جمهورية مصر العربية
جامعة الزقازيق
المعهد العالى لحضارات الشرق الأدنى القديم

# مجلة
# حضارات الشرق الأدنى القديم

دورية علمية محكمة

http://www.east.zu.edu.eg

الزقازيق

العدد الثانى – السنة الثانية– أكتوبر ٢٠١٦ م– الجزء الثالث

رقم الإيداع ١٨٤٣٥ - الترقيم الدولى (٥٣٣٥ - ٢٠٩٠)

مطابع جامعة الزقازيق

عدد خاص بأبحاث المؤتمر العلمي الدولي

حضارات الشرق الأدنى القديم ومؤثراتها عبر العصور

الذى أقيم خلال الفترة من ١٣–١٥ مارس ٢٠١٦

بالمعهد العالى لحضارات الشرق الأدنى القديم–جامعة الزقازيق

بالتعاون مع كلية التربية الأساسية جامعة بابل

# دراسة تعيين درجة حرارة حرق بعض الأواني الفخارية
## كأساس علمي لتشخيص مظاهر تلفها
## تل آثار السمارة – عصر ماقبل الأسرات – دراسة حالة

**د. وليد كامل علي الغريب**
كلية الآثار، جامعة أسوان
drwalidelghareb@yahoo.com

# دراسة تعيين درجة حرارة حرق بعض الأواني الفخارية
# كأساس علمي لتشخيص مظاهر تلفها
# تل آثار السمارة – عصر ماقبل الأسرات – دراسة حالة

**د. وليد كامل علي الغريب**
كلية الآثار – جامعة أسوان

## ١-المقدمة : Introduction

يقع تل آثار السمارة على حدود محافظة الدقهلية ومحافظة الشرقية بمركز تمى الأمديد وتشتهر بالزراعة،ويقع مركز تمى الأمديد على بعد ١٥ كم جنوب غرب المنصورة بمحافظة الدقهلية بمصر. وتضم تلان أثريان هما تل الربع ويقع جنوب تمي الأمديد وتل منديس شمال تمي الأمديد. وكانت المنطقة منذ أقدم العصور مركز لعبادة (أزوريس) وعثر على كثير من الآثار المختلفة الأحجام والأشكال، ولقد أهتم كثير من الباحثين ببدايات معرفة صناعة الفخار الأثري، بإعتبارها من أهم الدلائل علي مدي استقرار مجتمع من المجتمعات القديمة بمكان محدد، والدليل علي تفكير الإنسان في المراحل الأولي من حياته لتصنيع مشغولات يستخدمها في حياته اليومية، ولم يهتد الإنسان القديم إلي صناعة الآنية الفخارية دفعة واحدة، بل أنه قد ورث أفكاراً أستمد منها شكل الآنية، وترجع معرفة صناعة الوعاء الفخاري إلي العصر الحجري الحديث [١].حيث كان إنسان ذلك الوقت يستخدم بعض الوسائل الممكنة التي تقوم بوظيفة الوعاء الفخاري سواء في أغراض الطعام أو الشراب[٢].،وكانت هذه الوسائل تمثل بدايات معرفة الوعاء الفخاري.

ولقد ساعد الفنان القديم في ممارسة حرفة صناعة الفخار وتنوع أشكاله وأحجامه وألوانه توفر عدة مقومات كانت تتطلبها هذه الحرفة مثل اكتشاف النار Discovery of the fire وتوفر المادة الخام The Raw material ويعتبر توفر المادة الخام وهي الطفل المقوم الثاني الذي ساعد علي ازدهار وتقدم هذه الصناعة[٣].، حيث تعتمد صناعة الفخار علي الطفل المستخرج من

---

(١) فوزي مكاوي، الناس في مصر القديمة، مطابع المجلس الأعلي للأثار، القاهرة، ٢٠٠٣ صـ ١١، ١٢

(٢) Aldred , C.,: The Egyptians , london , 1994 , pp. 73 - 74.

(٣) Nibbi, A.,: Some Grographical Notes on Ancient Egupt , Oxford , 1997 , PP.3-16.

الشعاب والوديان اعتماداً كلياً.لقد وثقت النقوش الموجودة بالمقابر مراحل صناعة الفخار في مصر قديما[١]. وتمر عملية صناعة الفخار بمراحل مختلفة بدءا من جمع وإعداد الطفلة من ضفاف نهر النيل [٢].وعملية العجن [٣].والتشكيل [٤].والزخرفة[٥]. ومعالجة السطح [٦].والتجفيف[٧]. والحرق[٨].

## ٢- مـواد وطرق الدراسةMaterials and Methods

### ٢-١- مواد الدراسـة: Study Materials

تم اختيار عدد ( ٣) عينة من بعض الآثار الفخارية المستخرجة من تل آثار السمارةبالدقهلية (دراسة حالة – عصرما قبل الأسرات) ، واستخدمت جمعيها في الدراسة البتروجرافية والفحص والتحليل التي تم أجراءها بالبحث

### طرق الدراسة: Study Methods

### الفحص البصريVisual Examination

تعتبر طريقة الفحص البصري أولي مراحل عملية الفحص حيث استخدمت بعض العدسات التي تصل قوة تكبيرها "6X"،وأوضح الفحص البصري للأثار الفخارية موضوع الدراسة العملية التكنولوجية لصناعة فخار تل آثار السمارة (عصر ما قبل الأسرات) بالدقهليةواتضح من الفحص نوع الأضافات ودرجة حرارة الحرق.

---

(١) إبراهيم عبد القادر، وسائل وأساليب ترميم وصيانة الأثار ومقتنيات المتاحف الفنية، مكتبة جامعة الرياض، السعودية، ١٩٧٩، صـ ١١٥

(٢) Shepared , A.O., Ceramics for the Archaeologists , Washington , 1981 , p. 51.

(٣) Johnson , P.D., Clay modeling for every one , Newzeland , 1988 , p.12.

(٤) Zakin , R., Ceramics , mastering the craft , pennsylvania , 1997 , p.14.

(٥) نورتن ف. هـ.،الخزفيات للفنان الخزاف، ترجمة سعيد حامد الصدر، دار النهضة العربية، ١٩٦٦، صـ ٨.

(٦) Arnold , D., Techniques and Traditions of manufacture in the pottery of Ancient Egypt , in an introduction to Ancient Egyptian pottery , edited by Arnold , D., and Bourriau , J., German in stitute .of Antiquities , Cairo, 1993., P.84

(٧) Hodge , H., Artifacts , An introduction to primative technology , London , 1964 , p. 35.

(٨) Buys, S. & Oakley, V., The conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth , .Heinemann, ltd. Oxford , 1999. pp. 8-10.

**الفحص بالميكروسكوب المستقطب Examinationby polarizing microscope**

تعتبر عملية التعرف علي التركيب البتروجرافي للفخار Petrographic Structure والإضافات Tempers من العمليات الهامة في عملية التصنيف والتأريخ Classification and Dating، ويجب أن تكون هناك مواكبة بين دراسة الفحص والتحليل Investigation and Analysis وتقدم العلوم الفيزيائية والتطبيقية خاصة أنه قد حدث تقدم هائل في مجال الفحوص والتحاليل في الآونة الأخيرة، ولا يجوز الأعتماد علي الوسائل التقليدية التي لا تكشف عن جوهر المادة الأثرية كإستخدام العدسات أوالأستريو ميكروسكوب.

والتعرف علي التركيب المعدني والمواد المضافةيصفتقنية صناعة الفخار في المواقع الأثرية خاصة نوع الطفلة سواء كانت نيلية أو جيرية أو صحراوية ومن خلال التعرف علي نوع الطفلة يمكن تأصيل المكان الجغرافي الذي تم استخدام طفلته في تصنيع الفخار منه حيث لكل مكان سمات وخصائص معدنية تميزه عن غيره، فجنوب مصر تختلف عن شمال مصر في خصائص الطفلة حتي لو كان الشكل الفني يحمل سمات المكان الذي تواجد فيه.ويمكن التعرف علي المواد المضافة سواء كانت رمل أو التبن المقرط أو مسحوق الحجر الجيري أو مسحوق الفخار أو مسحوق العظام أو غيره من المواد المضافة طبقا للبيئة الذي تم تصنيع الفخار فيها،فمن غير المعقول أن يستخدم الصانع وهو في منطقة صحراوية أو صخرية جبلية التبن المقرط، فمن الطبيعي أن يستخدم مواد مضافة متوفرة في بيئته المحلية.كما يمكن التعرف علي تكنولوجيا الصناعة وكيفية تغلب المصري القديم علي ما تعرض له من مشاكل خلال مراحل الصناعة للفخار الأثري خاصة ضعف خواص الطين المستخدم في صناعة الفخار وكيفية معالجة هذه العيوب من خلال المعالجة السطحية سواء ازالة الطين الزائد أو تطبيق الغسول الأحمر أو طبقة البطانة وأخيرا عملية التنعيم والصقل ليتناسب مع طبيعة الغرض الوظيفي، ففي حالة أواني حفظ العطور والراتنجات كانت لأبد أن تكون الأواني منعدمة المسامية، فكان يقوم بصقلها جيدا لتصبح من النوع high polished wares،كما يفيد الميكروسكوب المستقطب في التعرف علي درجة حرارة وجو الحرق سواء كان الجو مؤكسد أو جو مختزل داخل الفرن أو مزيج ما بين الجو المؤكسد أو المختزل داخل الفرن سواء كان ذلك متعمد بقصد الزخرفة أو لا.كما يفيد ايضا الفحص بالميكروسكوب المستقطب في تحديد طبيعة النسيج الفخاري بدقة عاليةPottery Fabric، والتي من خلاله يمكن تصنيف الفخار سواء كان نسيج طين نيلي أو جيري أو مختلط ،وتأريخه حسب طبيعة النسيج Fabric or Texture والمواد المضافة Additives Materials بالبدن الفخاري. كما أن التركيب البتروجرافي يلعب دوراً هاماً في توضيح ماهية الأثر الفخاري Pottery object بالتعرف علي

المكونات المعدنية والشكل النسيجي،ويتم وصف النسيج الداخلى من خلال ترتيب وحجم وشكل المكونات[١]. ويكون سمك القطاع الفخاري ٠.٠٣مم ويوضع على شريحة زجاجية، وبعد ذلك تفحص العينة بإستخدام الميكروسكوب المستقطب [٢]..ولقد تم عمل شرائح رقيقة Thin Section من العينات الفخارية تمهيدا للفحص البتروجرافي بإستخدام الميكروسكوب المستقطب، وتم إجراء هذا الفحص بهيئة المساحة الجيولوجية بالقاهرة.

**الفحص بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX**

يعتبر من أهم التقنيات الحديثة في مجال الفحص والتحليل للآثار الفخارية ويصف الميكروسكوب الإلكتروني الماسح البيئي المزود بوحدة تشتت طاقة الأشعة السينية EDX مورفولوجية نسيج الفخار وشكل الحبيبات المعدنية للآثار الفخارية Surface Morphology والشكل البلوري Crystallographic والبثرات والشروخ الناتجة عن صناعة الفخار أو من حرق التبن المقرط أو تحلل مواد الأضافة كما يفيد في التعرف علي التركيب المعدني سواء في صورة عناصر أو أكاسيد ونسبتها المئوية وبدقة عالية،وهذا التحليل يعطي التركيب المعدني (جزء في المليون )،مما يعطي تعيين لكل المعادن حتي النادرة والتي تعجز طرق التحليل التقليدية أن تتعرف عليها مثل الصوديوم والبوتاسيوم والسليكا والتيتانيوم، وبالتالى التعرف على نوع الطفلة و درجة حرارة الحرق، ففى حالة البدن منخفض الحرق يكون الطور الزجاجى محدود أو بكمية قليلة والعكس، وفى هذه الحالة يستخدم SEM فى التعرف على المعادن الطفلية والتي لم تتحول الي أطوار أخري[٣].وتم إجراء هذا الفحص بوحدة الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDXبالمركز القومي للبحوث بالقاهرة.

**التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية XRD**

يفيد التحليل بحيود الأشعة السينية XRD في التعرف علي التركيب المعدني للفخار في المواقع الأثرية حيث يختلف التركيب المعدني من موقع أثري الي موقع آخر، مما يعتبر اساسا علميا في تصنيف وتأصيل الفخار في مصر قديما.كما يفيد التحليل بحيود الأشعة السينية XRDفي

---

(١) Riley, J., A., The Petrological analysis of Aegean Ceramics in: Occasional Paper,No.32. Current research in ceramic, Thin Section studies, British Museum, edited by Freestone, I. , 1982 , PP.1-8.

(٢) .Henderson, J., The science and archaeology of Materials, RoutLedge, London, 2000, P.11

(٣) Tite, M.S. et al., The use of Scanning Electron Microscope in: the Technological examination of ancient Ceramics , in , Archaeological ceramics , edited by Olin, J. & Franklin, A. , Smithsonian Institution Press, Washington D.C , 1982, PP.109-120.

التعرف علي المواد المضافة غير العضوية مثل الكوارتز ومسحوق الحجر الجيري او مسحوق الفخار أو غير ذلك من الأضافات طبقا للبيئة المحلية مثل مسحوق الجرانيت الخشن المستخدم كمادة أضافة في بعض الفخار بموقع آثار جزيرة سهيل غرب أسوان حيث النقوش الصخرية ولوحة المجاعة، فالكثير من تلك المواد المضافة لم يتعرف عليها حتي الآن لعدم مسح المواقع الأثرية في مصر بتلك الفحوص والتحاليل الدقيقة، مما يخفي الكثير عن حضارة هذا المواقع الأثرية والتي بفحصها يمكن التعرف علي حضارة وتراث هذه المواقع الأثرية طبقا لبيئتها المحلية.

كما يفيد التحليل بحيود الأشعة السينية XRD في فهم طبيعة تكنولوجيا صناعة الفخارولاسيما عملية الحرق Firing Process وما حدث للفخارمن تغيرات معدنية أثناء عملية الحرق وطبيعة جو الحرق سواء مؤكسد أو مختزل، فعلي سبيل المثال تعيين الهيماتيت يؤكد أن جوالحرق داخل الفرن مؤكسدا، وتعيين المجانتيت يؤكد أن جو الحرق داخل الفرن مختزلا ملئيا بالدخان،كما أن هذه الطريقة مفيدة جدا فى التعرف على معظم المعادن السليكاتية[١].وتم إجراء هذا التحليل بوحدة التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية XRD بمركز التحاليل الدقيقة بمعهد الفلزات في التبين.

## النتائج: Results

### الفحص البصري Visual Examination

أثبت الفحص البصري أن الآثار الفخارية موضوع الدراسة أنها مشكلة من طفلة نيلية والمواد المضافة من خلال العين المجردة والعدسات هي الرمل ومسحوق الحجر الجيري، كما أثبت الفحص البصري أن طريقة التشكيل هي طريقة التشكيل باليد مع تشطيب الفوهات علي العجلة الدوارة turning device كما في الصور رقم (١)

(١) Garrison, E., G., Techniques in Archaeological Geology, Springer, Germany, 2003, p. 212.

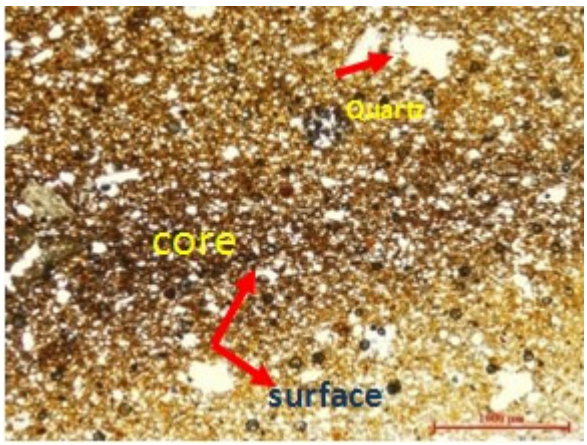
**صورة رقم (١ ) تمثل بعض الآواني الفخارية المستخرجة من تل آثار السمارة بالدقهلية**

## الفحص بالميكروسكوب المستقطب Polarizing Microscope

لقد تم فحص بعض الآثار الفخارية المستخرجة من تل آثار السمارة بالدقهلية بالميكروسكوب المستقطب كما في الصورة رقم (٢ )

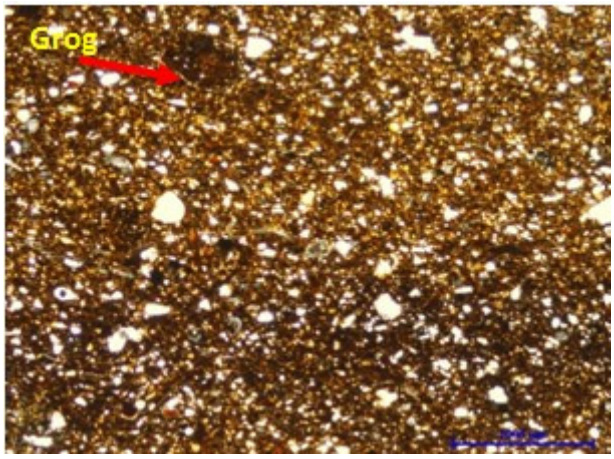
حيث أظهر الفحص لمنطقة السطح بالضوء المستقطب

وسط أرضية غنية بأكسيد الحديد Iron Oxide بقوة تكبير(10X - CN ).



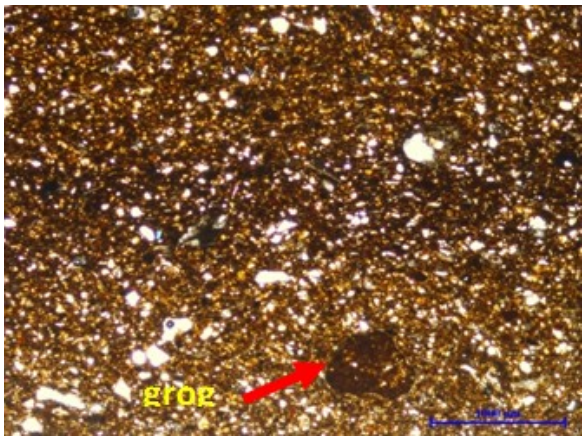

**صورة رقم (٢ ) الفحص بالميكروسكوب المستقطب حيث توضح A:نسيج دقيق ودرجات حرق مختلفة**

كما أظهرت الصورة رقم ( ٢ – B ) وجود حبيبات من الكوارتز `Quartzذات نسيج دقيق Fine بالإضافة إلي وجود بقايا من معدن الروتيل ومسحوق الفخار grog وسط أرضية غنية بأكسيد الحديد Iron Oxide بقوة تكبير (10X - CN ).

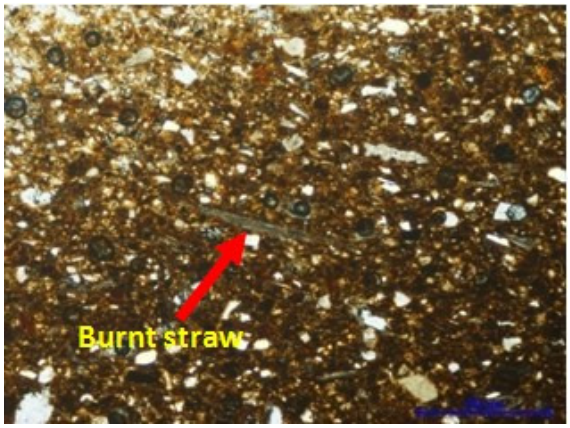



**صورة رقم (٢ ) الفحص بالميكروسكوب المستقطب حيث توضح B: نسيج دقيق الحبيبات**

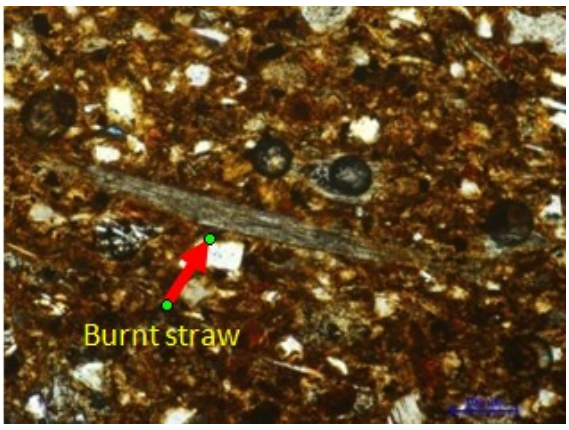
كما توضح الصورة رقم ( ٢ – C ) لمنطقة البدن الفخاري Core **وجود حبيبات كوارتز دقيقة** Fine Grains،وبعض الحبيبات تبدو بشكل مختلف ما بين دائري وحاد الزاوايا، فضلا عن وجود **مسحوق** الفخارGrogوسط أرضية غنية بأكسيد الحديد Iron Oxide بقوة تكبير( 10X - CN).




**صورة رقم (٢ ) الفحص بالميكروسكوب المستقطب حيث توضح C:** وجود نسيج دقيق فضلا عن مسحوق الفخار grog

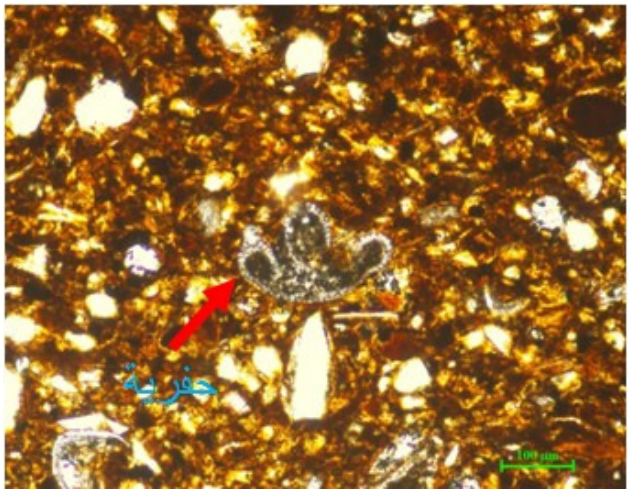


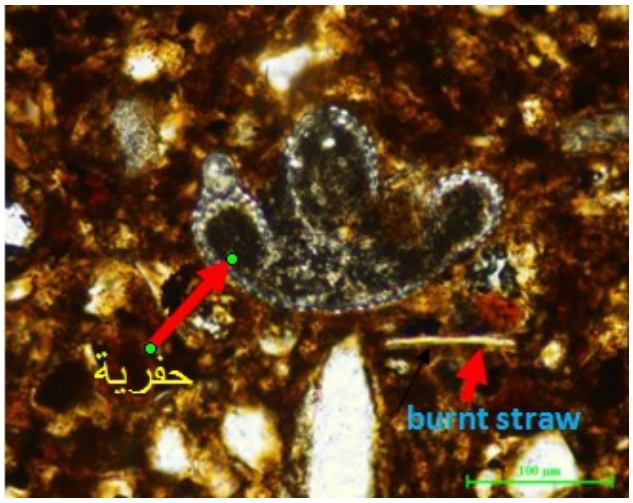

و توضح الصورة رقم ( ٢ – E-D) وجود حبيبات الكوارتز التي تتدرج ما بين نسيج متوسط الي نسيج خشنMedium and Coarse Fabric، فضلا عن وجود التبن المقرط Burnt Straw والروتيل, والكالسيت Calciteوسط أرضية غنية بأكسيد الحديد Iron Oxide بقوة تكبير( 10X - CN)،اما E تمثل تكبير لجزء من الصورة السابقة بقوة تكبير (40X - CN)




توضح الصورة رقم ( ٢ – G ) وجود حبيبات كوارتز Quartz خشنة الحبيبات وبعضها حاد الزاويا و الحجر الجيري Lime Stone والروتيل،فضلا عن وجود أحد الحفريات والتبن المقرط وسط أرضية غنية بأكسيد الحديد Iron oxide بقوة تكبير (10X - CN ). أما الصورة رقم( ٢ – H ) تمثل تكبير لجزء من الصورة السابقة حيث توضحوجود حبيبات الكوارتز Quartzالخشنة الحبيبات

صورة رقم (٢ ) الفحص بالميكروسكوب المستقطب حيث توضح **D:** وجود نسيج متوسط فضلا عن التبن المقرط burnt straw و**E:** تمثل تكبير لجزء من الصورة السابقة




وبعضها حاد الزاويا و الحجر الجيري Lime Stone والروتيل، فضلا عن وجود أحد الحفريات

والتبن المقرط والذي ترسب مكانه الكالسيتوسط أرضية غنية بأكسيد الحديد Iron oxide بقوة تكبير(40X - CN )

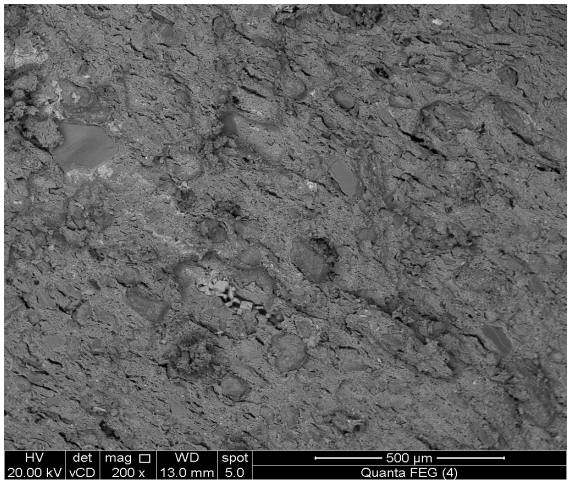
## ٣-٣- الفحص والتحليل بالميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX

تم فحص بعضالآثار الفخارية المستخرجة من تل آثارالسمارة بالدقهلية بإستخدام طريقة الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح البيئي المزود بوحدة تشتت طاقة الأشعة السينية EDX.

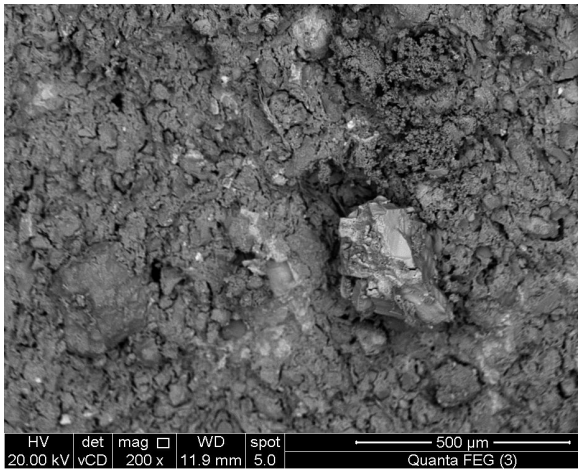
### الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح

توضح الصورة رقم ( ٣) بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح لمنطقة السطح أن العينة ذات نسيج دقيق الي متوسط، فضلا عن وجود رديم ورواسب التربة من جراء الدفن بالتربة الطينية والعديد من البثرات والفجوات والشروخ بقوة تكبير ( 200x).

كما تم فحص جزء آخر لمنطقة السطح كما في الصورة رقم (٤) حيث يوضح الفحص وجود رديم التربة و بعض حبيبات الكوارتز بإحجام مختلفة، فضلا عن وجود بعض البثرات والثقوب أو الفجوات الناتجة من حرق التبن المقرط كأحد المواد المضافة بقوة تكبير (200X).

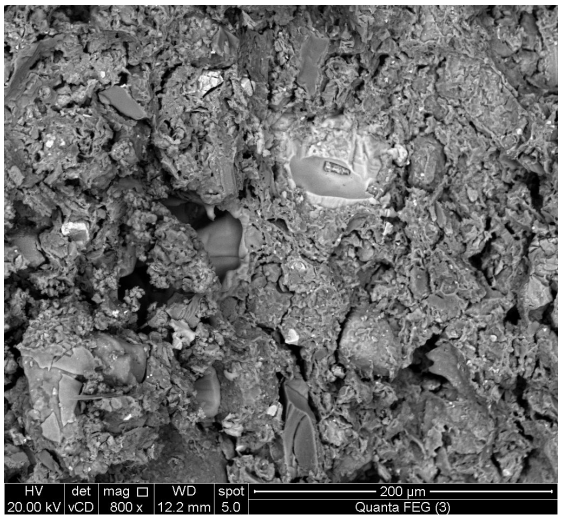



**صورة رقم ( ٣) تمثل صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة من القطعة الأثرية بتل آثار السمارة توضح وجود رديم التربة الطينية والعديد من البثرات والفجواتفضلا عن وجود شروخ دقيقة بقوة تكبير (200X).**




**صورة رقم ( ٤) تمثل صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لجزء آخر من العينة توضح البثرات والفجوات وبعض الشوائب لقوة تكبير (200x)**

**أما الصورة رقم (٥ ) بقوة تكبير(X800) لمنطقة اللب توضح وجود حبيبات الكوارتز والعديد من الشوائب المعدنية وبعض الفجوات والشروخ من جراء حرق التبن المقرط أثناء حرق الفخار.**

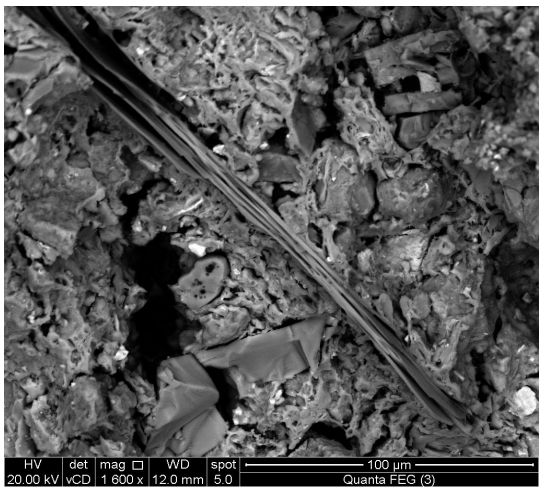



**صورة رقم ( ٥) تمثل صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لنفس العينة لمنطقة CORE توضح وجود الشوائب المعدنية والكوارتز و البثرات والفجوات والتشرخ بقوة تكبير (800X).**

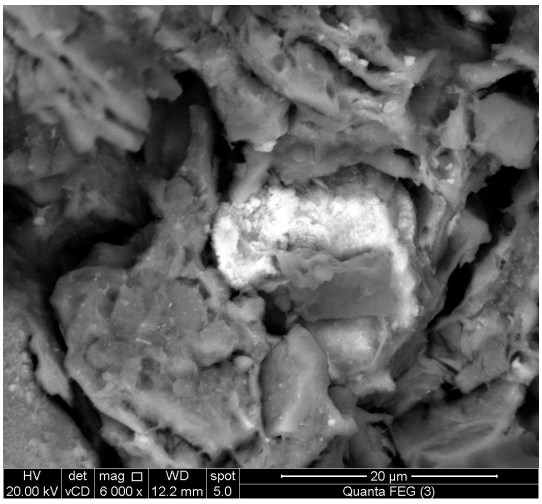
كما تم فحص جزء آخر لمنطقة اللب كما في الصورة رقم (٦) حيث يوضح الفحص وجود حبيباتكوارتز بأحجام مختلفة و بعض الشوائب المعدنية، فضلا عن وجود بعض البثرات والثقوب أو

الفجوات وتبلور الأملاح والتبن المحروق burnt straw بقوة تكبير (1600X).أما الصورة رقم ( ٧ ) بقوة تكبير (X3000) تمثل فحص لجزء آخرمن العينة لمنطقة اللب توضح وجود تبلور للأملاح داخل المسام.

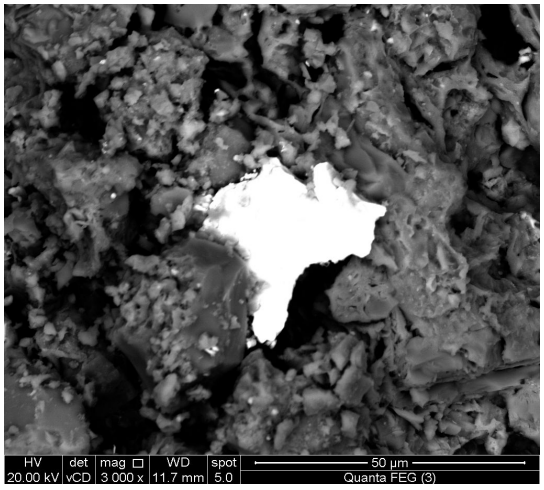
**أما الصورة رقم ( ٨ ) بقوة تكبير (X3000) تمثل فحص لجزء آخرمن العينة لمنطقة اللب توضح وجود بعض الشوائب المعدنية و تبلور للأملاح داخل المسام.**




**صورة رقم ( ٦) تمثل صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM للعينة توضح بلورات الكوارتز والتبن المحروق والبثرات والفجوات بقوة تكبير (1600X).**



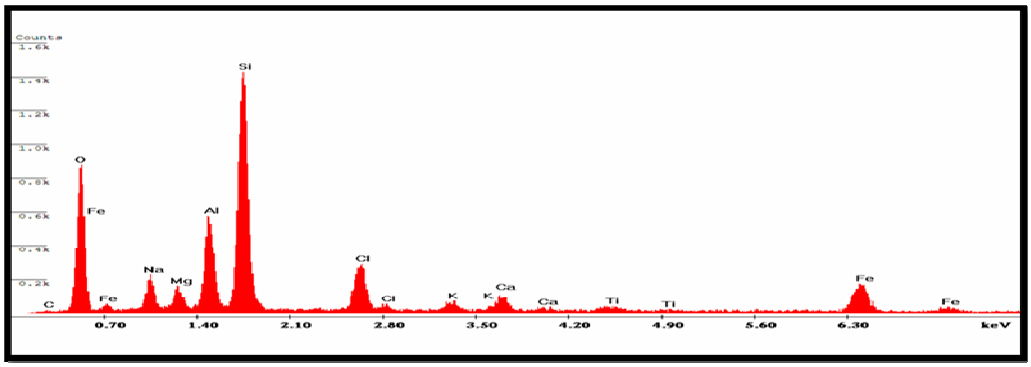

**صورة رقم ( ٧) تمثل صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM لنفس العينة توضح تبلور الأملاح والبثرات والفجوات بقوة تكبير (3000X).**




**صورة رقم ( ٨) تمثل صورة بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM للعينة توضح حبيبات الكوارتز والبثرات والفجوات بقوة تكبير (3000X).**

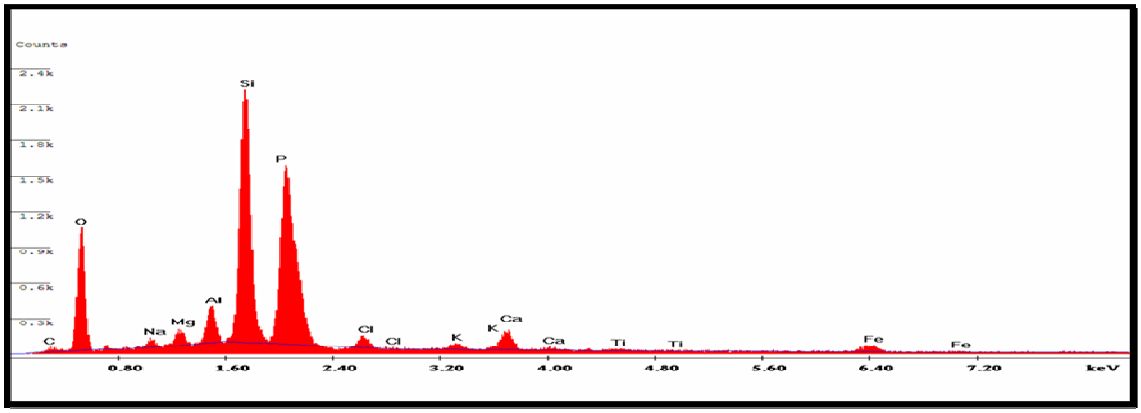
## التحليل بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX

تم تحليل العينةالاولي لفخار تل السمارة بالدقهليةبواسطة الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة EDX وكانت نتائج التحليلكما في الشكل رقم (١) حيث أثبت وجود ثاني أكسيد الكربون بنسبة ٠.٨٢٪وأكسيد الصوديوم بنسبة٣.٣٦ ٪ وأكسيد المغناسيوم بنسبة ٢.١١ ٪ وأكسيد الألمونيوم بنسبة٩.٣٩ ٪وثاني أكسيد السليكون بنسبة ٢٥.٦٤٪ و أكسيد الكلور بنسبة ٧.١٨ ٪ وأكسيد البوتاسيوم بنسبة ١.٧٧٪ ووأكسيد الكالسيوم بنسبة ٣.٠٥٪ و وأكسيدالتيتانيوم بنسبة ١.٦١٪ وأكسيدالحديد بنسبة ٢٠.٨٨٪



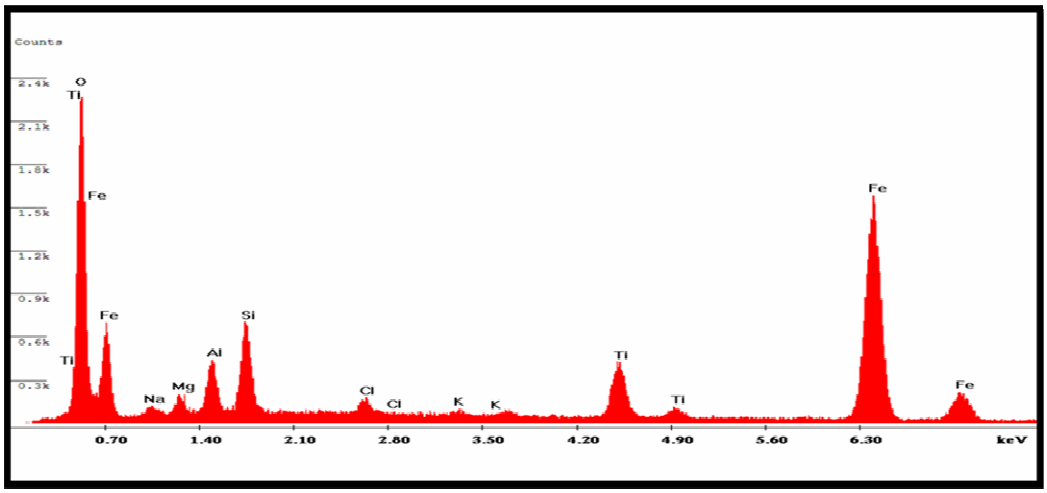

**شكل رقم (١): يمثل نمط تشتت طاقة الأشعة السينية EDX لعينة من منطقة السطح للطبق الأثري بتل آثار السمارة بالدقهلية**

أما نتائج التحليل بوحدة EDX لجزء آخر من منطقة السطح كما في الشكل رقم (٢) يوضح وجود الكربون بنسبة ٢.٦٩٪ وأكسيد الصوديوم بنسبة ٠.٩٨ % وأكسيد المغناسيوم بنسبة ١.٥٨٪ وأكسيد الألمونيوم ٣.٦٨٪ و السليكا ٢٧.٧٣٪ والفوسفات بنسبة ٢٢.٧٣ %وأكسيد الكلور بنسبة ٣.٠٥ % وأكسيد البوتاسيوم بنسبة ١.٤٩٪ وأكسيد الكالسيوم بنسبة ٤.٥٢ % وأكسيد التيتانيوم بنسبة ٠.٩٤٪ وأكسيد الحديد بنسبة ٦.٣٤٪.



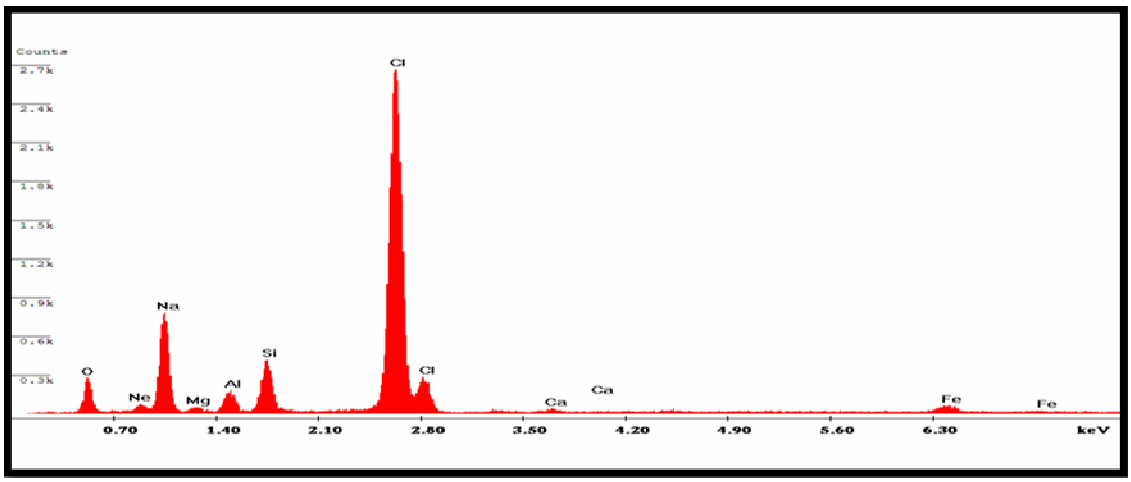

**شكل رقم (٢): يمثل نمط تشتت طاقة الأشعة السينية EDX لعينة من منطقة السطح للقطعة الأثرية بتل آثار** السمارة بالدقهلية

أما نتائج التحليل بوحدة EDX لمنطقة اللب Core كما في الشكل رقم (٣) يوضح وجود أكسيد الصوديوم بنسبة ٠.٧٧٪ وأكسيد الماغنسيوم بنسبة ١.١٤٪ وأكسيد الألمونيوم بنسبة ٢.٩٨٪وثاني أكسيد السليكون بنسبة ٤.١٥٪ وأكسيد البوتاسيوم بنسبة ٠.٣٦٪ وأكسيد الكلور بنسبة٠.٩١ ٪وأكسيد الحديد بنسبة٦٥.٧٦ ٪ ووأكسيد التيتانيوم بنسبة٦.٦١ ٪.




**شكل رقم (٣): يمثل نمط تشتت طاقة الأشعة السينية EDX لعينة من اللب للقطعة الأثرية بتل آثار السمارة بالدقهلية**

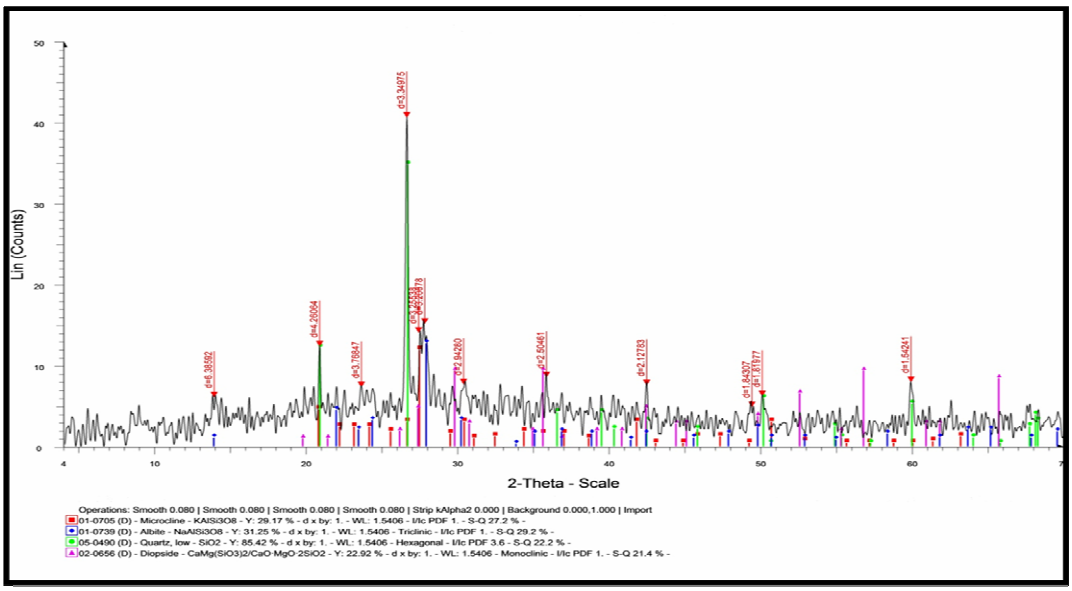
أما نتائج التحليل بوحدة EDX لجزء آخر من منطقة اللب Core كما في الشكل رقم (٤) حيث يوضح وجود أكسيد الصوديوم بنسبة ١.١٢ ٪ وأكسيد الماغنسيوم بنسبة ٠.٩٦٪ وأكسيد الألمونيوم بنسبة ٢.٦٧٪وثاني أكسيد السليكون بنسبة٦.١١ ٪وأكسيد الكلور بنسبة٥٨.٥٢ ٪وأكسيد الكالسيوم ٠.٩٩ ٪ وأكسيد الحديد بنسبة ٦.٤٦٪ وأكسيد النيكل ١.٢٪.




**شكل رقم (٤): يمثل نمط تشتت طاقة الأشعة السينية EDX لعينة من منطقة السطح للقطعة الأثرية بتل آثار السمارة بالدقهلية**

## ٣-٤- التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية X- Ray Diffraction Analysis

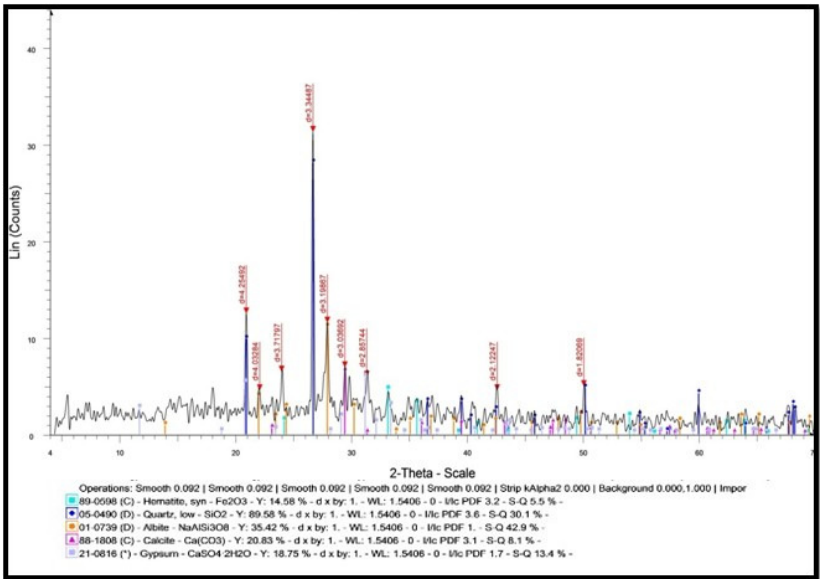
لقد تم تحليل عدد (٣ ) عينة من الآثار الفخارية بتل آثار السمارة بالدقهلية حيث أحتوى نمط حيود الأشعة السينية للعينة الأثرية علي الكوارتز SiO2 برقم كارت (5-0490) والدايوبسيدبرقم كارت (02-0656) والالبيت برقم كارت (02-0739)والميكروكلينبرقم كارت (01-0705). وتتضح هذه النتائج كما في الشكل رقم (٥) أن العينة تحتوي علي بعض المعادن العالية الحرارة مثل الميكروكلين والدايوبسيد مما يؤكدأرتفاع درجة حرارة الحرق داخل الفرن حيث تظهر هذه المعادن في الفخار في درجة حرارة فوق ٨٥٠ م٥.




شكل رقم (٥) يمثل نمط حيود الأشعة السينية **XRD** للقطعة الأثرية موضوع الدراسة.

ويوضح الشكل رقم ( ٦) لنمط حيود الأشعة السينية وجود الكوارتز SiO2 برقم كارت (5-0490) والالبيتALSi3O8Na برقم كارت (01-0739) ووالكالسيت CaCo3 برقم كارت (88-1808)، والهيماتيت Fe2O3برقم كارت (89-0598)، والجبس CaSo4.2H2O برقم كارت (21-0816 )

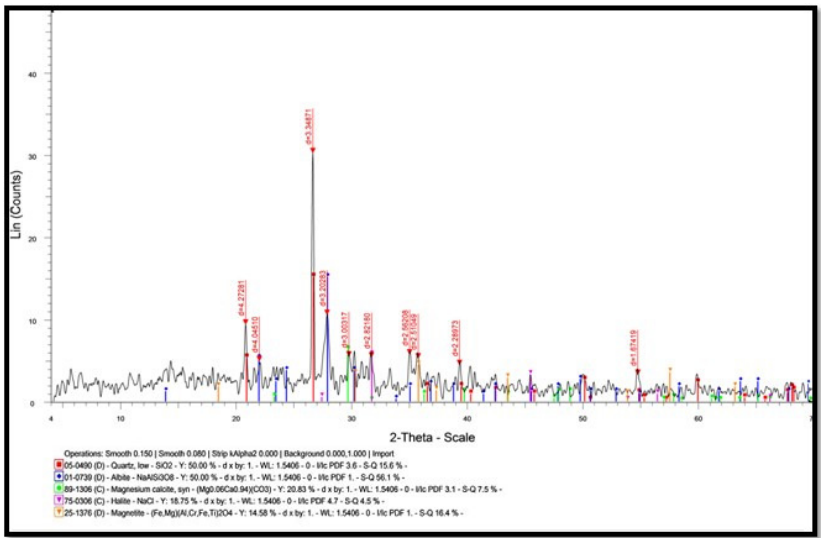
وتتضح من هذه النتائج كما في الشكل رقم (٦) أن العينة تحتوي علي أملاح الكربونات من جراء الدفن التربة، أما وجود معادن الطفلة جاءت نتيجة وجود نواتج وتكلسات التربة ووجود الهيماتيتأكد جودة الحرق للجسم الفخاري و أرتفاع درجة الحرارة وأن جو الحرق داخل الفرن جوا مؤكسدا..




شكل رقم (٦) يمثل نمط حيود الأشعة السينية **XRD** للقطعة الأثرية موضوع الدراسة.

ويوضح الشكل رقم ( ٧) لنمط حيود الأشعة السينية وجود الكوارتز (SiO2) برقم كارت (0590-5)، والدولوميت برقم كارت (1306-89) والماجنتيت ($Fe_3O_4$) برقم كارت (1376- 25) والهاليت برقم كارت (0306-75) والالبيتALSi3O8Na برقم كارت (0739-01).

ويتضح من نتائج نمط حيود الأشعة أن العينة تحوي بعض الأملاح مثل أملاح الكلوريدات نظرا لدفن القطعة الفخارية ألاف السنيين في تربة مشبعة بالأملاح، كما أنها رديئة الحرق لاحتوائها علي بعض معادن الطين مثل الألبيت وأكد عدم جودة الحرق وجود مثل الماجنتيت.

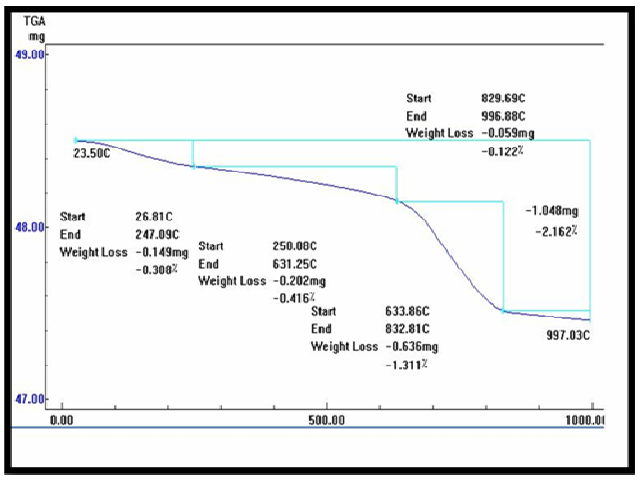



شكل رقم (٧) يمثل نمط حيود الأشعة السينية **XRD** للقطعة الأثرية موضوع الدراسة.

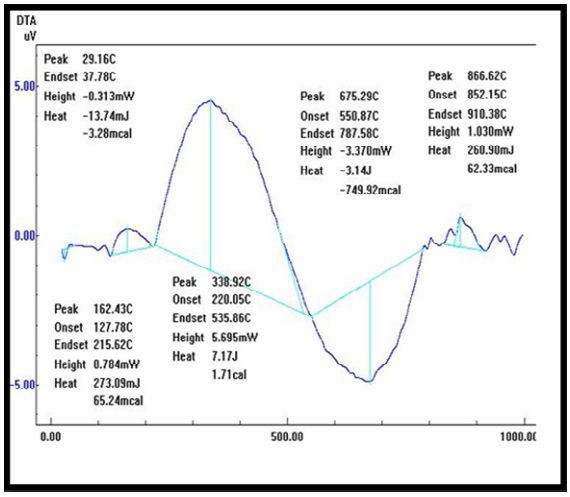
**التحليل الحراري** **Thermal Analysis**

تقنيات التحليل الحراري بطريقة التحليل الحراري التفاضلي differential thermal analysis المعروف بـ DTA وكذلك التحليل الحراري differential thermogravemetricالمعروف بـ DTG يفيد في تعيين درجة حرارة حرق الفخار، وكذلك التعرف علي التغيرات المعدنية التي تحدث أثناء الحرق للفخار الأثري، ويوضح التحليل الحراري من نوع differential thermogravemetric الفقد في الوزن للعينة الفخارية من جراء الحرق، وكانت نتائج الفقد في الوزن للعينةهي (٠.١٤٩) مللي جرام بنسبة مئوية(٠.٣٠٨ %) عند درجة حرارة حرق من ٢٦.٨١ م٥ الي ٢٤٧.٠٩ م٥، ثم أستمر الفقد في الوزن ليصل الي (٠.٢٠٢) مللي جرام بنسبة مئوية بلغت (٠.٤١٦ % )عند مدي حراري من ٢٥٠.٠٨ م٥ الي ٦٣١.٢٥ م٥، ثم حدث نقص في الوزن بدرجة ملحوظة بلغت (٠.٦٣٦ )مللي جرام بنسبة مئوية (١.٣١١ %)، ولكن في المدي الحراري من ٨٢٩.٦٩ م٥ الي ٩٩٧ م٥ كان الفقد في وزن العينة شبه ثابت حيث بلغ (٠.٠٥٩ ) مللي جرام بنسبة مئوية بلغت (٠.١٢٢ % )،وكان أجمالي نسبة الفقد في العينة (١.٠٤٨ ) بنسبة مئوية (٢.١٦٢ %)، مما يدل أن درجة حرارة الحرق حوالي ٨٥٠ م٥كما في الشكل رقم (٨ ).

وقد تم تأكيد النتائج بواسطة التحليل الحراري التفاضلي differential thermal analysisحيث يوضح التغيرات المعدنية من جراء الحرق في المدي الحراري من ٢٩.١٦ م٥ الي ٩١٠.٣٨ م٥ حيث ثبات التغيرات المعدنية في المدي من ٨٥٢.١٥ م٥ الي ٩١٠.٣٨ م٥ مما يدل علي أن درجة حرارة حرق الفخار موضوع الدراسة حوالي ٨٥٢ م٥ كما في الشكل رقم (٩ )




شكل رقم ( ٨) يمثل نمط التحليل الحراري التفاضلي للعينة الفخارية




شكل رقم (٩ ) يمثل نمط التحليل الحراري الحجمي للعينة الفخارية

وعملية تلف الآثار الفخارية من جراء عملية الحرق لها تأثيرات فيزوكيميائية مختلفة و عملية الحرق تؤثر تأثيراً كبيراً علي الجسم الطفلي بإحداث سلسلة من التغيرات الفيزوكيميائية في تركيب الجسم الطفلي[١].والتي قد تسبب تشرخ والتواء وتلف الجسم الفخاريأو الخزف [٢]، وينجم معظم التلف نتيجة صعوبة التحكم في درجة حرارة الحرق أو التسوية.وغالبا ما يصاحبعملية الحرق تغيراتفيزيائية وكيميائية مثل تحول الماء إلي بخار ماء، أو فقد الماء المتحد كيميائيا، وغالبا ما تظهر تلك التغيرات عند ٥٧٣م°، والتي يتواجد عندها مركب أو أكثر ذو تركيب معدني يختلف عن المركب الأصلي، مثل أحتراق المادة العضوية إلي ثاني أكسيد الكربون $CO_2$، أو تحول الكوارتز إلي ألفا أو بيتا كوارتز، أو تكون أطوار زجاجية مختلفة.ويتوقف تأثير عملية الحرق علي عدة عوامل مثل التركيب المعدني والكيميائي، وحجم الحبيبات، و توزيعها، ودرجة حرارة الحرق، وجو الحرق، ومدة الحرق، وهذه العوامل السابقة تلعب دوراً غاية في الخطورة في تلف المنتج الفخاري في الظروف غير العادية، حيث تحدث تغيرات تؤدي إلي إنتاج أواني فخاريةمعيبة[٣]. فالحبيبات الدقيقة تعوق خروج بخار الماء عند التبخر السريع للسطح في درجات الحرارة المرتفعة، فينجم عن ذلك ضغوط تسبب شروخ سطحية أو شروح شعرية دقيقة عند نقاط اتصال الحبيبات مع بعضها، كما أن درجات الحرارة المرتفعة قد تحدث تغيرات سريعة تسبب تلف المنتج الفخاري، ومدة الحرق تلعب هي الأخرى دوراً خطيراً في تلف المنتج الفخاري، فكلما كانت درجة الحرارة مرتفعة، ومدة الحرق صغيرة، تنشأ ضغوط داخلية تسبب تلف القطع من تشرخ أو تفلق أو كسر ويصل أحياناً التلف إلي حد الأنفجار[٤].

و درجة التلف أثناء الحرق ترجع إلي عدم قدرة الصانع في التحكم في جو الحرق ومدته ودرجة حرارة الحرق[٥].،واختلاف خواص الطفلة و ما تحتويه من شوائب تلعب دورا خطيرا في تلفالأواني

---

(١) Alfred , B., S.,: Refractory Materials , their Manufacture and Use , London, 1955 ,PP. .140- 149

(٢) Roy , V.A.,: Ceramics , New York , 1959 , PP. 167 – 182

(٣) ابراهيم عبدالله، ترميم تحف الفخار والزجاج والقاشاني، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الأسكندرية،٢٠١٢ م، ص ٣٣-٣٤

(٤) Mackenzie , R.C., Some Advanced topics in Clay mineralogy and indifferential Thermal Analysis , London, 1967 , PP. 1-2.

(٥) Mirti, P., The use of Colour Coordinates to Evalute Firing temperature of Ancient Pottery , , Archaeometry , 40 , Vol 1 , 1998 P.45.

الفخارية أثناء الحرق. فعدم تجانس المادة الخام وهي الطفلة وأحتواءها علي العديد من الشوائب بالإضافة إلي المواد المالئة العضوية وغير العضوية قد تؤدي إلي تلفالأواني الفخارية أثناء الحرق لحدوث سلسلة من التغيرات الفيزوكيميائية لمكوناتها [١]. وكثير من الآثار الفخارية مثل التراكوتا Terracotta تحوي العديد من مظاهر التلف الناجمة عن العملية الصناعية فعدم الحرق الجيد يؤدي إلي تلف سطحي سريع، ودرجة حرارة الحرق العالية تخلق أجسام زجاجية قد تؤدي إلي تلف المنتج الفخاري[٢].. و من أكثر العيوب التي تنتج عن عملية الحرق هي: إنكماش الحريق والتشرخ والألتواء والتشقق والتبقع و الأنفجار [٣].

**مناقشة النتائج: Discussion Of Results**

يتضح أن درجة حرق الفخار كأحد أهم مراحل الصناعة تلعب دورا رئيسيا في ثباته أو تلفه من عدمه،كما أنها العملية التي تكشف عيوب مراحل الصناعة المختلفة حيث تتحول الأواني الطينية المشكلة بالحرق الي أواني فخارية ثابتة ذات مقاومة عالية تستخدم في أغراض الحياة اليومية.

ويتضح من الفحص العيني أن الآثارالفخارية بتل السمارة بالدقهلية مشكلة بطريقة اليد والفوهات مشكلة علي العجلة الدوارة turning device،كما بين الفحص نوع الطفلة المستخدمة في صناعة الفخار وهي طفلة نيلية من خلال حرق الفخار ولونه وهو ما بين البني الي البني المحمر، كما أوضح الفحص وجود حبيبات الرمل و الحجر الجيري المضاف كمواد مالئة .

ولقد أثبتت الدراسة البتروجرافية بالميكروسكوب المستقطب وجود البلاجيوكليز والبيروكسين والروتيل وهذه المعادن مميزة للطفلة النيلية، مما يؤكد أن الطفلة المستخدمة في صناعة فخار تل السمارة بالدقهلية هي طفلة نيلية Nile Clay. وقد أكد التحليل بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة تشتت طاقة الأشعة السينية EDX أن الطفلة المستخدمة في صناعة فخار تلالسمارة بالدقهلية بالإسماعيلية هي الطفلة النيلية Nile Clay لوجود بعض الأكاسيد مثل أكسيد

---

(١) Kilikoglou , V., Vekins , G, and Mmaniatis : Mechanical performance of Quartz – Tempered Ceramics , Archaeometry 40 , Vol. 2 , 1998 , PP. 261 – 262.

(٢) Ashurst, J., and Ashurst N., Pratical building conservation vol. 2 , Brick , Terracotta and Earth, London, 1989, PP72–73.

(٣) Sampson , C., G,m and Volgel , J.C., Anomalous Carbon –13 Value for Fiber Tempers in Cermics , Archaeometry 39 , vol. 2 , 1997 , P. 411.

الصوديوم و البوتاسيوم و الكالسيوم و الحديد و المغناسيوم والتيتانيوم وهي من الأكاسيد المعدنية المميزة للطفلة النيلية في مصر.

وكذلك أثبتت الدراسة البتروجرافية بالميكروسكوب المستقطب وجود الرمل Sand والتبن المقرط Burnt Straw ومسحوق الحجر الجيري lime Stone Powder من نوع الدولوميت،فضلا عن وجود بعض الحفريات،مما يؤكد أن الحجر الجيري من النوع المضاف وليس طبيعيا في الطفلة، ومسحوق الفخار grog قد أضيف ايضا أثناءعجن الطفلة لتحسين خواصها الفيزيائية والميكانيكية، وقد أكد الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة تشتت طاقة الأشعة السينية EDX وجود كربونات الكالسيوم كأحد المواد المالئة المضافة.وأثبتت أيضا الدراسة البتروجرافية بالميكروسكوب المستقطب وجود معالجة لسطح الأواني الفخارية Surface Treatment بتطبيق الغسول الأحمر Red Wash.وعملية التنعيم والصقل.

كما أثبتت الدراسة البتروجرافية بالميكروسكوب المستقطب جودة حرق الآثارالفخارية ( موضوع الدراسة ) بتل السمارة بالدقهلية، وقد أكد ذلك وجود اكاسيد الحديد من نوع الهيماتيت والأطوار الزجاجية مثل الدايوبسيد، وهو من المعادن التي تظهر من جراء عملية حرق الفخار فوق٨٥٠ م. و أكد الفحص والتحليل بالميكروسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة تشتت طاقة الأشعة السينية EDX جودة الحرق لوجود ثاني أكسيد الكربون بنسبه منخفضة.بنسبة تتراوح ما بين٠.٨٢ الي ٢.٦٩ %، مما أكد أرتفاع درجة حرارة حرق الفخار موضوع الدراسة، رغم أنه يعود الي عصر ما قبل الأسرات حيث الأفران من النوع open pit fire وليس الافران العمودية او المقببة.وأثبت التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية وجود معادن الطفلة Clay Minerals مثل الانروثيت ويرجع ذلك إلى رديم التربة. كما أثبت وجود مسحوق الحجر الجيري من نوع الدولوميت كأحد المواد المالئة المضافة والتي تؤكد أن كربونات الكالسيوم من المواد المضافة وليست طبيعية في الطفلة، وأثبت التحليل بطريقة حيود الأشعة السينية وجود الدايوبسيد والذي يظهر فوق ٨٥٠مْ، كما أثبت وجودالهيماتيتمما يؤكد جودة حرق الفخار بتل آثارالسمارة. ولقد أثبت البحث أن عملية الحرق تؤثر تأثيراً كبيراً علي الجسم الطفلي بإحداث سلسلة من التغيرات الفيزوكيميائية في تركيب الجسم الطفلي والتي قد تسبب تلف الجسم،وغالبا ما تظهر تلك التغيرات عند ٥٧٣م°، والتي يتواجد عندها مركب أو أكثر ذو تركيب معدني يختلف عن المركب الأصلي، مثل أحتراق المادة العضوية إلي ثاني أكسيد الكربون $CO_2$، أو تحول الكوارتز إلي ألفا أو بيتا كوارتز، أو تكون أطوار زجاجية مختلفة.

وأثبت التحليل الحراري بطريقة التحليل الحراري DTG الفقد في الوزنحيث تم فقد الماء المتحد ميكانيكي في المدي الحراري منمن ٢٦.٨١ م٥ الي ٢٤٧.٠٩ م٥، ثم أستمر الفقد في الوزن من جراء فقد الماء المتحد ميكانيكيا وكيميائيا والبقايا العضوية والمواد الكربوناتية وأكاسيد الحديد فيالمدي الحراري من ٢٥٠.٠٨ م٥ الي ٦٣١.٢٥ م٥، ثم حدث نقص في الوزن بدرجة ملحوظة للفخارفي المدي الحراري من ٦٣٣.٨٦ م٥ الي ٨٣٢.٨١ م٥، والفقد في الوزن غالبا راجع الي تحلل كلوريد الحديد وكربونات الكالسيوم المضافة temper الي أكسيد الكالسيوم CaO وثاني أكسيد الكربون Co2، ولكن في المدي الحراري من ٨٢٩.٦٩ م٥ الي ٩٩٧ م٥ كان الفقد في وزن العينة شبه ثابت حيث بلغ (٠.٠٥٩ ) مللي جرام بنسبة مئوية بلغت (٠.١٢٢ % )،مما يدل علي أن درجة حرارة حرق الفخار ٨٥٠ م٥.

وقد أثبت التحليل الحراري التفاضلي DTA التغيرات المعدنية للفخار الأثري من جراء الحرق في المدي الحراري من ٢٩.١٦ م٥ الي ٩١٠.٣٨ م٥ حيث ثبات التغيرات المعدنية في المدي من ٨٥٢.١٥ م٥ الي ٩١٠.٣٨ م٥،مما يدل علي أن درجة حرارة حرق الفخار موضوع الدراسة حوالي ٨٥٢ م٥.كما أثبت البحث أن التلف الناجم عن عملية الحرق يتوقف علي عدة عوامل مثل التركيب المعدني والكيميائي، وحجم الحبيبات، و توزيعها، ودرجة حرارة الحرق، وجو الحرق، ومدة الحرق،فكلما كانت درجة الحرارة مرتفعة، ومدة الحرق صغيرة، تنشأ ضغوط داخلية تسبب تلف القطع من تشرخ أو تفلق أو كسر ويصل أحياناً التلف إلي حد الأنفجار،و من أكثر العيوب التي تنتج عن عملية الحرق هي: إنكماش الحريق والتشرخ والالتواء والتشقق والتبقع واللب الأسود و الانفجار.

**الخلاصة: Conclusion**

ولقد توصل البحث لمجموعة من النتائج علي قدر كبير من الأهمية في التعرف علي نوع الطفلة حيث ثبت أنها من الطفلة النيلية من خلال لون حرق الفخار وهو اللون البني الي البني المحمر وهو اللون المميز للطفلة النيلية، أما الإضافات تبين أنها عبارة عن الرمل والتبن المقرط ومسحوق الفخار، كما توصل البحث أن المعالجة السطحية من نوع الغسول الأحمر أعقبها عملية تنعيم وصقل، ولكن ليست من النوع الجيد high polished wares،ولقد أثبت البحث أن درجة حرارة حرق الفخار بتل السمارة بالدقهلية حوالي ٨٥٠ م٥.

أما فيما يخص جو الحرق داخل الفرن كان مؤكسدا ودلل علي ذلك وجود الهيماتيت بنسبة عالية، فضلا عن وجودالدايوبسيد الذي يظهر عند درجة حرارة حرق حوالي٨٥٠ م٥. وقد أثبت

البحث أنه كلما كان جو الحرق مؤكسدا داخل الفرن كلما كان الفخار يتسم بالثبات أثناء استخدامه في الحياة المعيشية و مقاومته لعوامل التلف ببيئة الدفن،أما اذا كانت درجة حرارة الحرق منخفضة فإن الفخار الناتج سيحتوي علي لب رمادي مائل الي السواد له نفس خواص الطفلة خاصة الخاصية الهيجروسكوبية والتي تسبب تشرخ البدن أوتقشر وانفصال طبقة البطانة من جراء الضغوط والأنفعالات الداخلية، فضلا عن أصابة الفخار المدفون بالتربة بالعديد من الفطريات والبكتريا بسبب وجود المواد والبقايا العضوية كالتبن straw والتي من شأنها تسبب مظاهر تلف فيزوكيميائية مختلفة بفعل التفاعلات التي تتم بين المركبات المعدنية التي يتكون منها البدن الفخاري والأحماض التي تفرزها هذه الفطريات.

كما توصل البحث من خلال شكل وحجم الحبيبات وتوزيعها للفخار موضوع الدراسة أنه من نوع نسيج الطين النيلي Nile Clay من النوع B1، بالإضافة إلي ذلك فقد أعطنا البحث صورة واضحة المعالم عن طبيعة التلف سواء الميكانيكي أوالفيزوكيميائي و تشخيص مظاهره المختلفة سواء منعيوب الحرقأو من تأثير بيئة الدفن حيث ثبت أن درجة التلف أثناء الحرق ترجع إلي عدم قدرة الصانع في التحكم في جو الحرق ومدته ودرجة حرارة الحرق.

كما ثبت إن اختلاف خواص الطفلة و ما تحتويه من شوائب تلعب دورا خطيرا في تلفالأواني الفخارية أثناء الحرق لحدوث سلسلة من التغيرات الفيزوكيميائية لمكوناتها المعدنية،و من أكثر العيوب التي تنتج عن عملية الحرق هي: إنكماش الحريق والتشرخ والالتواء والتشقق والتبقع و الانفجار واللب الأسود. كما أثبت البحث جودة حرق الأواني الفخارية موضوع الدراسة رغم كونها تعود الي عصر ما قبل الأسرات حيث الأفران من النوع open pit fire وليست الأفران العمودية التي أنتشرت بالدولة الوسطي والحديثة أو الأفران المقببة domed kilns التي أنتشرت في العصر المتأخر، وتوصل البحث الي أن التلف الفيزيائي للأواني الفخارية يرجع الي وجود رديم التربة الطينية، فضلا عن تبلور أملاح الكلوريدات والكربونات والكبريتات والفوسفات نظرا لطبيعة بيئة الدفن وهي تربة زراعيةمما يتطلب ترميمها وصيانتها وفقا لحالة تلف تلك الأواني الفخارية موضوع الدراسة، وتعتبر هذه الدراسة بمثابة دراسة تمهيدية لأعمال ترميمها وصيانتها.

**الشكر: Acknowledgement**

أتقدم بخالص الشكر والتقدير إلي ا.د / محمد عبد الهادي، استاذ ترميم وصيانة الاثار بكلية الآثار بجامعة القاهرة لما قدمته لي من نصائح ومساعدات علمية، كما أتقدم باسمي آيات الشكر والعرفان إلي كل من ساعدني في إعداد هذا البحث في جانبه النظري أو العملي واخص بالشكر

والعرفان الدكتورة/ فاطمة محمود بمتحف الحضارة والدكتور / سامح الطايربقسم الجيولوجيا بكلية العلوم بجامعة القاهرة.

## المراجع:


- إبراهيم عبد القادر،وسائل وأساليب ترميم وصيانة الأثار ومقتنيات المتاحف الفنية، مكتبة جامعة الرياض، السعودية، ١٩٧٩، صـ ١١
- ابراهيم عبدالله، ترميم تحف الفخار والزجاج والقاشاني، دار الوفاء لدنيا الطباعة والنشر، الأسكندرية،٢٠١٢ م، ص ٣٣- ٣٤
- فوزي مكاوي، الناس في مصر القديمة، مطابع المجلس الأعلي للأثار، القاهرة، ٢٠٠٣ صـ ١١، ١٢
- محمد عبد الهادي: دراسات علمية في ترميم وصيانة الآثار غير العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، ١٩٩٧.، صـ ١٣٥.
- نورتن فـ. هـ. الخزفيات للفنان الخزاف، ترجمة سعيد حامد الصدر، دار النهضة العربية، ١٩٦٦، صـ ٨

- Alfred , B., S., Refractory Materials , their Manufacture and Use , London, 1955 ,PP. 140- 149.
- Aldred , C., The Egyptians , london , 1994 , pp. 73 – 74.
- Arnold , D.,:Techniques and Traditions of manufacture in the pottery of Ancient Egypt , in an introduction to Ancient Egyptian pottery , edited by Arnold , D., and Bourriau , J., German institute of Antiquities , Cairo, 1993., P.84
- Ashurst, J., and Ashurst N., Pratical building conservation vol. 2 , Brick , Terracotta and Earth, London, 1989, PP.72-73.
- Buys, S. & Oakley, V. ; The conservation and Restoration of Ceramics , Butter Worth , Heinemann, ltd. Oxford , 1999. PP. 8-10.
- Garrison, E., G., Techniques in Archaeological Geology, Springer, Germany, 2003, P.212.
- Henderson, J., The science and archaeology of Materials, RoutLedge, London, 2000, P.11.
- Hodge , H., Artifacts , An introduction to primative technology , London , 1964 , p. 35
- Johnson , P.D., Clay modeling for every one , Newzeland , 1988 , p.12
- Kilikoglou , V., Vekins , G., Mechanical performance of Quartz - Tempered Ceramics , Archaeometry 40 , Vol. 2 , 1998 , PP. 261 – 262.
- Mackenzie , R.C., Some Advanced topics in Clay mineralogy and indifferential Thermal Analysis , London, 1967 , PP. 1-2.

- Mirti, P., The use of Colour Coordinates to Evalute Firing temperature of Ancient Pottery , , Archaeometry , 40 , Vol 1 , 1998 P.45.
- Nibbi, A., Some Grographical Notes on Ancient Egupt , Oxford , 1997 , PP.3-16.
- Riley, J., A., The Petrological analysis of Aegean Ceramics in: Occasional Paper,No.32. Current research in ceramic, Thin Section studies, British Museum, edited by Freestone, I. , 1982 , PP.1-8.
- Roy , V.A., Ceramics , New York , 1959 , PP. 167 – 182.
- Sampson , C., G,m and Volgel , J.C., Anomalous Carbon -13 Value for Fiber Tempers in Cermics , Archaeometry 39 , vol. 2 , 1997 , P. 411.
- Shepared , A.O., Ceramics for the Archaeologists , Washington , 1981 , p. 51
- Tite, M.S., The use of Scanning Electron Microscope in: the Technological examination of ancient Ceramics , in , Archaeological ceramics , edited by Olin, J. & Franklin, A. , Smithsonian Institution Press, Washington D.C , 1982, PP.109-120.
- Zakin , R., Ceramics , mastering the craft , pennsylvania , 1997 , p.14