si , Fe)2 O5 (O H)4	3



شكل رقم (٤) يوضح تحليل XRD للعينة (A1).

Pattern List: **B2**

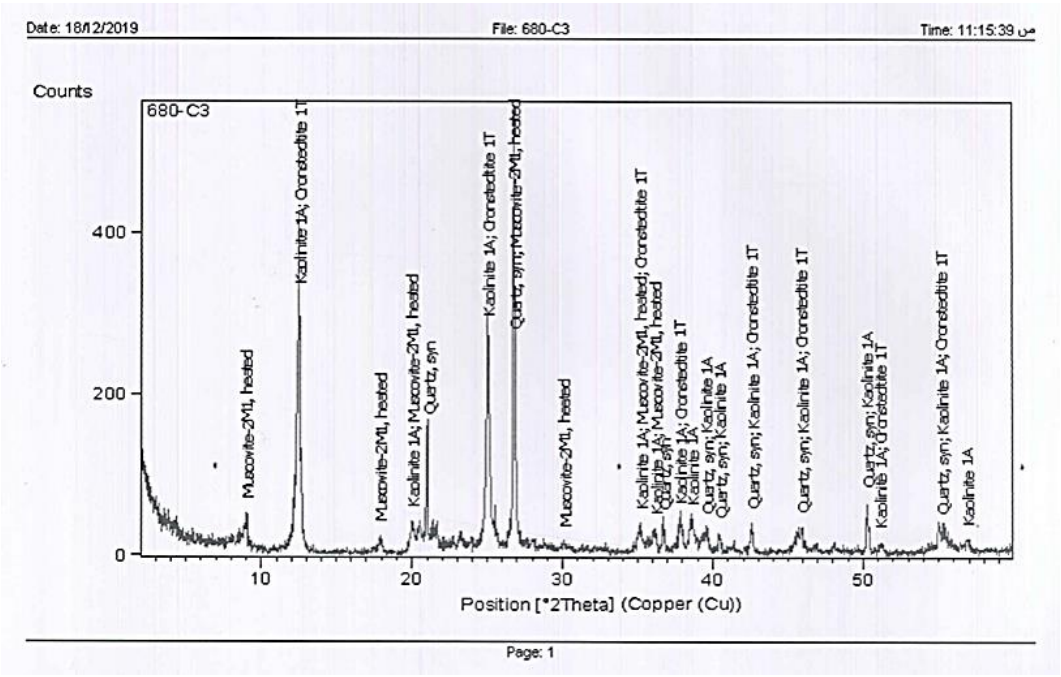
Ref. Code	Mineral Name	Chemical Formula	SemiQuant [%]
01-085-0865	Quartz, syn	Si O2	45
00-058-2006	Kaolinite-1Ad	Al2 Si2 O5 (O H)4	40
00-058-2037	Muscovite-2M1, heated	K Al2 (Si , Al)4 O10 (O H)2	8
01-071-0955	Microcline intermediate	K (Al Si3 O8)	5
01-072-1675	Cronstedtite-6	Fe3 Fe Si O4 (O H)5	2



شكل رقم (٥) يوضح تحليل XRD للعينة (B2)

Pattern List: C3

Ref. Code	Mineral Name	Chemical Formula	SemiQuant [%]
01-074-3485	Quartz, syn	Si O2	35
01-075-1593	Kaolinite 1A	Al2 Si2 O5 (O H)4	55
00-058-2037	Muscovite-2M1, heated	K Al2 (Si , Al)4 O10 (O H)2	7
01-076-2691	Cronstedtite 1T	Fe3 ((Si0.74 Fe0.26)2 O5) (O H)4	3



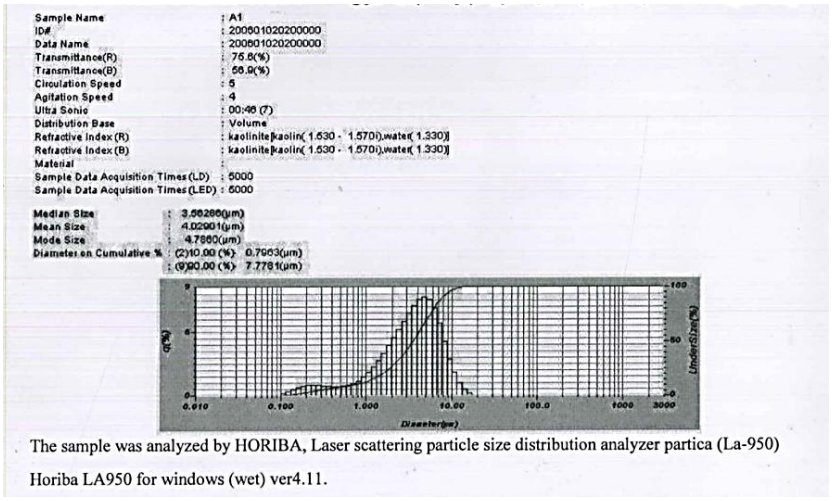
شكل رقم (٦) يوضح تحليل XRD للعينة (C3)

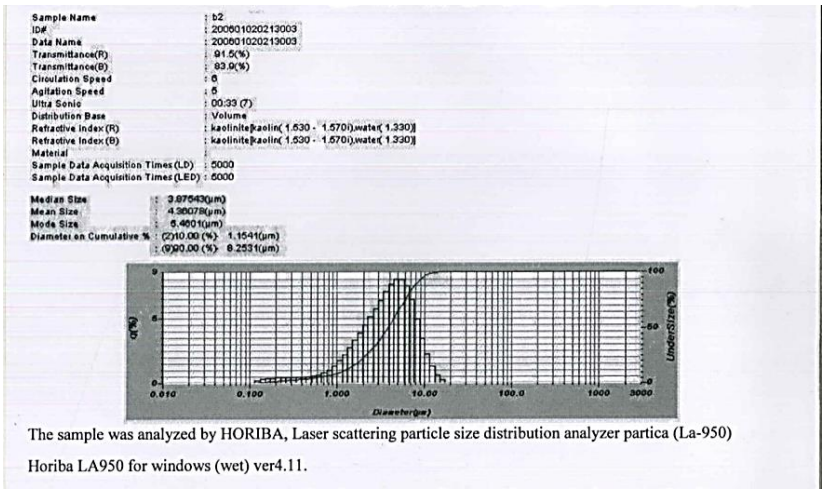
اختبار التدرج الحبيبي بالليزر:

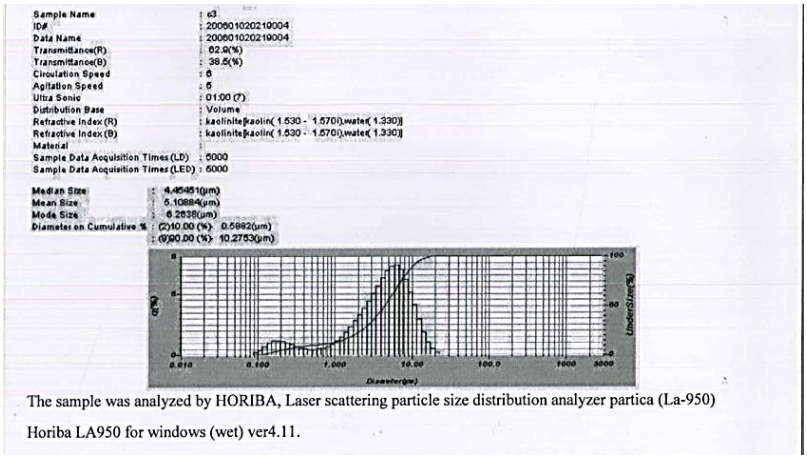
حيث تم اخذ متوسط الحجم الحبيبي للعينات الثلاثة، واظهرت النتائج التالي:

A1	**4.02** مايكرون (فائق النعومة)
B2	**4.4** مايكرون (ناعم)
C3	**5.1** مايكرون (متوسط)

والأشكال التالية يبين المنحنى للتدرج الحبيبي للعينات الثلاثة (٧)







اختبار اللدونة:

الشكل التالي (8) هو لقياس نسبة الماء المضافة للعينات والذي اجري بالمركز القومي لبحوث الاسكان والبناء:

واظهر النتيجة أن نسبة الإضافة للعينة C3 - (30.5%)

العينة B2- (32.0%)

والعينة A1 - (36.5%)

Tested sample	Water added (ml)	Reading	Sample weight (g)	P.C.	Notes
IPOW 290 (C)	39	1.8	100	30.5	Gray color sample
	42	1.4			
	46	1.0			
	50	0.7			
IPOW 289 (B)	40	2.4	100	32.0	Reddish color sample
	45	1.7			
	47	1.3			
	49	0.9			
IPOW 288 (A)	22	2.6	50	36.5	Light brown sample
	25	2.0			
	30	1.0			
	31	0.8			

*The plasticity test was carried out using Pfefferkorn method, 1924.

P.C. means plasticity coefficient.

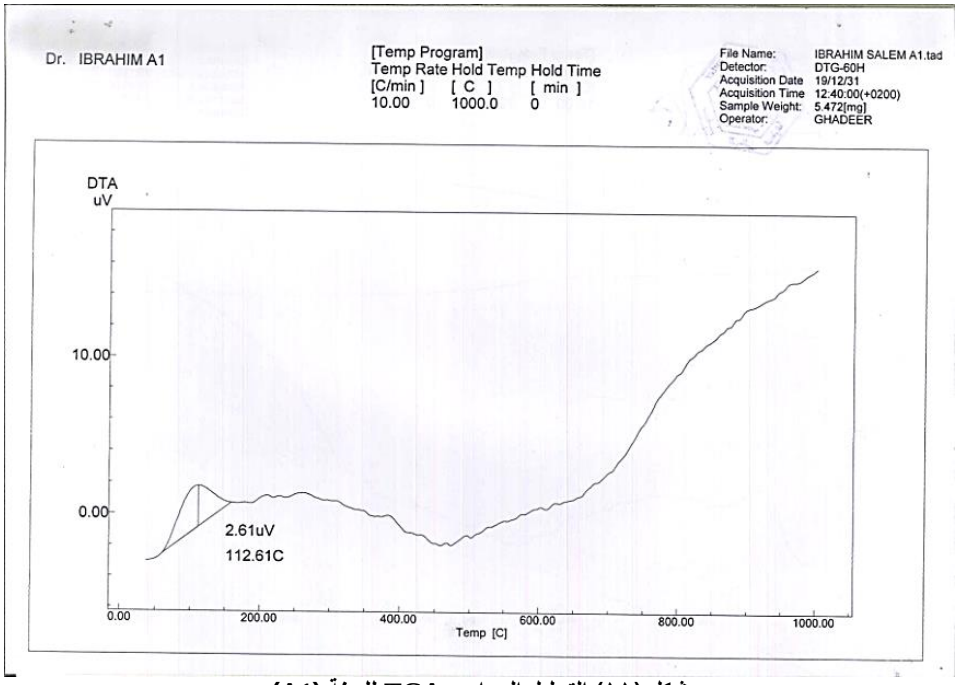
والاختبار الأخر في الشكل (9) هو لإظهار نسبة اللدونة الكلية للعينات، والذي تم بالهيئة المصرية للثروة المعدنية، والنتائج أظهرت أن معامل اللدونة للعينتين (A1، C3) مرتفع وذلك لوجود مواد عضوية مما تساعد على زيادة اللدونة ، وكذلك للعينة (B2) ايضا مرتفعة ولكنها بدرجة .

تحليل الحيود الحراري (DTA .DGA) :وتم الاختبار بالهيئة المصرية العامة للثروة المعدنية.

رقم الوارد	المركزي	معامل اللدونه
A1	٩٦٢٦	%٥٨
B2	٩٦٢٧	%٤٨
C3	٩٦٢٨	%٥٠

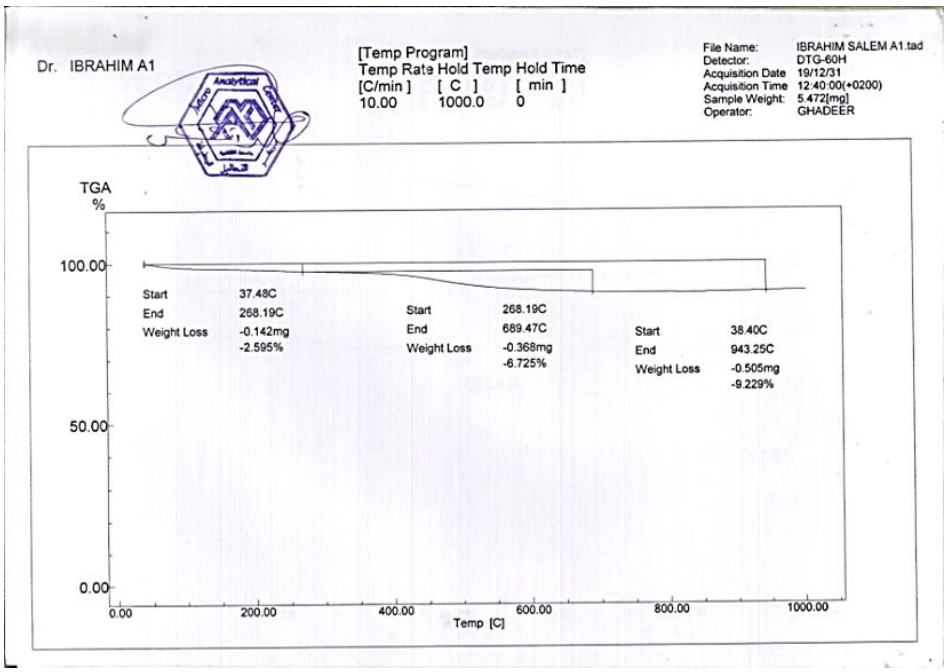
شكل (١٠) تحليل الحيود الحراري DTA للعينة (A1)

ظهور منحنى تغير عند درجة 112م^{O}، وذلك يدل على الماء الحر، وظهور منحنى عند 450م^{O}، مما يدل على وجود مركبات عضوية.



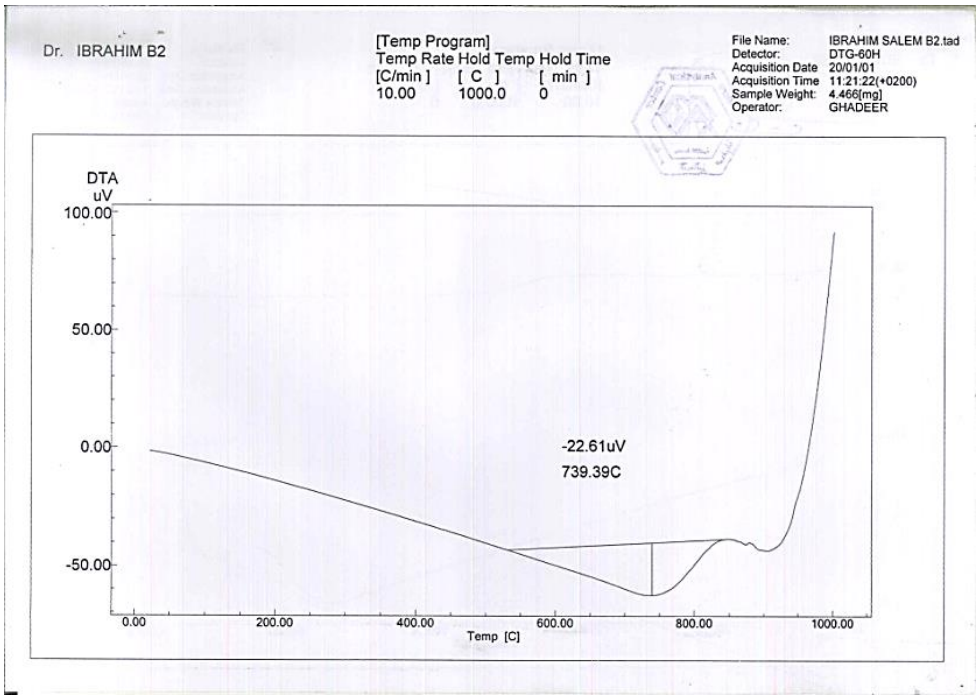
شكل (١١) التحليل الحراري TGA للعينة (A1)

الفاقد الكلي للعينة هو (9.23%) عند درجة 943م^{O}، وهذا يشمل المواد العضوية ومركبات الكربونات وماء التبلور، حيث نسبة فاقد الماء الحر (2.6%) وتبدأ من 37م^{O} وتنتهي حتى 268م^{O}، علما بان المواد العضوية تحتوي على نسبة (6.73%) بينما الكربونات وماء التبلور تحتوي على (2.5%)، وتم احتراق المواد العضوية من درجة 268م^{O} حتى درجة 689م^{O}.



شكل (١٢) تحليل الحيود الحراري DTA للعينة (B2)

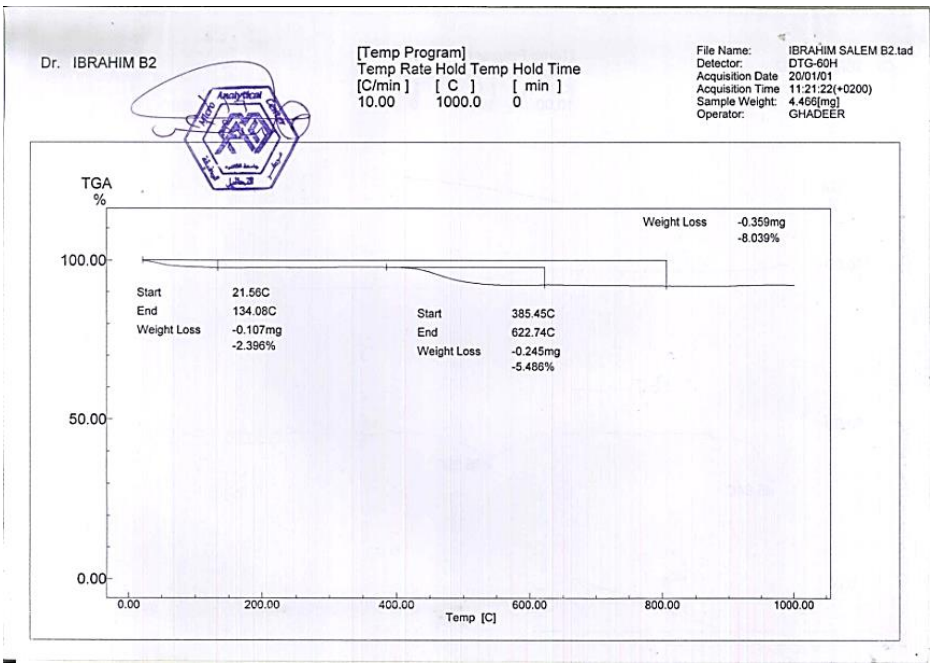
بينت النتيجة تكسير الكاولين، وتكوين الميتا كاولين عند 739م^{O}، والميتا كاولين هي مرحلة تبخر المياه، وتصبح السيلكا والالومينا في حالة نشطة للانتقال لتكوين البلورات، ايضا ظهور بعدها منحنى عند درجو 920م^{O} مما يدل على احتراق مركبات الكربون.



شكل (١٣) التحليل الحراري TGA للعينة (B2)

من التحليل الحراري TGA، وجد ان الفاقد الكلي هو 8.04% ، وهذا الفاقد يحتوي على 2.4% ماء حر ، ونسبة فاقد المواد العضوية 3.1%.

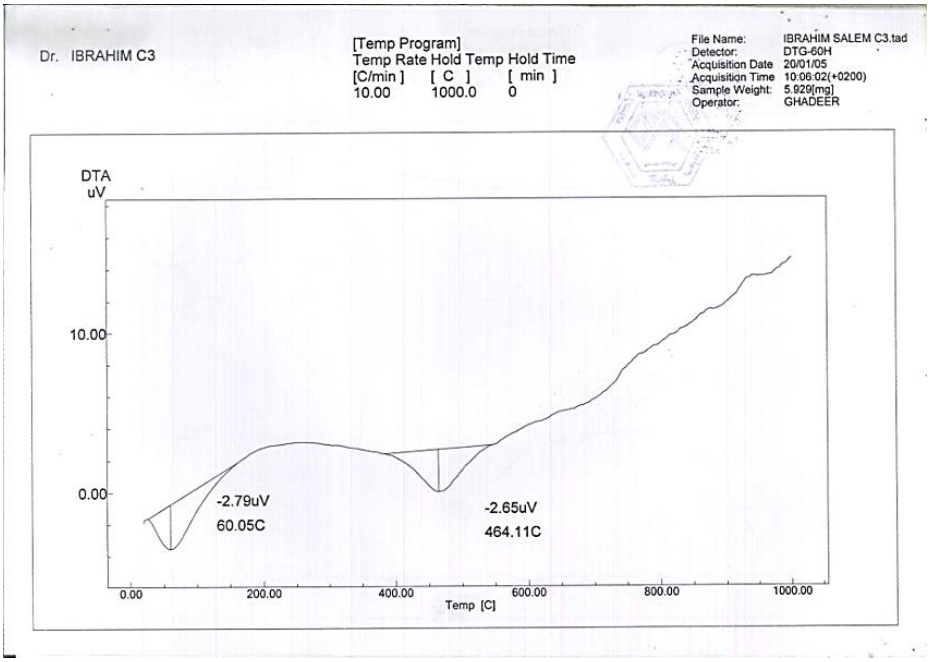
والفاقد الحراري الذي يشمل ماء التبلور والكربونات نسبته 2.5%، وتبدأ من درجة حرارة 622م^{O} ، وحتى 800م^{O} ، وعند درجة 45م^{O} فاقد الماء الحر وهي أعلى نسبة فاقد في الماء

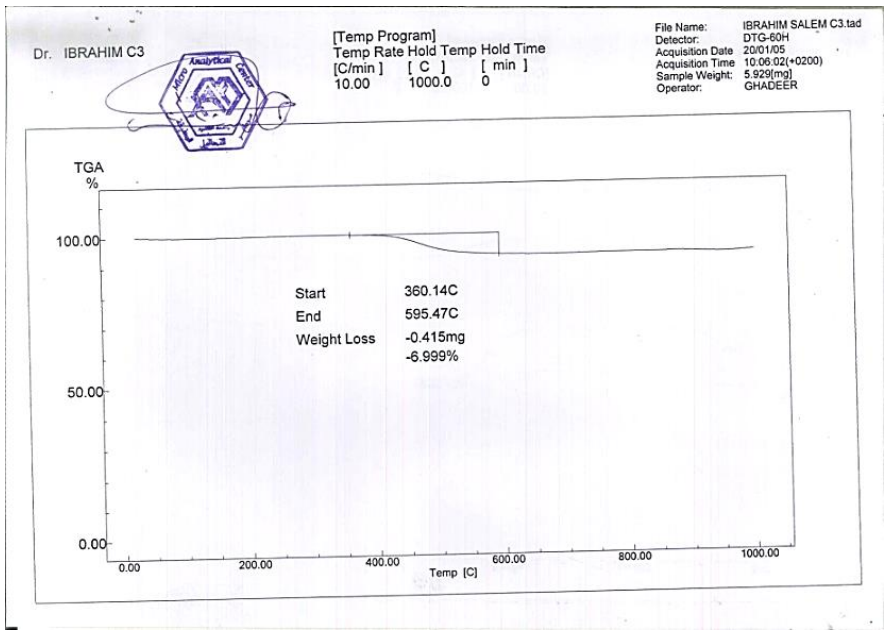


شكل (١٤) تحليل الحيود الحراري DTAللعينة (C3)

وجد ظهور منحنى عند درجة 60م^{o} ، ويدل هذا على تبخر الماء الحر ، ايضا منحنى عند 464م^{o}، ويدل هذا على وجود مركبات عضوية وظهور منحنى ضعيف عند 950م^{o} ، مما يدل على بداية تكوين الماليت (سليكات الالومنيا $(AL_2O_3.2SIO_2$

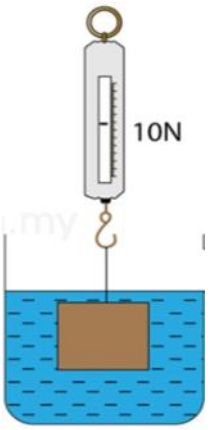
وفي الشكل (15) التحليل الحراري DTA، لا يوجد ماء حر إي جافة، ويوجد الفاقد الكلي 7%مواد عضوية، وتبدأ من 360م^{o} وحتى 595م^{o}.





تم إجراء عدة اختبارات على الطينات الليبية، **والمتمثلة** في المسامية الظاهرية، الكثافة الظاهرية، الكثافة النوعية، امتصاص الماء، الانكماش الكلي (التقلص الطولي) ، **والغرض من هذه التجارب هو الحصول على نتائج عينات اقل مسامية وبالتالي اقل امتصاص ، وأكثر كثافة ومتانة.** وقبل القيام بالاخبارات التي ذكرت سابقا، اولا يجب ان يتم غلي القطعة في الماء لمدة ثلاث ساعات، ثم تركها داخل الماء لمدة 24 ساعة، ايضا عندة استخراج القطعة لوزنها وهي مشبعة بالماء تمسح بقطعة قماش قطنية رطبة بالماء.

ايضا عند استخراج وزن القطعة وهي معلقة في الماء **(قانون الطفو لارخميدس)** يجب ان ترطب بسلك رفيع ، وليكن سلك خياطة حتى لا يعطي وزن ، ايضا يتم ملئ دورق بالماء ويصفر على الميزان الحساس ، ثم نقوم بادخال القطعة الي منتصف الماء ، على ان تكون معلقة بالمنتصف لا تلتمس باي جانب مثل ما هو موضح بالشكل (16) :



شكل (16)

وكمثال للمعادلات نتيجة (*A1 - 950*م^{o}):

المسامية الظاهرية $= \frac{WB-WA}{WB-WI} \times 100$ (32.28) حيث(WA = الوزن بعد الحريق و جاف)

(=WBالوزن مشبع بالماء) (36.16

(WI = وزن القطعة وهي معلقة داخل الماء)(*16.48*)

$$\frac{36.16-32.28}{36.16-16.48} \times 100 = \quad =\frac{3.88}{19.68} \times 100 \quad \% 19.71$$

الكثافة الظاهرية $=\frac{WA}{WB-WI} = \frac{32.28}{36.16-16.48}=1.64$

حيث (WD)الوزن جاف **الكثافة النوعية** $= \frac{WD}{WD-WX} =\frac{32.28}{15.8}= 2.04$

(WX)وزن القطعة وهي معلقة داخل الماء

امتصاص الماء $=\frac{WW-DW}{DW} \times 100 = \frac{36.16-32.28}{36.16-16.48} \times 100$

حيث (WW) وزن القطعة مشبعة بالماء

(DW) الوزن جاف $\frac{3.88}{32.28} \times 100 = \%12.01$

حيث (PL) الطول الأصلي قبل الحريق

التقلص الطولي (الانكماش الكلي) $= \frac{WW-DW}{DW} \times 100$

(DL) الطول بعد الحريق

$$\frac{8.5\text{سم} - 10\text{سم}}{10\text{سم}} \times 100 = \%15$$

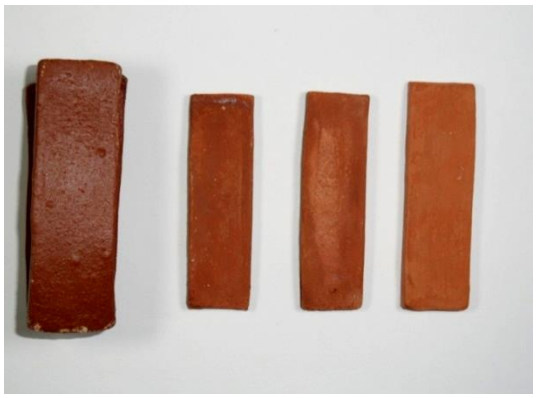
وعلى هذا المنوال تم قياس باقي العينات وفق درجات الحرارة المختلفة كما يلي :

A1	950م°	1000م°	1050م°	1100م°	1150م°
المسامية الظاهرية	**%19.71**	%8.35	%0.31	-	-
الكثافة الظاهرية	**1.64**	1.63	1.66	-	-
الكثافة النوعية	**2.04**	1.73	1.67	-	-
امتصاص الماء	**%12.01**	%5.1	%0.18	-	-
التقلص الطولي	**%15**	%19	%20	-	-

شكل (١٧) للعينة A1

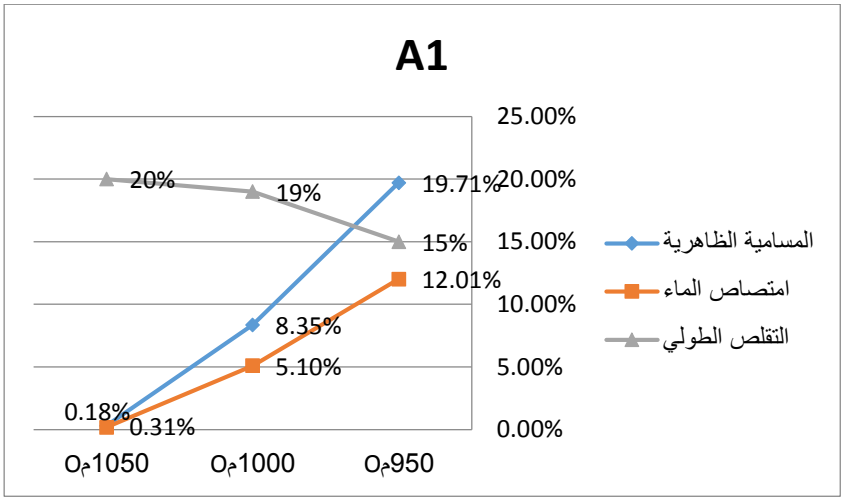
ملاحظات : في درجة حرارة (1100م°) تغير بسيط في هندسية الشكل (التقوس)، ايضا بدأت في التزجج،واعطت انكماش كبير بسبب ارتفاع نسبة القلويات والقلويات الأرضية ،والأفضل خلطها مع خامات أخرى محسنة لمواصفاتها ، مثل الكاولين إذا تطلب الحريق في هذه الدرجة ، وفي درجة 950م° أعطت نتائج جيدة بدون إضافات .

والدرجة اللونية المتحصل عليها هي البني المحمر ، بسبب ارتفاع نسبة الحديد في الخامة ، ويصبح اللون غامقا كلما زادت درجة الحرارة **حديد** (Fe_2O_3، FeO)، **قلويات** (K_2O, Na_2O- etc)، **قلويات ترابية** (CaO, MgO – etc)



شكل (١٨) يوضح تدرج درجات الحرارة (A1)
950م° 1000م° 1050م° 1100م°

شكل (١٩) يوضح تقوس وتزجج والتصاق نموذج (A1) في درجة حرارة ١١٠٠م°، الانكماش المرتفع بسبب ارتفاع نسبة القلويات والقلويات الأرضية مما أدت إلى تحويلها إلي سائل زجاجي



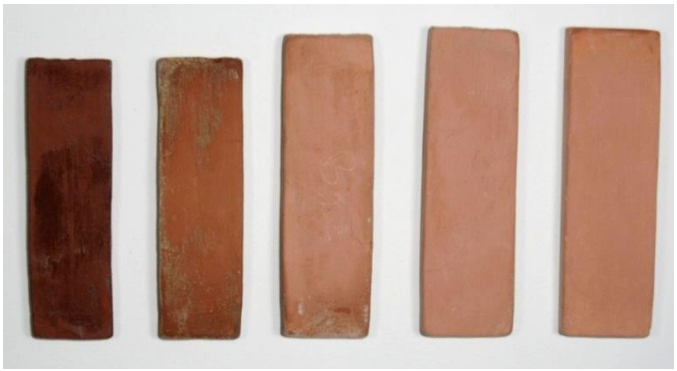
شكل (٢٠) يوضح رسم المنحنى للعينة (A1) (المسامية الظاهرية، امتصاص الماء، التقلص الطولي)

O1150م	O1100م	O1050م	O1000م	O950م	**B2**
%0.14	**%7.27**	**%26.38**	%34.18	%39.82	**المسامية الظاهرية**
1.62	**1.59**	**1.55**	1.56	1.60	**الكثافة الظاهرية**
1.62	**1.71**	**2.1**	2.38	2.66	**الكثافة النوعية**
%0.08	**%4.54**	**%16.99**	%21.77	%24.80	**امتصاص الماء**
%20	**%19**	**%13**	%11	%10	**التقلص الطولي**

شكل (٢١) للعينة B2

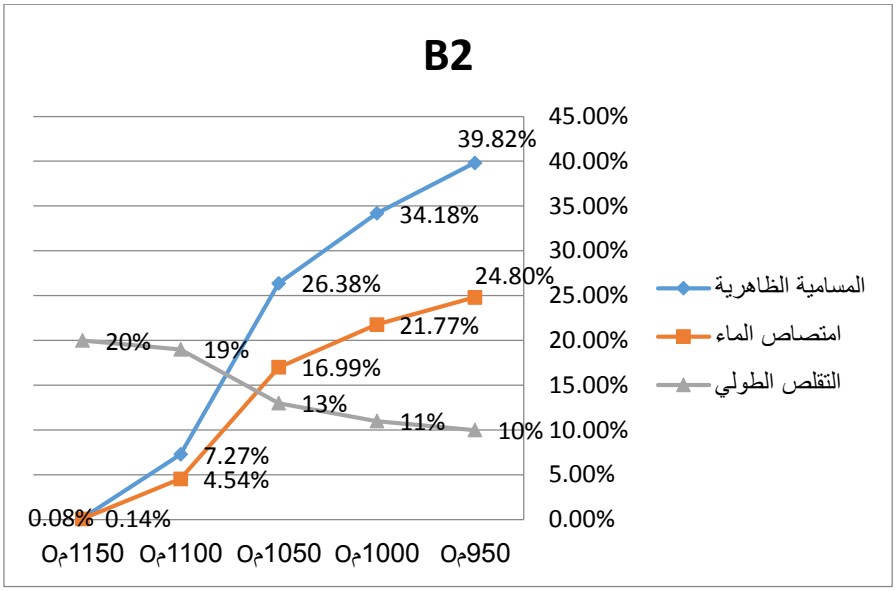
ملاحظات: درجة الحرارة المناسبة ما بين (1050م° – 1100م°) وفي درجة (1150م°) المسامية شبه أقفلت تماما ، حيث نلاحظ إنها اقل من 1% ،وأصبحت عديمة الامتصاص.

والدرجة اللونية المتحصل عليها هي البني الفاتح، لوجود نسبة من أكسيد الحديد في الخامة، ويصبح اللون غامقا كلما زادت درجة الحرارة، وفي درجة حرارة 1150م° تغير اللون للبني الغامق المائل للون الأسود.



شكل (٢٢) يوضح تدرج درجات الحرارة (B2) .

950م° 1000م° 1050م° 1100م° 1150م°



شكل (٢٣) يوضح رسم المنحنى للعينة (B2) (المسامية الظاهرية، امتصاص الماء، التقلص الطولي)

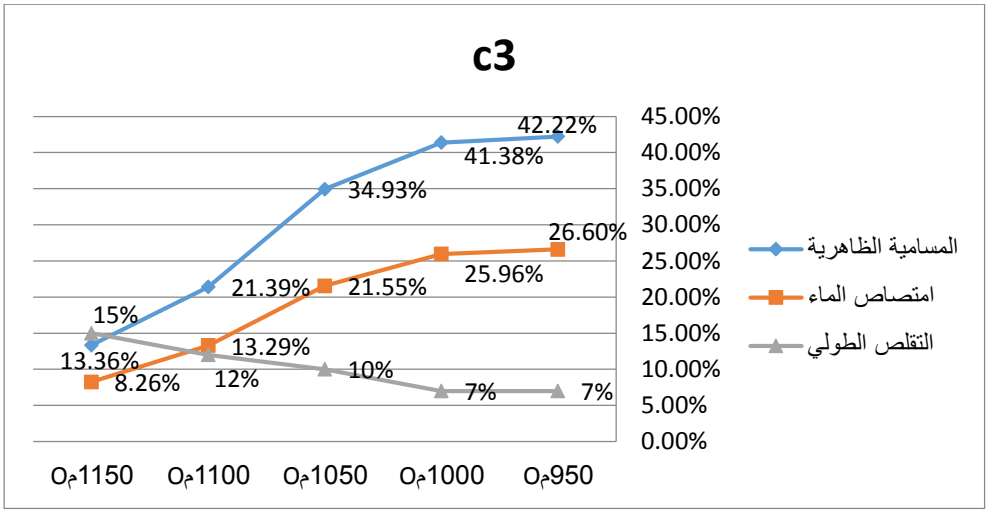
Oم1150	**Oم1100**	Oم1050	Oم1000	Oم950	**C3**
%13.36	**%21.39**	%34.93	%41.38	%42.22	**المسامية الظاهرية**
1.62	**1.61**	1.62	1.59	1.58	**الكثافة الظاهرية**
1.87	**2.04**	2.49	2.72	2.74	**الكثافة النوعية**
%8.26	**%13.29**	%21.55	%25.96	%26.6	**امتصاص الماء**
%15	**%12**	%10	%7	%7	**التقلص الطولي**

شكل (٢٤) للعينة C3

ملاحظات: درجة الحرارة المناسبة ما بين (1100م° – 1150م°) ، لكون الطينة حرارية وذلك لانخفاض الصواهر من الاكاسيد اللونية والقلويات و القلويات الارضية ، والدرجة اللونية المتحصل عليها هي اللون الأبيض ، وفي درجة حرارة 1150م° ، بدأت درجة البياض في الاصفرار لوجود نسبة 3% من أكسيد الحديد .

شكل (٢٥) يوضح تدرج درجات الحرارة (C3)

1150م° 1100م° 1050م° 1000م° 950م°

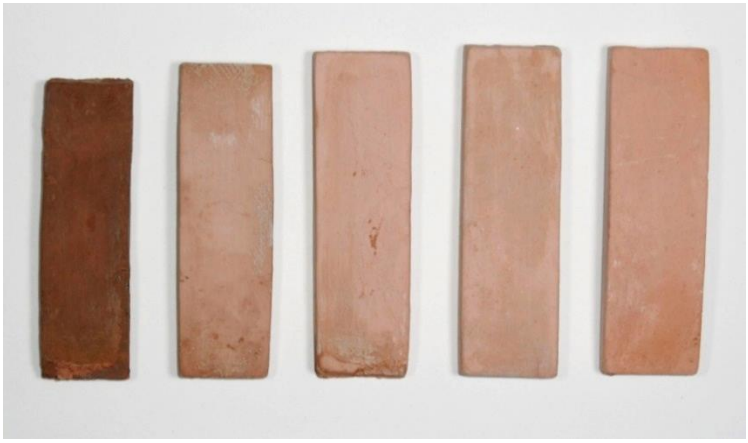


شكل (٢٦) يوضح رسم المنحنى للعينة (C3) (المسامية الظاهرية، امتصاص الماء، التقلص الطولي

^{O}1150م	**^{O}1100م**	**^{O}1050م**	^{O}1000م	^{O}950م	**k**
%3.O4	**%16.28**	**%35.93**	%38.55	%41.95	**المسامية الظاهرية**
1.64	**1.60**	**1.60**	1.67	1.62	**الكثافة الظاهرية**
1.70	**1.92**	**2.49**	2.71	2.78	**الكثافة النوعية**
%1.84	**%10.11**	**%22.43**	%23.07	%25.94	**امتصاص الماء**
%19	**%15**	**%10**	%9	%7	**التقلص الطولي**

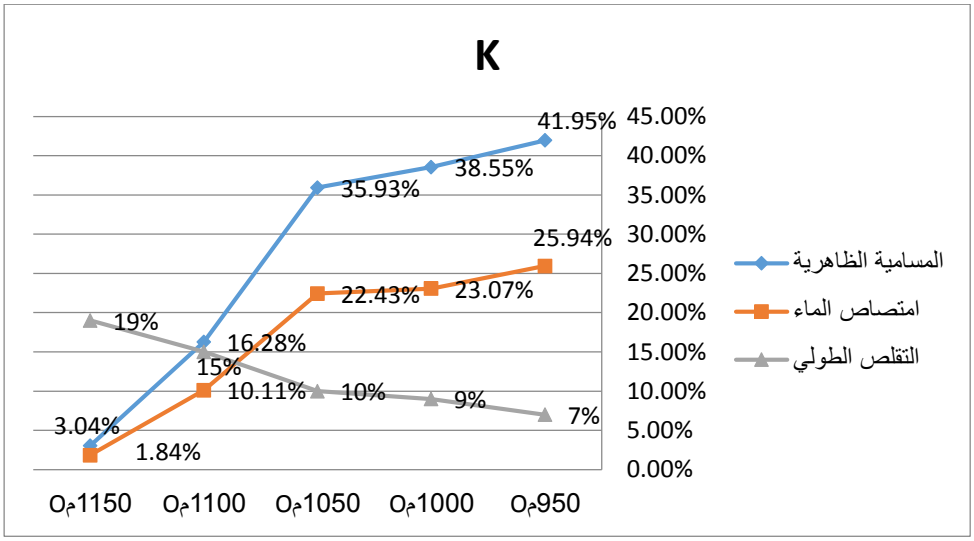
شكل (٢٧) للعينة K، حيث تم خلط 50% (C3) + 50% (B2)

ملاحظات: درجة الحرارة المناسبة ما بين (1050م^{o} – 1100م^{o}) ، في درجة (1150م^{O}) أعطت انكماش كبير ، والدرجة اللونية المتحصل عليها هي البني الفاتح ، وفي درجة حرارة 1150م^{o} تغير اللون للبني الغامق المائل للون الاسود .



شكل (٢٨) يوضح تدرج درجات الحرارة (K) .

950م^{o} 1000م^{o} 1050م^{o} 1100م^{o} 1150م^{o}



شكل (٢٩) يوضح رسم المنحنى للعينة (K) (المسامية الظاهرية ، امتصاص الماء ، التقلص الطولي)

W	^{O}950م	**^{O}1000م**	^{O}1050م	^{O}1100م	^{O}1150م
المسامية الظاهرية	%31.93	**%17.66**	%11.65	%0.33	-
الكثافة الظاهرية	1.62	**1.62**	1.58	1.65	-
الكثافة النوعية	2.39	**1.98**	1.79	1.65	-
امتصاص الماء	%19.63	**%10.84**	%7.36	%0.20	-
التقلص الطولي	%10	**%14**	%18	%19	-

شكل (٣٠) للعينة W ، حيث تم خلط %60 (C3) + %40 (A1)

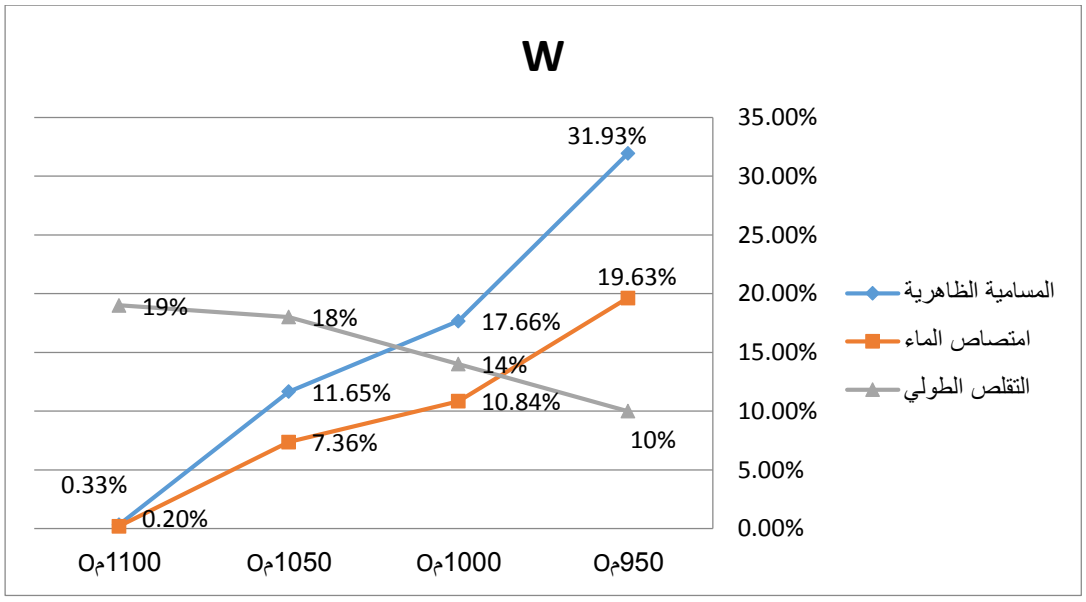
ملاحظات: في درجة حرارة (1100م^{O}) تغير بسيط في هندسية الشكل (التقوس)، أيضا بدأت في التزجج، وأعطت انكماش كبير بسبب ارتفاع نسبة القلويات والقلويات الأرضية ، وبعض القطع التصقت ببعض ، أيضا نلاحظ أن المسام اقفل والامتصاص شبه صفر ،وفي درجة 1000م^{O} أعطت نتائج جيدة بدون إضافات .

والدرجة اللونية المتحصل عليها هي البني افاتح، بسبب ارتفاع نسبة الحديد في الخامة ، ويصبح اللون غامقا كلما زادت درجة الحرارة إلي أن تصل لدرجة البني الغامق المائل للون الأسود

وتم تنفيذ هذه التجربة بتقنية الصب وعدلت الخلطة لتصبح (**%50 (C3) + %50 (A1)** ،وأعطت نتائج جيدة في الصب وبعد الحريق في درجة حريق 1050م^{O} .

شكل (٣١) يوضح تدرج درجات الحرارة (W) .
1100 °م1050 °م1000 °م950

شكل (٣٢) يوضح تقوس وتزجج والتصاق نموذج (W) في درجة حرارة 1100°م



شكل (٣٣) يوضح رسم المنحنى للعينة (W) (المسامية الظاهرية، امتصاص الماء، التقلص الطولي)

شكل (٣٤) للعينة N ، حيث تم خلط 60% (B2) + 40% (A1):

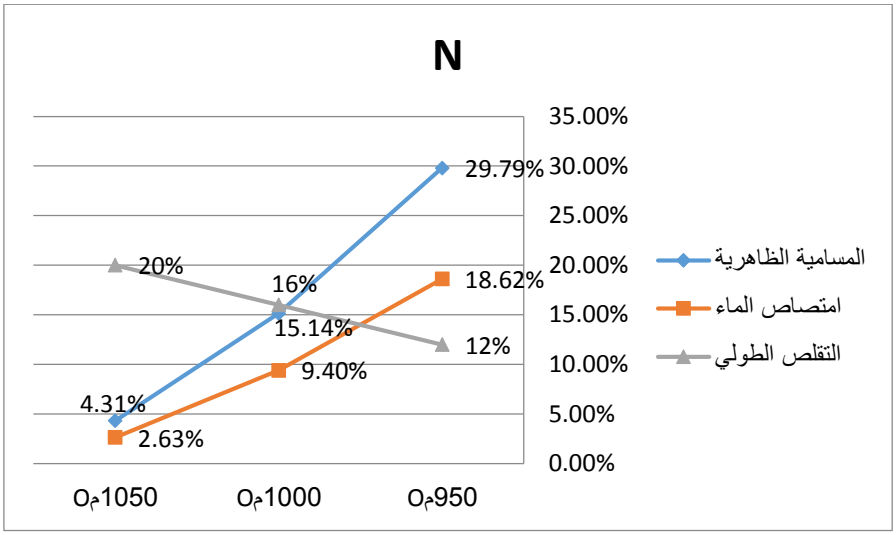
N	950م^{O}	**1000م^{O}**	1050م^{O}	1100م^{O}	1150م^{O}
المسامية الظاهرية	%29.79	**%15.14**	%4.31	-	-
الكثافة الظاهرية	1.59	**1.60**	1.63	-	-
الكثافة النوعية	2.28	**1.89**	1.71	-	-
امتصاص الماء	%18.62	**%9.40**	%2.63	-	-
التقلص الطولي	%12	**%16**	%20	-	-

في درجة حرارة (1100م^{O}) بدأت في التزجج، وأعطت انكماش كبير بسبب ارتفاع نسبة القلويات والقلويات الأرضية ، وبعض القطع التصقت ببعض ، أيضا نلاحظ أن المسام اقفل والامتصاص شبه صفر ،وفي درجة 1000م^{o} أعطت نتائج جيدة بدون إضافات .

والدرجة اللونية المتحصل عليها هي البني الفاتح، بسبب ارتفاع نسبة الحديد في الخامة ، ويصبح اللون غامقا كلما زادت درجة الحرارة إلي أن تصل لدرجة البني الغامق المائل للون الأسود

شكل (35) يوضح تدرج درجات الحرارة (N) .
950م^{o} 1000م^{o} 1050م^{o} 1100م^{o}

شكل (36) يوضح تقوس وتزجج والتصاق نموذج (N) في درجة حرارة 1100م^{o}



شكل (٣٧) يوضح رسم المنحنى للعينة (N) (المسامية الظاهرية، امتصاص الماء، التقلص الطولي)

النتائج :

1. صلاحية الخامات الليبية لإنتاج الاجسام الخزفية .
2. صلاحية طينات ، اشكدة (A1,B2) في الأجسام الخزفية منخضة الحرارة
3. إمكانية الاستفادة من طينة تاروت في خزفيات متوسطة الحرارة
4. الحصول على درجات لونية متدرجة بإختلاف درجات الجرارة .
5. إن الطينات المستخدمة ذات لدونه مرتفعة تصلح للتشكيل بطرق مختلفة في الإنتاج الخزفي.
6. يمكن الاستغناء عن كثير من المنتجات المستوردة من خلال استخدام الخامات المحلية.

التوصيات:

يوصي الباحث بالآتي:

1. بإستخدام طينة تاروت في الحراريات.
2. تطبيق الطلاءات الزجاجية على الطينات المستخدمة للتعرف على مدي ملائمتها والطينة المحلية
3. تجربة هذه الطينات على خطوط إنتاج الخزف الصناعي (البورسلين، والبلاط الخزفي) وأدوات المائدة.
4. بدراسة مواقع جديدة خاصة بالطينات الخزفية، من خلال التعرف على مدى إمكانياتها وصلاحتياها في الإنتاج الخزفي.

المراجع

المراجع العربية:

١. عبيد، إبراهيم عبد السلام، صلاح الدين التريكي، " المواد الخام وأماكن تواجدها بالجماهيرية العظمى" ، مركز البحوث الصناعية ، ٢٠٠٠.ص٢٥ .

1.Obaid, Ibrahim Abdel-Salam, Salah El-Din Triki, “el mawad el khaam wa amaken tawagedaha begamahereya el ozma”, marakez el behoth el senaiya, 2000.p25

٢. جرد، حسام صباح ، استخدام طينة الكاؤولين الحمراء لإنتاج خزف واطئ الحرارة، العراق، مجلة جامعة بابل ،العدد 5 ، 2014 ، ص ١١٢٢.

2.Gard , Hussam Sabah, " estekhadam tena el kaolen el hamra leantag khazaf wate el harara" , Iraq, magalet gameat Babel , el adad 5,2014,p 1122

٣. عباس ،علي خالد ، إمكانية استخدام الخامات المحلية في العراق لإنتاج بلاطات خزفية باستخدام التكنولوجيا الحديثة،إطروحة دكتوراه , جامعة حلون ، كلية الفنون التطبيقية ، قسم الخزف ، ٢٠١٧،ص 40.

3. Abbas, Ali Khaled,'emkaneyat estekadam el khamat el mahalleya fe el Iraq lientag balatat khazafeya bestekadam el takanologya el hadetha",etarou7a doktorah , gameat helwan, kollyat el fanoun el tatbekeya, kesem el khazaf, 2017.p40

٤. عثمان ، فتحي عبد الوهاب ، الأسلوب الفني وارتباطه بمواصفات البلاطات الخزفية ، رسالة ماجستير بكلية الفنون التطبيقية ، جامعة حلوان ، قسم الخزف ، ١٩٩٩، ص ١٦.

4.Othman, Fathi Abdel-Wahab, "el eslop el fane wa ertebateh bemowasafat el balatat el khazafeya", resalet magaster bekolleyat el fanon el tatbekeya , gameat helwan, kism el khazaf,1999,p16.

٥. درويش ، فاطمة محمد عبد المنعم ، دراسة أجسام شبه متزججة من خامات محلية وتطبيقها في منتجات الخزف، رسالة ماجستير بكلية الفنون التطبيقية ، جامعة حلوان ، قسم الخزف ، ص٥٢ .

5. Darwish, Fatima Mohamed Abdel Moneim , deraset agasam shebah motazgega men khamat mahaliya wa tatbekatha fe montagat el khazaf , resalt magester bekoleyat el fonoun el tatbekaya , gameat helwan , kesem el khazaf , p 52

٦. الشيباني ، مفتاح ، وآخرون "تكنولوجيا السيراميك المواد الخام" ، مكتبة طرابلس العلمية العالمية ،١٩٩٦،ط١،ص ١١١، ١١٣، ١١٩، ١٢٢، ١٣٤.

6. Shaibani, Miftah, and et al, "tekanologeya el ceramic el mawad el kham", makatabet Tripoli el almeya el alameya, 1996, tabaa 1, pp. 111,113,119,122,134

٧. الشيباني ، مفتاح ، محمد الحداد ، "التشكيل الخزفي" ، المركز الوطني لتخطيط التعليم والتدريب ، ليبيا ، الطبعة الأولى ،ص٥٩ .

7.Al-Shaybani, Miftah, Muhammad Al-Haddad, "el tashakel el khazafe ", el marakez el watane letakhatet el taelem wa el tadareb, Libya, tabaa 1, pp 59 .

المراجع الاجنبية:

8. T. Manfredini, M.Hanuskova, Natural raw materials in "traditional "ceramic manufacturing,journal of the university of chemical and metallurgy, 47,Italy,2012,p 465 .