دراسة الخواص الفيزيائية والكيميائية لخام الزجاج والأوانى المصنعة منه بمنطقة تل "أبوصيفى" الأثرية بشمال سيناء

د. سلوى جاد الكريم ضوى* أ. رمضان عوض رمضان عبد الله**

مـــقدمـــة :

تعتبر الآثار الزجاجية من التحف الهامة التى تحظى بأهمية بالغة سواء من الناحيـــة التاريخية والفنية والأثرية أو من الناحية التكنولوجية أو جوانب الترميم والصيانة . فالزجـــاج من أقدم المواد الـــتى عرفهـــا الإنســـان القـــديم ســـواء فى صورته الطبيعيـــة Natu,al glass أو
صورتـــه الصناعية Artificial glass ، فتشير معظم المراجع إلى أن المصريين القـــدماء عرفوا الزجاج منذ زمن بعيد وعرفوا صناعة الأوانى الزجاجية بما لا يقبل مجالاً للشك منـــذ الأسرة الثامنة عشر بالدولة الحديثة (١٥٥٠-١٠٦٩ق.م) وتطورت هذه الصناعة كثيرًا فـــى العصر اليونانى والرومانى (٣٠ق.م-٣٩٥م) ثم شـــهدت أوج مجدهـــا خـــلال العصـــور الإسلامية سواء فى مصر أو خارجها وبصفة خاصة فى سوريا . وعلى أية حال فإن اكتشاف الإنسان لصناعة الزجاج يعد حدثًا هامًا أثر بلا شك أثرًا كبيراً فى تطور الحضارة الإنســـانية على مر العصور .

ولقد حظيت الأوانى الزجاجية المصنعة بالمرتبة الأولى من حيث اتجاه الدراسات سواء الفنيـــة أو التكنولوجية أو حتى الترميم والصيانة وعلى النقيض لم نجد سوى القليل من الدراسات التى تناولت أصل هذه الأوانى ونقصد بذلك المواد الخام المصنع منها الأوانى الزجاجيـــة ، ربمـــا نلتمس العذر فى ذلك لصعوبة الحصول على العينات الكافية لخام حميص الزجاج فى المواقـــع الأثرية والتى تمثل بالطبع مراكز لصناعة وإنتاج الزجاج ومشغولاته الفنية .

ومن هنا فإن هذا البحث سيتناول تلك النوعية من الخامات الأولية للزجاج متمثلة فى حميـــص الزجاج الذى عثر عليه فى صورة كتل كبيرة الحجم بمنطقة تل "أبو صيفى" بشـــمال ســـيناء والتى ترجع للعصر الرومانى بمصر وذلك للوقوف على المظاهر الفيزيوكميائية لكل من خـــام حميص الزجاج والأوانى المصنعة من ذات الموقع .

لمحة تاريخية لتل أبو صيفى الأثرى بشمال سيناء :

كانت سيناء على مر العصور ذات أهمية استراتيجية مميزة حيث عن طريقها جـــاء الغزاة طامعين فى الاستيلاء على مصر ، ولقد كان استيلاء الهكسوس على مصـــر أول إذلال عرفتهُ مصر فى تاريخها ، وأدرك المصريون أن الخطر جاءهم من ناحية الشـــرق فـــأخذوا يدفعون بحدودهم الشرقية حتى جاوزوا الفرات وعن طريق سيناء خرجـــت تلـــك الحمـــلات الحربية لتأمين حدود مصر الشرقية ، ويعتبر الطريق الحربى الكبير الذى يبدأ من شرق الدلتـــا

* مدرس ترميم وصيانة الآثار - بقسم ترميم الآثار -كلية الآثار- جامعة القاهرة.
** مدرس مساعد بقسم ترميم الآثار -كلية الآثار - جامعة القاهرة.

عند حصن (سيلا) ويسير بحذاء الشاطئ أو على مقربة مه حتى يصل إلى غزة أهم الطرق الحربية التى استخدمها المصريون عند غزوهم لآسيا ، كذلك استخدمه كل من أتى لمهاجمتها على مر العصور وكثيرًا ما ورد اسمه فى النصوص المصرية القديمة وكان يعرف باسم (طريق حورس) لأن حورس كان النعت الذى يلقب به كل فرعون ٠ [١]

وعن الموقع الجغرافى لشبه جزيرة سيناء بصفة عامة فإنها تغطى مساحة قدرها ٦١,٠٠٠ كم[٢] وتنفصل جغرافيا عن مصر بواسطة قناة السويس وخليج السويس . وتكون شبهجزيرة سيناء جزءًا من منطقة الرف الساحلى الأمامى التابع لكتلة الصخور العربية وهذا الرف ينحدر ببطئ إلى الشمال ناحية حوض البحر المتوسط ٠ [٣]

تل أبو صيفى: **Tell Abu-Safi**

يقع هذا التل على بعد حوالى ٣كم من القنطرة شرق محافظة الإسماعيلية ويتبع تفتيش آثار سيناء الشمالية . ، وهو عبارة عن تل مرتفع يبلغ ارتفاعه حوالى ٣٠مترا من سطح البحر (صورة رقم ١)

ويكتب هذا التل فى المراجع التاريخية بصيغ مختلفة فيكتب مثلا (أبو سينه) أو (أبو صيفة) أما الآن فيطلق عليه تل "أبو صيفى" وهو الاسم الشائع الآن ٠

والتل يرجع إلى العصر الرومانى بمصر حوالى القرن الثانى – الثالث الميلادى والتل يمثل مكان حربى قديم لقلعة حربية تعرف قديماً باسم قلعة (ثارو)[٣] ونرى هذا المكان مرسوماً بالنقش القديم بمعبد الكرنك على هيئة مكان محصن يقع على حفتى قناة تمرح فيها التماسيح وتنمو على ضفتيها الأعشاب كما هو مبين بالشكل رقم (١) ٠ ومدينة (ثارو) كانت عاصمة المقاطعة الرابعة عشرة من مقاطعات الوجه البحرى [٤] ٠

وكانت تقع هذه المدينة الحربية على الطريق الحربى أو طريق حورس كما ذكر ، خريطة رقم (١) ويذكر أنه كان يمر بجوارها أحد فروع النيل المعروف جغرافياً بالفرع البلوزى ٠

أهم الاكتشافات الأثرية بتل "أبو صيفى" :-

بدأت الحفائر فى هذا الموقع بتلك الحفائر العشوائية أو التى يمكن أن نطلق عليها حفائر النهب كما يذكر د٠ رضوان [٥] فى مؤلفه عن تاريخ الحفائر الأثرية حيث واجهت هذه

---

[١] **أحمد فخرى :- تاريخ شبه جزيرة سيناء منذ أقدم العصور حتى ظهور الإسلام موسوعة سيناء ،أحمد فخرى :- تاريخ شبه جزيرة سيناء منذ أقدم العصور حتى ظهور الإسلام موسوعة سيناء ،**

[٢] **عبده شطا :- جيولوجية سيناء ، موسوعة سيناء ، الهيئة المصرية العامة للكتاب ١٩٨٢ ، صـ ١٦٠ ،١٦٧ ٠**

[٣] **عبد الحليم نور الدين :- مواقع ومتاحف الآثار المصرية – دار الخليج العربى للطباعة والنشر القاهرة . ١٩٩٨ ، صـ ٧٦.**

[٤] **إبراهيم محمد كامل : – إقليم شرق الدلتا فى عصور التاريخ القديم جـ١ ، صـ ٢٣٣ ٠**

[٥] **على رضوان : – الحفائر والمتاحف ، مطابع جامعة القاهرة ، سنة ١٩٩٤ ٠**

المنطقة تعديات صارخة من قبل قوات الاحتلال الإسرائيلي وخلال فترة الاحتلال الإسرائيلي لسيناء مصر (١٩٦٧ - ١٩٧٣) حيث اتخذت من هذا التل موقعاً عسكرياً لها وأثناء تواجدها وقيامها بأعمال الحفر والبناء العسكرى اكتشفت بطريق الصدفة العديد من الآثار بالمنطقة وكانت فى مجملها أعمالا تخريبية أكثر منها أعمالا علمية ٠

وبعد انتهاء فترة الاحتلال الإسرائيلي بدأت أعمال الحفائر العلمية من قبل المجلس الأعلى للآثار ١٩٩١ حتى ١٩٩٥ ٠ ثم تلتها بعثة الحفائر الأمريكية برئاسة هوفماير Hovmayer سنة ١٩٩٥ م ٠

ومازالت أعمال الحفر الأثرية مستمرة فى هذا الموقع للكشف عن كنوزها الأثرية وتقسم الاكتشافات الأثرية بالموقع إلى قسمين رئيسيين :-

القسم الأول :- الاكتشافات الأثرية المعمارية وتتمثل فى المنشآت الأثرية المشيدة بالطوب اللبن والطوب الأحمر والأحجار كالقلاع والوحدات السكنية والأفران ٠

القسم الثانى:- فهو يشمل القطع الأثرية المختلفة سواء كانت فخارا أو زجاجا أو تماثيل حجرية أو آثارًا معدنية (عملات - تماثيل) ٠

الآثار الزجاجية المكتشفة بحفائر تل "أبو صيفى" وأهميتها٠ [٦]

The glass objects excavated from Tell Abou-Safy

بالرغم من تعدد الآثار المكتشفة بتل "أبو صيفى" سواء كانت معمارية أو قطع أثرية صغيرة ، إلا أن الآثار الزجاجية التى كشفت عنها الحفائر الأثرية تعد الأهم بين كل ما عثر عليه ، وهذا ليس تحيزاًا لمادة الدراسة والبحث بقدر ما هى حقيقة تستند إلى أسس علمية وأسباب منطقية ٠ فلو عدنا إلى نوعية الآثار المكتشفة لوجدناها بالكثرة والتكرار الذى لا يقلل فى نفس الوقت من أهميتها ولكن لا يجعلها فى المقابل تحظى بأهمية القطع الزجاجية القليلة والنادرة وأهم من ذلك كله العثور على نوعين من القطع الزجاجية قلما تجود المواقع الأثرية بمثليهما فى آن واحد وهما :-

أ - الأوانى الزجاجية البديعة ذات الأشكال المختلفة والتى تتمثل بها ظاهرة التآكل Corrosion of Glass بصورة واضحة تجعل من دراسة هذه الظاهرة أمرًا شيقًا فى غاية الأهمية ٠

ب - كتل الحميص الزجاجى glass Frit والتي عثر عليها بكميات كبيرة وبأحجام مختلفة ، وهو يمثل المرحلة الأولى لتصنيع الأوانى الزجاجية والذى تفتقده معظم المواقع الأثرية التى يعثر فيها على أواني زجاجية ٠ ووجود هذا الحميص الزجاجى يعطى

---

[٦] الزيارة الميدانية العلمية لموقع تل "أبو صيفى" بتاريخ ١٢/٥/٢٠٠٠م ٠

مؤشرًا قوياً الوجود أفران لصناعة الزجاج بالمنطقة أو اعتبار المنطقة مركزًا صناعيًا لإنتاج الأواني الزجاجية على أقل تقدير ٠

وتعتبر دراسة هذه الأوانى الزجاجية من ناحية ودراسة الخام الزجاجى glass Frit من ناحية أخرى والربط بين نتائج الدراسة فى كلتا الحالتين أمرا هاما ومفيدا للغاية ، إذ من خلالها يمكن الوقوف على :-

أ - التركيب الكيميائى والخواص الفيزيائية لزجاج الأوانى الزجاجية ٠
ب - التركيب الكيميائى والخواص الفيزيائية لزجاج الحميص الخام ٠
ج - إمكانية الوقوف على تكنولوجيا صناعة الزجاج فى هذه المنطقة مع عقد مقارنة مع المناطق التى عثر فيها على نفس الخام وتم دراستها ٠
د - دراسة مدى مقاومة وثبات كلا النوعين من الزجاج ضد عوامل التلف المختلفة وتأثير التركيب الكميائى والخواص الفيزيائية على تلف الزجاج سواء فى صورة خام محمص Fritt أو فى صورة أوانى زجاجية vessels

وعلى هذا الأساس يمكننا تناول ذلك على النحو التالى :-

١ - خام حميص الزجاج : glass frit

مفهوم كلمة حميص : Frit

اتفقت جميع الأبحاث العلمية فى تعريف مصطلح (حميص Frit) على أنه خليط مكون من السليكا Silica (Sio_2) وأحد المواد القلوية Alkali تم صهره بصورة جزئية ولم يصل لدرجة الانصهار الكامل[٧] وهو بهذه الصورة يكون فى شكل كتل صماء غالباً ما تكون معتمة أو نصف شفافة opaque or translucent Blocks وتمثل المرحلة الأولى من مراحل صناعة الزجاج The First stage of Glass-making process فبعد تبريدها تصحن وتصبح مسحوقًا ناعمًا يعاد صهره بعد ذلك لبدء عملية إنتاج الأوانى منه[٨]

التركيب الكميائى للحميص الزجاجى : The chemical composition of Glass frit

يتركب الحميص الزجاجي من نفس الخامات الأولية للزجاج وهى الرمال Sands وأحد المواد القلوية مثل ملح النطرون أو ملح الطعام إلى جانب مسحوق الحجر الجيرى Lime stone powder وعلى هذا الأساس فإن التركيب الكميائى الأساسى للحميص

[7] White house ,D; Glass ; Apocket Dictionary of terms Commonly used to describe glass and glass making . The Corning Museum of Glass, New York, 1993. P. 36.

[8] Saleh ,A., Helmi ,F., George ,A.; study of Glass and Glass making processes At Wadi El- Natrun, Egypt in the Roman period ,in " Studies in conservation. vol. 17, 1972 p. 143-172 .

الزجاجي يشمل السليكا (Sio_2) والقلوى (Alkali) وكربونات الكالسيوم ($Ca\ Co_3$) بالإضافة إلى بعض الشوائب الأخرى[9]

طريقة تحضير خام الزجاج (الحميص) :The preparing of Glass frit

من خلال الدراسة التى قام بها ترنر Turner سنة ١٩٥٤. على الزجاج وأفرانه المكتشفة فى تل العمارنة وكذلك الدراسة التى قام بها صالح Saleh على الزجاج وأفرانه المكتشفة فى وادى النطرون سنة ١٩٧٢م . فقد اتفقا على أن صناعة الزجاج كانت تتم على مرحلتين two stages processes كالتالى :

المرحلة الأولى :The First stage

وتعرف بمرحلة تحميص المواد الخام Fritting of raw materials وهى نفس خامات الزجاج (السليكا والقلوى والجير)

المرحلة الثانية :The Second stage

وتعرف بمرحلة إنتاج الأوانى الزجاجية بعد إعادة صهر الخام المحمص The production of Glass objects .

والمرحلة الأولى والتى يتم فيها تحضير خام الزجاج تعرف بمرحلة تحميص المواد الخام حيث توضع المواد الخام وهى رمال السليكا Sands والقلوى Alkali والجير Lime بعد خلطها فى بواتق على شكل متوازى مستطيلات تعرف ببواتق التحميص Fritting Crucibles شكل رقم (٢) حيث يتم تسخين هذه البواتق فى أفران خاصة حيث يتم التفاعل بين المواد الخام ولا يستدعى الأمر الوصول إلى درجة الانصهار الكامل ، ويتم سحب البواتق حيث تتحول محتوياتها إلى كتلة من حميص الزجاج لها شكل متوازى المستطيلات شكل رقم (٢) ويتم التخلص من هذه الكتل الزجاجية بكسر البواتق ، إذ كان يتم تصنيع هذه البواتق من مواد رخيصة كالفخار وبطريقة تؤهلها لذلك حيث كانت تستخدم مرة واحدة فقط[10] .

وفى هذه المرحلة لا يستدعى الأمر إضافة أكاسيد ملونة أو ملونة معتمة أو مزيلة للون ، وغالباً ما كانت تتم هذه المرحلة فى المناطق التى تتوفر فيها خامات الزجاج من الرمال النقية عالية الجودة والمواد القلوية من أملاح النطرون Natrun والحجر الجيرى النقى.

وهذه المناطق تمثل مراكز لتصدير كتل حميص الزجاج إلى مراكز صناعة وتشكيل الأوانى والأدوات الزجاجية فى مصر أو خارجها[11] .

9Basta, S.; Astudy of Ancienl Islamic glass in Egypt Ms thesis, Faculty of seience, Ain-Shams Universty, Cairo, 1976, p. 65 .

[10]Saleh., A and Others ; OP. cit, PP. 143-172 .

[11] صالح أحمد صالح :- تكنولوجيا المواد والصناعات القديمة غير العضوية ، محاضرات ليسانس ترميم

خواص حميص الزجاج القديم Properties of Ancient Glass Frite

يتضح من خلال دراستنا لما وصلنا من كتل حميص زجاجية من العصور المختلفة والتى كشفت عنها الحفائر الأثرية أن كتل الحميص الزجاجى فى جميع الحالات لها الخواص الآتية :-

١ - كبر الحجم قد تصل أحياناً إلى كتل ذات أبعاد (٢٢×٩×٦سم)[١٢].

٢ - غالباً ما تكون معتمة أو نصف شفافة نظراً لعدم اكتمال درجة حرارة الصهر حيث ترفع البواتق عند درجة حرارة لا تتعدى ٧٠٠°م .

٣ - سهلة الكسر هشة Fragile نظراً لعدم اكتمال الصهر الذى من شأنه رفع درجة التداخل والتجانس بين مكونات الزجاج .

٤ - كثرة الشوائب impurities سواء المختلطة مع المواد الخام الأولية الداخلة فى الصناعة أو الناتجة عن أفران الصهر ذاتها وما بها من شوائب .

٥ - وجود آثار لشكل البواتق الفخارية مطبوعة على جسم الكتل وأحياناً أخرى توجد بقايا كسر صغيرة من مادة البواتق الفخارية ملتصقة بزجاج الحميص .

٦ - كثرة الفقاقيع الهوائية Air bubbles المنتشرة فى جسم الزجاج .

الاستخدامات المختلفة لخام حميص الزجاج

إلى جانب الاستخدام الأساسى لحميص الزجاج فى إنتاج المشغولات الزجاجية من أوان وقوارير وقنانى ومشكاوات وكئوس وخلاف من الأدوات المستخدمة فى الأغراض المنزلية فى الحياة اليومية أو الاستخدامات الطبية والصيدلانية[١٣]. فقد استخدم حميص الزجاج فى صورة عجائن زجاجية شفافة وملونة منذ أقدم العصور التاريخية فى أغراض مختلفة منها على سبيل المثال :-

١ - استخدم كقطع صغيرة من التمائم والحلى كتقليد للأحجار الكريمة ونصف الكريمة precious and scemi precious stones ومنها ما يرجع للدولة القديمة وإن كان بأعداد قليلة إلا أن استخدامه لهذا الغرض قد انتشر وعلى نطاق واسع فى عصر الدولة الحديثة وقد عثر على الكثير من القطع بمقبرة توت عنخ آمون بالأقصر ١٩٢٢[١٤].

٢ - استخدم أيضاً لتزيين وتجميل الأثاث الخشبى فى العصر الفرعونى ومثال ذلك كرسى العرش للملك توت عنخ آمون بالمتحف المصرى بالقاهرة المطعم بقطع من الزجاج الملون بألوان بديعة .

الآثار (الفرقة الثانية) العام الجامعى ١٩٩٣/٩٢م .

[12] Saleh, A, Helmi, F , Gorge , W.; OP. cit. PP. 142-149

[١٣] عبد الرحيم خلف عبد الرحيم :- الأوانى الطبية والأدوات الجراحية الإسلامية ، رسالة ماجستير -كلية الآثار - جامعة القاهرة ١٩٩٩ .

[١٤] ألفريد لوكاس : المواد والصناعات عند قدماء المصريين ، ترجمة زكى إسكندر ومحمد زكريا غنيم ، دار الكتاب العربى ، القاهرة ١٩٦٤

٣ - استخدم فى تطعيم التوابيت الخشبية فى صورة عجائن زجاجية ملونة فى العصر الرومانى ومثال ذلك تابوت بتو زيريس المطعم بالزجاج الملون من القرن الثانى قبل الميلاد بالمتحف المصرى بالقاهرة [١٥] .

٤ - استخدم على نطاق واسع فى العصر الإسلامى فى تطعيم القطع الصغيرة واتسع نطاق استخدامه ليمتد إلى تجميل العمائر حيث استخدمت قطع الزجاج الملون فى تطعيم وتزيين أحجار المحاريب الإسلامية بالمساجد [١٦] . فى صورة فصوص ملونة زرقاء وفيروزية وحمراء كما استخدمت لنفس الغرض فى تزيين بعض مداخل واجهات المساجد والمبانى الأثرية الإسلامية الهامة كالأسبلة والمدارس ، وأشهر نموذج لذلك وجد فى محراب مسجد السلطان برقوق (٧٨٤هـ-٨٠١هـ/١٣٨٢-١٣٩٩م) بشارع المعز لدين الله .

الأوانى الزجاجية من الحميص الزجاجى

The Producted Glass objects from The Glass Frit .

المرحلة الثانية التى أشرنا إليها تمثل مرحلة من الخام المحمص Melting of Glass Frit وتحويله إلى مصهور زجاجى متجانس وغالبًا ما كانت تتم هذه المرحلة فى مناطق أو مراكز إنتاج الزجاج وتصنيعه إلى أدوات ومشغولات زجاجية ، حيث كانت تتم فى الخطوات الآتية :-

١ - تصحن كتلة الزجاج جيدًا للوصول إلى مسحوق متجانس دقيق الحبيبات يضاف إليه نسبة من ملح النطرون ، وفى هذه المرحلة لابد من تسخين المسحوق وبقائه لمدة طويلة عند درجة انصهاره لفترة طويلة للتخلص من الغازات والأبخرة الناتجة .

٢ - تضاف الأكاسيد الملونة Colourants أو المزيلة للون Decolourants أو المعتمة Opacifiers طبقًا لنوعية الزجاج المطلوب . وذلك لأن من خلال كتلة واحدة من الحميص الزجاجى يمكن للصانع تحضير أنواع عديدة من الزجاج مختلفة الألوان والأغراض حيث إن المواد الخام فى هذه المرحلة عبارة عن مسحوق متفاعل كيميائيًا ومتجانس الحبيبات [١٧] .

٣ - ترفع درجة حراة فرن الصهر لدرجة قد تصل إلى ٧٥٠°م ، وتوضع بواتق الصهر التى غالبًا ما كانت تأخذ شكل نصف دائرة وصغيرة الحجم والسعة ومن خامة جيدة داخل الأفران . ويمكن خفض درجة الحرارة بإضافة كميات أكثر من

---

[١٥] نجلاء محمود على : دراسة تكنيك وعلاج وصيانة الآثار الخشبية المطعمة في العصر الفرعونى تطبيقا على أحد التوابيت المختارة ، رسالة ماجستير ، كلية الآثار -جامعة القاهرة ، ٢٠٠٠ ، ص ١١٤-١١٦ .

١٦ محمد كمال خلاف : علاج وصيانة المحاريب الأثرية ، رسالة ماجستير - كلية الآثار - جامعة القاهرة ، سنة ٢٠٠٠ م .

[17] Newton, R., Davison, S., Conservation of Glass, London ,1989, P.7

ملح النطرون الذى يقوم بـــدوره كعامل مساعد فى خفض درجة حرارة الصـــهر Flux[١٨] .

٤ - يقوم الصانع وهو أمام فرن الصهر وعند نفس درجة الحرارة تقريبًا باستخدام المصهر الزجاجى مباشرة لإنتاج أدواته المطلوبة وذلك باستخدام أدوات صنع الزجاج ســـواء اللازمة لعملية الصب فى قالب أو النفخ فى قالب أو النفخ الحر فى الهواء .

الخواص الفيزيائية والكيميائية لحميص الزجاج والأوانى المصنعة منه بتل "أبـــو صيفـــى" بشمال سيناء .

تعتبر منطقة تل "أبو صيفى" من أهم المناطق التى عثر فيها على آثار زجاجية ليـــس لكثرة ما عثر عليه من أوان وقطع زجاجية فقط بل لأن هذه المنطقة أمدتنا بالأوانى الزجاجيـــة والخام الزجاجى الأصلى المصنعة منه وهو ما يصعب العثور عليه فى كثير من الأحيـــان . وقد تم العثور على كتل لحميص الزجاج متفاوتة الأحجام ما بين الكبيرة والصغيرة وكلها ذات لون واحد نصف شفاف مائل للاخضرار قليلاً ،كما تم العثور على الأوانى الزجاجية المختلفـــة الأشكال والأحجام المصنعة منه أيضاً فى صورة قوارير وقنانى صغيرة وكبيرة ، هذا الجمـــع بين المادتين يجعلنا نجزم بكل تأكيد بأن هذه المنطقة كانت مركزاً لصناعة وإنتـــاج الأوانـــى الزجاجية ولم تكن مستوردة لها وإن كنا لم نعثر على الأفران الخاصة بصناعة الزجاج حتـــى الآن ولكن تم العثور على أفران للفخار وأخرى للخبز وهو ما يؤكد أن المنطقة كانت صناعية بالدرجة الأولى وكانت تضم مركزًا لصناعة المواد المختلفة فخارية وزجاجية ومعدنية .... الخ .

ولقد مكنتنا العينات التى تم الحصول عليها من الموقع (صورة رقم ٣،٢) التـــى لا تمثل أهمية فنية من دراستها للوقوف علـــى أهداف الدراسة فى صـــورة مقارنة بين خواص كل من

زجاج الحميص وزجاج الأوانى المصنعة منه . وهو ما سيؤكد مركزية[١٩] صناعـــة الزجـــاج بهذه المنطقة .

أ - **الخواص الفيزيائية: The physical properties**

الزجـــاج مـــادة صـــلبة غـــير متبـــلورة Non crystalline , amorphous Solid substance- أى مادة صلبة لكنها لا تتميز بالتركيب الشبكى المنتظم[٢٠] . ومن هنـــا

---

١٨ صالح أحمد صالح ، المرجع السابق .

١٩ مركزية الصناعة تعنى أن المنطقة كانت بها مصانع وأفـــران لإنتـــاج الأوانـــى والمشـــغولات الزجاجية من حميص الزجاج سواء المصنع بها أو المستورد إليها من مناطق أخـــرى حيـــث عرفت بعض البلدان كمراكز لتصدير خام حميص الزجاج مثل كوم أوشيم بالفيوم كما أشار كل من Rosen and Freestone إلى أنهما عثرا على كتلة من خام الزجاج غير المصنع بمنطقـــة (بيت أريم) بإسرائيل مقاساتها (٣,٤٠×١,٩٥×٠,٤٥سم) سنة ١٩٩٧م . ولـــم يعـــثرا على أوان مصنعة .

20- Journal of Glass, vol. 41, the Corning Museum of Glass New York, 1999, PP. 105-117 .

Pollard, A, Heron, C; Archaeological chemistry, London, 1996

فإن هذه النوعية من المواد لا تتميز بالثبات وتظهر تبايناً واضحاً فى درجة ثباتها خاصة من ناحية التركيب والخواص الفيزيو كيميائية وهذا التباين يتبعه تنوع واختلاف فى خواص هذه المادة من حالة إلى أخرى بل وربما فى نفس الحالة تحت الدراسة ذاتها [٢١] وأهم الخواص الفيزيائية للزجاج التى يمكن مناقشتها علمياً للعينات تحت الدراسة :

١ - الكثافة : Density

وتتوقف على التركيب الكيميائى للزجاج . فمثلاً الزجاج المحتوى على نسبة عالية من الرصاص تزداد كثافته (شكل رقم ٣) ٠ أما الزجاج المعروف بزجاج الصودا والجير فهو ذو درجة كثافة أقل ، وتقدر كثافة الزجاج بحوالى ١,٥-٣,٥% تقريباً أو (٢,٥كجم/م^{٢}) [٢٢] ٠

٢ - المسامية : Porosity

تعرف المسامية بأنها تعبر عن مدى نفاذية الأجسام للسوائل وحجم مسامها، والزجاج من المواد الصلدة غير المسامية non porous substance غير المنفذ للسوائل أو الغازات ولذلك استخدم كأوان لحفظ السوائل منذ أقدم العصور ٠

٣ - الصلادة : Hardness

مصطلح يعبر عن مقاومة الأجسام للخدش بواسطة جسم آخر ويتم تعيينها طبقاً لمقياس موة Mho's scale for hardness وتعتمد الصلادة على التركيب البنائى والكيميائى للمادة . وتتراوح صلادة الزجاج من ٥-٧ درجات بمقياس موة ٠

٤ - المتانة : Durability or strength

المتانة مصطلح يعنى القدرة على التماسك ومقاومة الجسم لعوامل الانفصال وتقدر المتانة بالثقل الذى يتحمله الجسم -وتتراوح متانة الزجاج نحو ٩كجم/البوصة[٢٣] ٠

٥ - التوصيل الحرارى Thermal Transmission

والزجاج عامة موصل ردئ للحرارة وزجاج السليكا هو أكثر أنواع الزجاج توصيلاً للحرارة [٢٤] ٠

٦ - درجة الانصهار Melting Point

تتوقف على التركيب الكيميائى للزجاج وخاصة نسبة المادة القلوية التى بارتفاع نسبتها بالزجاج تقل درجة حرارته والعكس تمامًا حيث تقوم بدور العامل المساعد فى خفض درجة انصهار الزجاج ٠ وتتراوح درجة انصهار الزجاج حوالى ١٥٠٠م فى المتوسط ٠

٧- الخواص الضوئية Optical Properties

الزجاج من المواد الشفافة Transparent المنفذة للضوء ويرجع ذلك إلى التركيب العشوائى لذراته وجزيئاته والذى من شأنه عدم إعاقة أو حيود وانحراف الأشعة الضوئية عن

---

[21] Love 11,M., Avery , A, Veron, M.; physical properties of materials, New York , 1987, P.80 .

[٢٢] محمد زينهم : تكنولوجيا فن الزجاج ، مراجعة دكتور مصطفى عبد الرحيم ، الهيئة العامة للكتاب ، القاهرة ، ١٩٩٥ ، ص ٢٢ ٠

[٢٣] محمد زينهم ، المرجع السابق ، صـ ٢٢٣.

[24] Newton , R., Davison, S ; OP. cit. , PP. 15-20 .

مسارها بالزجاج [٢٥]. ويبلغ معامل الانكسار الضوئى له refraction index حوالى ١,٥- ١,٧ تقريبا [٢٦]. ويظهر الزجاج شفافا عديم اللون إذا لم تضف إليه أى أكاسيد لونية عن عمد. وقد أجريت التجارب والاختبارات المعملية [٢٧] لدراسة الخواص الفيزيائية لعينات حميص زجاج تل "أبو صيفى" مقارنة بعينات زجاج الأوانى المصنعة منه وقد كانت على النحو التالى:

جدول رقم (١) يوضح نتائج اختبار الخواص الفيزيائية لعينات الحميص والأوانى الزجاجية بتل أبو صيفى :-

م	الخواص الفيزيائية	الحميص الزجاجى Glass Frit	زجاج الأوانى Glass Vessels
١	اللون Colour	شفاف مائل للاخضرار قليلاً	ملون بألوان زرقاء وخضراء معتمة وبعضها شفاف مائل للاصفرار
٢	الكثافة Density	حوالى ٢,٥كجم /م٣ حوالى٢,٥% تقريبًا	حوالى ٢٤٧كجم /م٣ حوالى١,٩%
٣	المسامية Porosity	غير مسامى تمامًا non porous glass	غير مسامى تمامًا non porous glass
٤	الصلادة Hardness	من ٦,٥-٧ درجات بعد خدشه بحجر الكورانـدم وصلادته ٩ درجات	بلغت ٦,٧:٦,٢ تقريباً أقل صلادة من كتل الحميص
٥	المتانة durability	قدرت بـ ٨,٥-٩,٥كجم / البوصة المربعة - ويعتبر من النوع الضعيف لحد ما	قدرت بـ ٨-٩كجم / البوصة أقل متانة نظراً لتعرضها للتلف بتأثير الدفن فى التربة
٦	التوصيل الحرارى Thermal trans.	ردئ التوصيل للحرارة تماماً	ردئ التوصيل للحرارة
٧	الشفافية والإعتام	من النوع نصف الشفاف طبقا لمقدار نفاذيته للضوء Translucent	من النوع الملون المعتم نظرًا لتأثير وجود العوامل الملونة Colourants
٨	معامل الانكسار الضوئى refractive index	قدرت بـ ١,٤-١,٥ تقريباً	بلغت ١,٤ - ١,٥ تقريبا ً
٩	درجة الانصهار melting point	تراوحت من ١٢٠٠-١٥٠٠م	وصلت ١٠٠٠-١٣٠٠م

ومن خلال المقارنة السابقة للخواص الفيزيائية التى تم تقديرها لكل من عينات كتل الحميص الزجاجى والأوانى المصنوعة منه يلاحظ أن مقدار الاختلاف فى قيم الخواص التى

---

[٢٥] أحمد محمد شادى : المعادن تحت المجهر ، جـ٢ - دار العربية للنشر - القاهرة ، ١٩٨١ .

[26] Newton , R., Davison, S ; OP. cite , PP. 15-20 .

٢٧ أجريت هذه الاختبارات بمعامل قسم بحوث الزجاج بالمركز القومى للبحوث بالقاهرة بتاريخ ٢١مايو ٢٠٠٠م

تم تقديرها طفيف وغير ملحوظ إلا فى بعض الخواص التى تتأثر بعملية صناعة الأوانى الزجاجية فى مرحلتها الثانية (إعادة الصهر) حيث تنخفض درجة حرارة انصهار الزجاج كلما أعيدت عمليات سحقه وصهره تباعًا كما تقل متانة الزجاج المنتج فى هذه الحالة من جراء كثرة المعالجة الحرارية ٠

أما خواص اللون فهى تعتمد فى الأساس على نوعية الزجاج الذى يرغبه الصانع ، فبالنسبة لكتل الحميص الخام لا يبغى منها الصانع سوى تحضيرها لإنتاج أوانيه الزجاجية متى شاء ولا يلزم إضافة أى مواد ملونة فى هذه الحالة أما فى مرحلة صنع الأوانى الزجاجية فإن الصانع يبدأ فى إضافة الأكاسيد الملونة التى يرغب فى الحصول منها على ألوان معينة لأوانيه الزجاجية وغالبا ما استخدمت أكاسيد الحديد (Fe) والنحاس (Cu) والكوبالت (Co) والمنجنيز (Mn) كعوامل ملونة بالزجاج فى حين استخدمت أكاسيد الأنتيمون (Sb) وأكسيد المنجنيز الثنائى $(Mn)^2$ كعوامل مزيلة للون Decdourants وللحصول على زجاج معتم opaque glass استخدمت أكاسيد الأنتيمون (Sb)والقصدير (Sn) والرصاص (Pb) والزنك (zn) للحصول على زجاج معتم وملون[٢٨] ٠

ب - الخواص الكيميائية The Chemical Properties

انتهت جميع الأبحاث العلمية التى قامت بدراسة الزجاج القديم Ancient glass الى أن معظم أنواع الزجاج القديم وأكثرها شيوعًا تعتبر من الناحية الكيميائية من النوع المعروف باسم زجاج السليكا مع القلويات [٢٩] Alkali, Silica glass ٠ وعرف منه فى مصر زجاج السليكا والصوديوم (Sodium, Silicate glass (Ca, Na Silicate أى أن التركيب الكيميائى الأساس له من أكاسيد الصوديوم (NaO) والكالسيوم (CaO) والسيليكا (SiO_2) ٠ أما فى سوريا وبلاد الرافدين فقد عرف زجاج السيلكا والبوتاسيوم Potasium , Silicate glass أي أن التركيب الكيميائى الأساس له من أكسيد البوتاسيوم (KO) والكالسيوم(CaO) والسليكا (SiO_2) [٣٠] ٠ وإلى جانب هذا التركيب الكيميائى الأساسى توجد بعض الأكاسيد الأخرى التى تدخل فى تركيب الزجاج إما كشوائب بخامات الزجاج غير متعمدة الإضافة ومعظمها لشوائب أكاسيد الحديد (Fe) والتى تضفى على الزجاج المنتج لونًا مائلاً للاصفرار أو الزرقة أو درجات لونية بينهما ٠ وهناك أكاسيد معدنية تعمد الصانع إضافتها بهدف الحصول على سمات لونية معينة فى الزجاج المنتج وهى الأكاسيد التى أشرنا إليها والتى تقوم بدورها كعوامل ملونة بالزجاج Colouants أو مزيلة للون Decolourants أو معتمة opacifiers ٠

---

[28] Newtan, R., Davison S., OP. cit., PP. 57-60 .

[29] Basta, S., J., OP. cit , PP. 126-136

[٣٠] سلوى جاد الكريم : ترميم وعلاج أربع قطع زجاجية من العصرين الإسلامي المبكر والمملوكى بالمتحف الإسلامي بكلية الآثار - جامعة القاهرة - رسالة ماجستير ، كلية الآثار سنة ١٩٨٢.

وتدخل جميع هذه الأكاسيد الكيميائية فى التركيب البنائى للزجاج فى صورتين أمـــا :-

١ - أيونات مكونة للتركيب الشبكى للزجاج Net - Work Formers Ions ومنها أكاسيد السليكون (SiO_2) .

٢ - أيونات مطورة للتركيب الشبكى للزجاج Net - Work Formers Ions ومنها أيونات القلويات الأرضيـــة مثـــل الصوديـــوم (Na) والبوتاســـيوم (K) والكالســـيوم (Ca) والماغنسيوم Mg) [٣١] .

١ - التركيب الكيميائى للعينات (موضوع الدراسة) Chemical Structure

وبالدراسة الكيميائية والتحليل الكيميائى لعينات حميص زجـــاج تـــل "أبـــو صيفـــى" والأوانى المصنعة منه وذلك باستخدام طرق التحليل الكيميائى المتقدمة والدقيقة مثل طريقـــة الفحص والتحليل بالميكرسكوب الإلكترونى الماسح المزود بوحدة التحليل العنصـــرى الدقيـــق بالأشعة السينية (SEM with EDX) [٣٢] .

Scanning electron Microscope attached with Micro chemical analysis unit with X-ray .

حيث تعتبر من أكثر طرق التحليل دقة فى النتائج إذ يمكن من خلالها التعيين الكيفى والكمـــى الدقيـــق للعنـــاصر الموجـــود بالعينـــة Micro Qualitative and Quantitative Identification وفى ذات الوقت يمكن فحص عينات الزجاج بالميكرســـكوب الإلكـــترونى الماسح (SEM) لدرجات تكبير تصل إلى ٤٠٠,٠٠٠مرة .

ومن مميزات هذه الطريقة أنها مـــن الطـــرق غـــير المتلفـــة non destructive method حيث لا تحتاج سوى عينات صغيرة جدًا ويتم استرجاعها بعد الفحص والتحليـــل مرة أخرى[٣٣] .

ومن خلال نتائج الفحص والتحليل الموضحة بالشكل رقم (٤ ، ٥) يمكن مقارنة نتائج كلتا العينتين (الحميص والأوانى) فى الجدول الآتى :-

---

[31] Newton, R., Davison S., OP. cit., PP. 5-9 .

[٣٢] أجريت هذه التحاليل والفحوص بمعامل الهيئة العامة للمساحة الجيولوجية بالقاهرة بتاريخ ٢٠٠٠/١/١٣ .

[٣٣] رمضان عوض عبد الله : دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية المزخرفـــة بالمينـــا والمموهـــة بالذهب تطبيقاً على مجموعة متحف الفن الإسلامى بالقاهرة - رسالة ماجستير - كلية الآثار - جامعة القاهرة ١٩٩٩ ، صـــ٢١١ .

جدول رقم (٢) يوضح نتائج تحليل عينات الحميص والأوانى الزجاجية بطريقة (EDX) :-

Oxide	Oxide Weight %	
	عينة حميص الزجاج glass Frit	عينة زجاج الأوانى Glass Vessels
SiO_2	73.01	73.43
Na_2O	5.58	3.42
Al_2O_3	5.41	5.65
ClO	4.60	4.01
CaO	3.48	5.28
K_2O	2.65	2.22
Fe_2O_3	1.79	1.13
MgO	1.33	1.46
MhO	1.31	ـــ
SO_3	0.19	
Total	100.00	100.00

من خلال قراءتنا لنتائج الجدول السابق نلاحظ التقارب الكبير فى نسب الأكاسيد الأساسية المكونة للزجاج سواء فى خام حميص الزجاج frit أو زجاج الأوانى المصنعة وهذا يدل على أن الأوانى الزجاجية مصنعة من نفس الخام الزجاجى وهذا يثبت أيضا مركزية صناعة الأوانى الزجاجية بتل "أبو صيفى" بشمال سيناء وأن هذه المنطقة أحد مراكز صناعة الزجاج وأوانيه فى العصر الرومانى بمصر خلال القرنين الأول والثانى قبل الميلاد .

أما بالنسبة للأكاسيد الأخرى المضافة فمعظمها شوائب غير معتمدة الإضافة مثل أكاسيد الحديد (fe_2o_3) وأكاسيد الألمونيوم ($AL_2\ o_3$) والماغنسيوم (mgo) وكلها أكاسيد معدنية توجد بصفة دائمة فى الرمال المصرية . أما أكاسيد المنجنيز (Mno) والموجودة بنسبة بسيطة (1,31) بحميص الزجاج فقط فيرجع استخدامه كعامل مزيل للون Decolourants ولإزالة ومعادلة أى تأثير لونى لأكاسيد الحديد المتواجدة كشوائب بخامات الزجاج الأساسية .،

كما أن ارتفاع نسبة القلوى بالحميص الزجاجى يرجع لرغبة الصانع فى خفض درجة حرارة الصهر فى مرحلتها الأولى بينما انخفاض نسبته فى زجاج الأوانى يرجع إلى إلمام الصانع بخطورة النسبة العالية من القلوى سواء الصوديوم أو البوتاسيوم والتى تلعب دورا خطيرا فى ضعف مقاومة الزجاج للرطوبة وتؤدى فى النهاية إلى تلفه . ويدعم ذلك التفسير العلمى ما تم ملاحظته على قطع حميص الزجاج من طبقات صدأ الزجاج Corrosion of Glass Layersمتكلسة على سطح الزجاج بألوان متباينة فيما يعرف بظاهرة تلاعب الألوان Irridescence or colour وهذه الظاهرة لوحظت أيضا على زجاج الأوانى ولكنها كانت أقل فى مظهرها وسمك الطبقات المتكونة . (صورة رقم ٤) .

وعلى الجانب الآخر أضاف الصانع نسبة قليلة من أكسيد الكالسيوم (مسحوق الحجر الجيرى) بلغت (3.48) للحميص الزجاجى والمعروف أن أكسيد الكالسيوم يقوم بدور هام فى تقوية الزجاج الناتج وإضفاء خاصية المتانة والثبات عليه stabillity ولذلك يطلق عليه العامل المثبت stabilizer بينما أضاف نسبة عالية منه فى زجاج الأوانى بلغت (5.28) ويرجع

ذلك لعدم احتياج الصانع لزجاج ذي متانة عالية فى مرحلة صنع حميص الزجاج بقدر ما هو فى أشد الاحتياج إليها فى مرحلة صنع وإنتاج الأوانى الزجاجية والتى يلزمها المتانة والثبات لتقاوم عوامل التلف المختلفة بمرور الزمن . وبالطبع فإن كل هذه الأمور الصناعية الهامة بدأ الصانع الإلمام بها منذ عرف صناعة الزجاج منذ أقدم العصور .

٢ - دراسة ظاهرة تبلور الزجاج بالعينات (موضوع الدراسة) :-

Recrystallization of glass (Devitrification)

الزجاج فى الأصل مادة صلبة غير متبلورة تماما Amorphous substance[٣٤] يتحول الزجاج تدريجيا عند إعادة بلورة مكوناته الأساسية أو بعض المركبات الناتجة عن اتحاد المكونات الأساسية للزجاج فى صورة أطوار منفصلة ومتميزة فى الوسط الزجاجى ، ويتحول الزجاج من الشفاف إلى النصف شفاف إلى المعتم ويمكن أن تنشأ هذه الظاهرة تلقائيا بمرور الزمن أو صناعيا باتباع نظام خاص من المعالجة الحرارية لبعض أنواع معينة من الزجاج ،ولكن الأكثر شيوعا أن تحدث هذه الظاهرة نتيجة للتلف والانحلال الكيميائى للتركيب الكيميائى للزجاج Chemical Decomposition نتيجة تعرضه لعوامل التلف فى ظروف البيئة المحيطة وأهمها درجات الحرارة والرطوبة حيث يحدث وعلى فترات طويلة من الزمن إعادة تبلور مكونات الزجاج ، وتسبب هذه الظاهرة عند حدوثها ضعفا فى الزجاج deterioration of glass خاصة المحتوى على نسبة عالية من القلوى[٣٥] .

ولما كانت العينات المتمثلة للقطع الزجاجية سواء الحميص الزجاجى أو الأوانى الزجاجية بتل "أبو صيفى" اكتشفت أساسا من الحفائر واستخرجت من التربة وعلى أعماق مختلفة فقد كان ضروريا دراسة هذه الظاهرة التى من الممكن أن تحدث لمثل هذه النوعية من الزجاج فقد تم فحص عينات الزجاج باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح (SEM) لملاحظة أى مظاهر تبلور crystallizatin ويتضح من الصور الميكروسكوبية أرقام (٥, ٦) أن العينات الزجاجية قد تعرضت لتلف شديد أفقدها خاصيتها المتجانسة التى يتميز بها سطح الزجاج ولكن لم تظهر أى أطوار بللورية منفصلة مما يؤكد عدم تعرض الزجاج بالعينات لمثل هذه الظاهرة بصورة واضحة .

كما تأكد ذلك من خلال التحليل الكميائى بطريقة حيود الأشعة السينية[٣٦] x- ray diffraction analysis (XRD) وهى الطريقة التى تكشف بوضوح عن المركبات الكميائية بعينات المواد المتبلورة crystalline materials ويتضح ذلك من خلال الشكل رقم (٦, ٧) والذين يوضحان نمط حيود الأشعة السينية لعينة زجاج الحميص وعينة زجاج الأوانى حيث لم تظهر أى انعكاسات تدل على وجود أطوار متبلورة بالعينة ولذلك يمكن القول أن زجاج العينات بهذه المنطقة مازال يحتفظ بالتركيب المميز للزجاج وهو التركيب غير المتبلور تماما amorphous structure .

---

[34]. Guinier,A., The Struetune of Matter, London , 1984 PP.157

[٣٥] رمضان عوض عبد الله : المرجع السابق ، صـ١٢٠ -١٢١ .

[٣٦] تمت هذه التحاليل بمعمل حيود الأشعة السينية بكلية الآثار - جامعة القاهرة .

أهم مظاهر تلف الآثار الزجاجية بتل "أبو صيفى" تطبيقا على العينات (موضوع الدراسة) :-

the Deterioration phenomena of glass objects .

من خلال دراسة العينات السابقة سواء الحميص الزجاجى أو عينات الأوانى يمكن إيجاز مظاهر تلف هذه العينات فى المظاهر الآتية كما يتضح من الصور أرقام (٢ ، ٣)

١ - تلف وتآكل سطح الزجاج بما يعرف بظاهرة صدأ الزجاج corrosion of glass حيث تبدو طبقات التلف أكثر سمكا فى عينة الحميص الزجاج وأقل سمكا فى عينة زجاج الأوانى .

ويرجع ذلك نتيجة دفن الزجاج فى التربة لمدة طويلة .

٢ - تعرض الزجاج بالعينات جميعها لظاهرة تلاعب الألوان play of colour وهى الناتجة عن تأثير الضوء على طبقات صدأ الزجاج .

٣ - تعرض الزجاج وخاصة زجاج الأوانى لظاهرة التنقر piting نتيجة التلف الناتج عن تأثير الرطوبة فى موقع الدفن وإذابة القلوى بالزجاج .

٤ - تعرض الأوانى للكسر بصورة واضحة نتيجة رقة سمك جدرانها وصغر حجمها إلى جانب

أنها مفرغة من الداخل بعكس كتل الحميص المصمتة وكبيرة الحجم والتى يصعب كسرها

بسهولة .

٥ - الفقاقيع الهوائية Air bubbles كأحد العيوب الصناعية كجيوب هوائية وتظهر بوضوح فى كتل الحميص الزجاجى عنها فى الأوانى الزجاجية . (صورة رقم)

نتائج البحث the Results

من خلال الدراسة التحليلية والفيزيائية والكيميائية لحميص الزجاج والأوانى المصنعة منه المكتشفة بتل "أبو صيفى" بمنطقة شمال سيناء أستخلص البحث النتائج الآتية :

١ - تتفق نتائج الدراسة تماما وتؤيد رأى كل من صالح Saleh سنة ١٩٧٢ وترنر Turnerسنة١٩٥٤ أن عملية صناعة الزجاج كانت تتم على مرحلتين وليس مرحلة واحدة أولها مرحلة صناعة الزجاج الحمص (glass frit) والثانية مرحلة تشكيل الأوانى الزجاجية من خام الزجاج المحمص (glass vessels) ولا يتفق البحث مع رأى لوكاس ١٩٤٥ والذى يرى أن صناعة الزجاج كانت تتم على مرحلة واحدة فقط .

٢ - تعتبر منطقة تل "أبو صيفى" الأثرية بشمال سيناء أو منطقة (ثارو) كما كان يطلق عليها قديما من مراكز صناعة وإنتاج الزجاج ومشغولاته وأنها كانت تستورد خامات الزجاج الأولية من رمال نقية وأملاح نطرون ومسحوق الجير ولكنها كانت تقوم بتحضير وتصنيع هذه الخامات فى مصانع وأفران خاصة بها .

٣ - تعتبر الخواص الفيزيائية التى تم تعيينها لكل من عينات كتل حميص الزجاج وعينات الأوانى الزجاجية بتل "أبو صيفى" متقاربة لحد كبير وهو ما يؤكد أن الأوانى مصنعة من نفس الخام المحمص وقد أكدت التحاليل الكميائية الدقيقة ذلك حيث لم تعط نتائج التحاليل بطريقة تشتت الأشعة السينية (EDX) أى اختلافات واضحة لنسب العناصر الأساسية والإضافية بكل من عينات الحميص الزجاجى وعينات الأوانى الزجاجية.

٤ – نظرا لتعرض الآثار الزجاجية من كتل حميص زجاجى ومشغولات زجاجية للدفن فى التربة الرملية الطينية sandy clay soil بموقع الحفائر بتل "أبو صيفى" لفترة زمنية طويلة بدأت من القرن الأول – الثانى الميلادى وحتى الآن فقد تعرضت هذه الآثار الزجاجية للعديد من عوامل التلف أهمها تأثير الرطوبة وكذلك العوامل المحيطة ببيئة الدفن لذلك فقد لوحظ العديد من مظاهر التلف التى أصابت الزجاج لعل أخطرها ظاهرة تآكل الزجاج corrosion of glass.

المراجع والمصادر

أ- المراجع العربية

١ – **أحمد فخرى** : تاريخ شبه جزيرة سيناء منذ أقدم العصور حتى ظهور الإسلام موسوعة سيناء ، الهيئة العامة للكتاب ، سنة ١٩٨٢ م .

٢ – **أحمد محمد شادى** : المعادن تحت المجهر ، الجزء الثانى ، دار العربية للنشر سنة ١٩٨٤

٣ – **ألفريد لوكاس** : المواد والصناعات عند قدماء المصريين ، ترجمة زكى إسكندر ومحمد زكريا غنيم ، دار الكتاب العربى ، القاهرة سنة ١٩٦٤ .

٤ – **إبراهيم محمد كامل** : إقليم شرق الدلتا فى عصور التاريخ القديم ، جـ١ ، سنة ١٩٨٤.

٥ – **رمضان عوض عبد الله**: دراسة علاج وصيانة الآثار الزجاجية المزخرفة بالمينا والمموهة بالذهب تطبيقا على مجموعة متحف الفن الإسلامي بالقاهرة رسالة ماجيستير كلية الآثار جامعة القاهرة – سنة ١٩٩٩ .

٦ – **سلوى جاد الكريم** : ترميم وعلاج أربع قطع زجاجية من العصرين الإسلامي المبكر والمملوكى بمتحف كلية الآثار الإسلامي ، رسالة ماجيستير – كلية الآثار سنة ١٩٨٢ .

٧ – **صالح أحمد صالح** : تكنولوجيا المواد والصناعات القديمة – محاضرات ليسانس ترميم الآثار جامعة القاهرة ، العام الجامعى ١٩٩٢ ، ١٩٩٣ م .

٨ – **عبد الحليم نور الدين** : مواقع ومتاحف الآثار المصرية ، دار الخليج العربى للطباعة والنشر ، القاهرة سنة ١٩٩٨ م .

٩ – **عبده شطا** : جيولوجية سيناء ، موسوعة سيناء الأثرية ، الهيئة العامة للكتاب ، القاهرة ، سنة١٩٨٢ م .

١٠ – **عبد الرحيم خلف عبد الرحيم** : الأوانى الطبية والأدوات الجراحية الإسلامية رسالة ماجستير – كلية الآثار جامعة القاهرة ، سنة ١٩٩٩ م .

١١ – **على رضوان** : الحفائر والمتاحف والتسجيل العلمى ، مطابع جامعة القاهرة سنة١٩٩٤ م.

١٢ – **محمد كمال خلاف** : علاج وصيانة المحاريب الأثرية ، رسالة ماجستير ، كلية الآثار – جامعة القاهرة ، سنة ٢٠٠٠م .

١٣ – **محمد زينهم** : ومراجعة د. مصطفى عبد الرحيم : تكنولوجيا فن الزجاج ، الهيئة العامة للكتاب ، القاهرة سنة ١٩٩٥م .

١٤ - **نجلاء محمود على** : دراسة تكنيك وعلاج وصيانة الآثار الخشبية المطعمة فى العصر الفرعونى ، رسالة ماجستير ، كلية الآثار - جامعة القاهرة ، سنة ٢٠٠٠م .

ب - *المراجع الأجنبية* : -

15 - ***Basta, S, J;*** A study of Ancient Islamic glass in Egypt, MS, Thesis Faculty of science , Ainshams University , Cairo, 1976 .

16 - ***Guinier, A***, A structwe of Matter, London , 1984 .

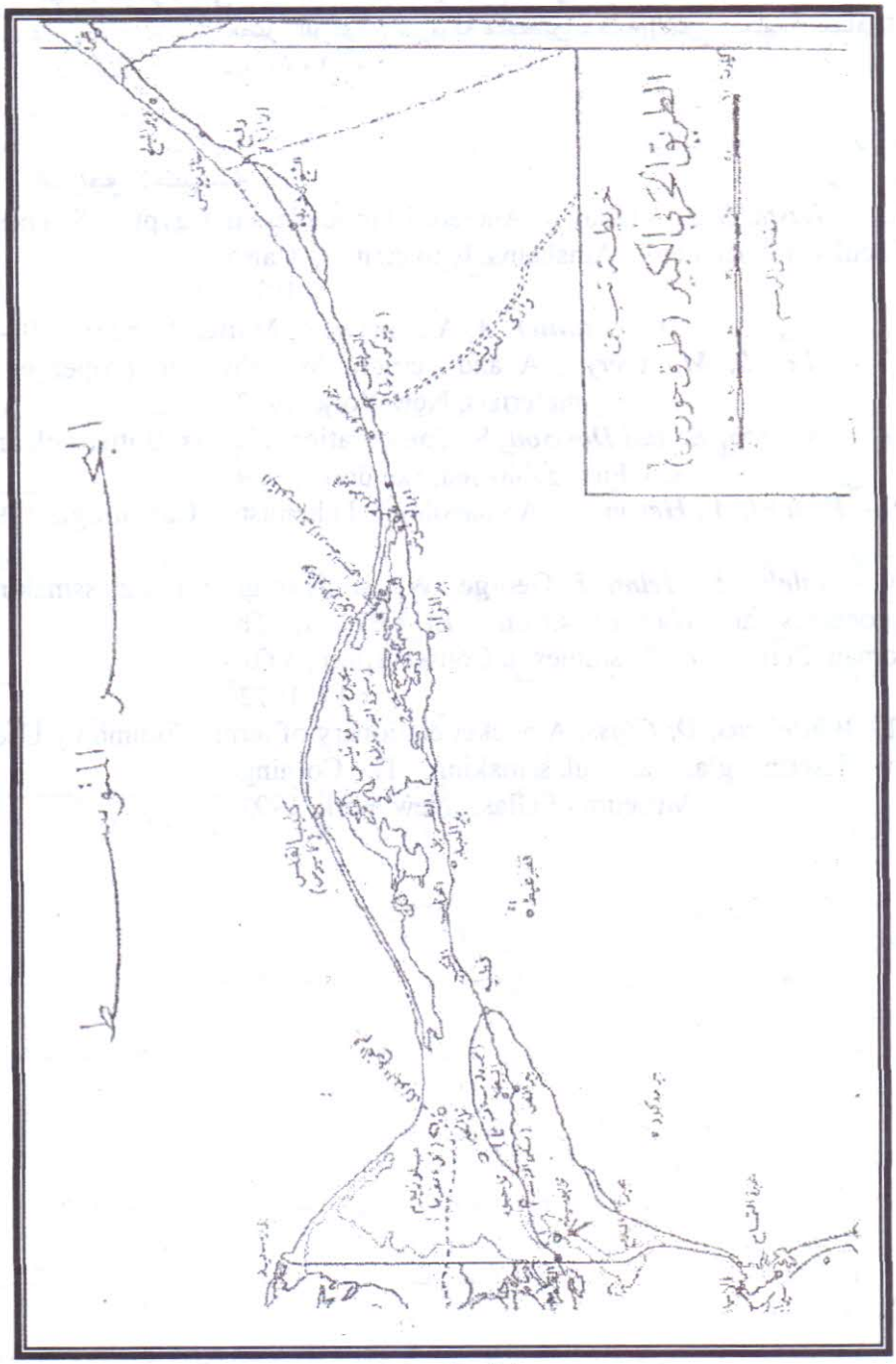
17 - ***Lovell, M, Avery*** , A and vernon, M.; physical properties of materials, New York, 1987 .

18 - ***Newton, R. and Davison***, S; Conservation of glass, Butterwith and Co, First pablished, London , 1989 .

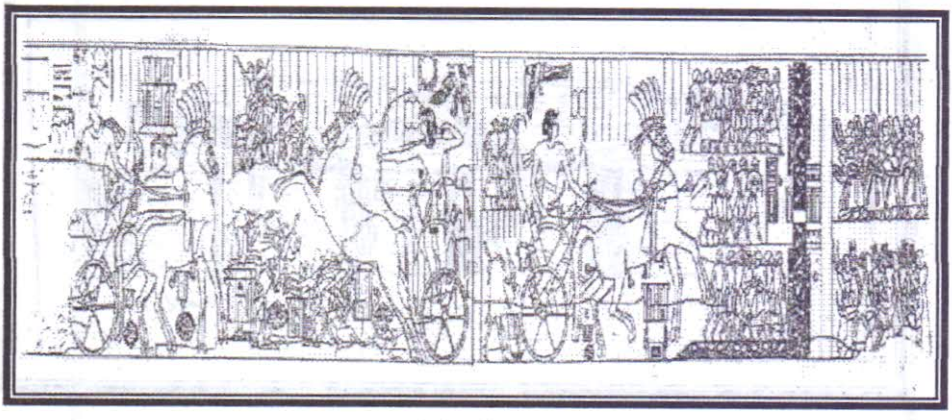
19 - ***Pollard, A , Heron***., C; Archaeological chemistry, Cambridge, 1996

20 - ***Saleh, A., Helmi, F***, George . W, : study of glass and glassmaking processes at Wadi-ELNitrun - EGYPT , in The Roman Periods In " studies in Conservation , VOL-17, 1972 .

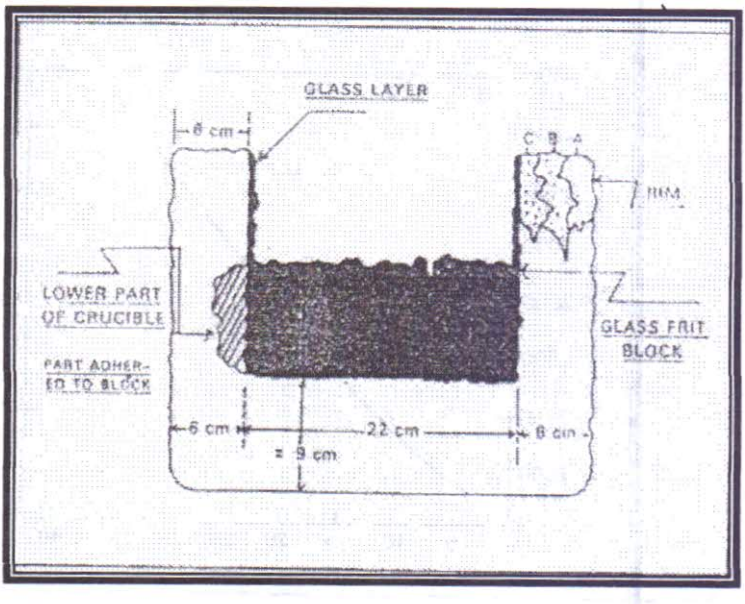
21 - ***Whitehous, D; Glass***; A pocket dictionary of terms Commonly Used to describe glass and glassmaking, The Corning . Museum of Glass, New York, 1993 .



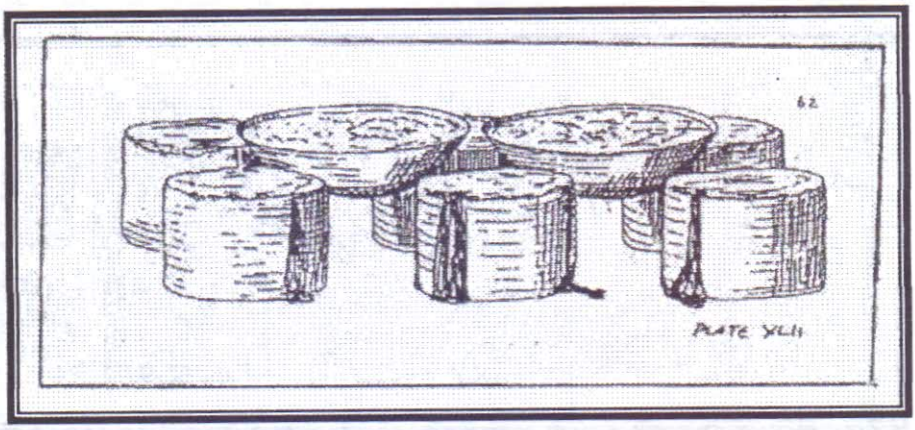
خريطة رقم (١)
تبين الطريق الحربي الكبير (طريق حورس)



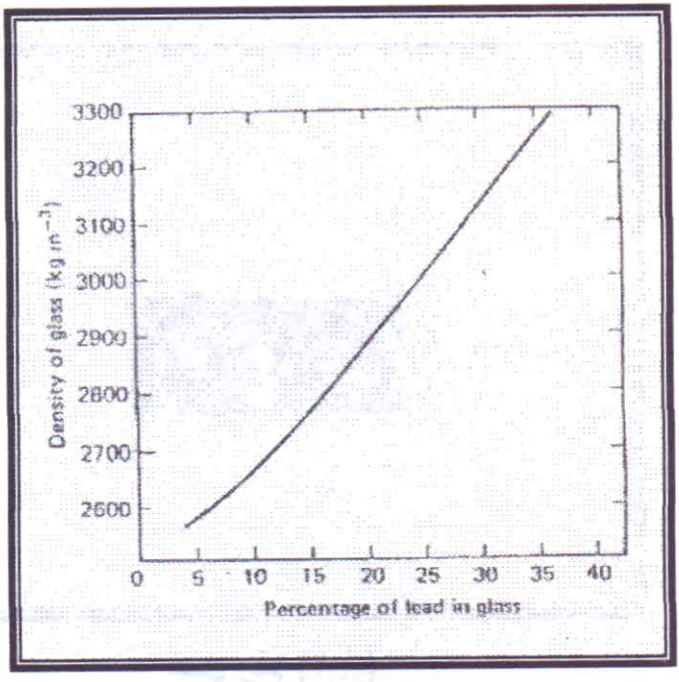
شكل رقم (١)
يوضح القلاع الحربية بشمال سيناء (نقش حورس الحربي علي جدران معبد الكرنك بالأقصر)



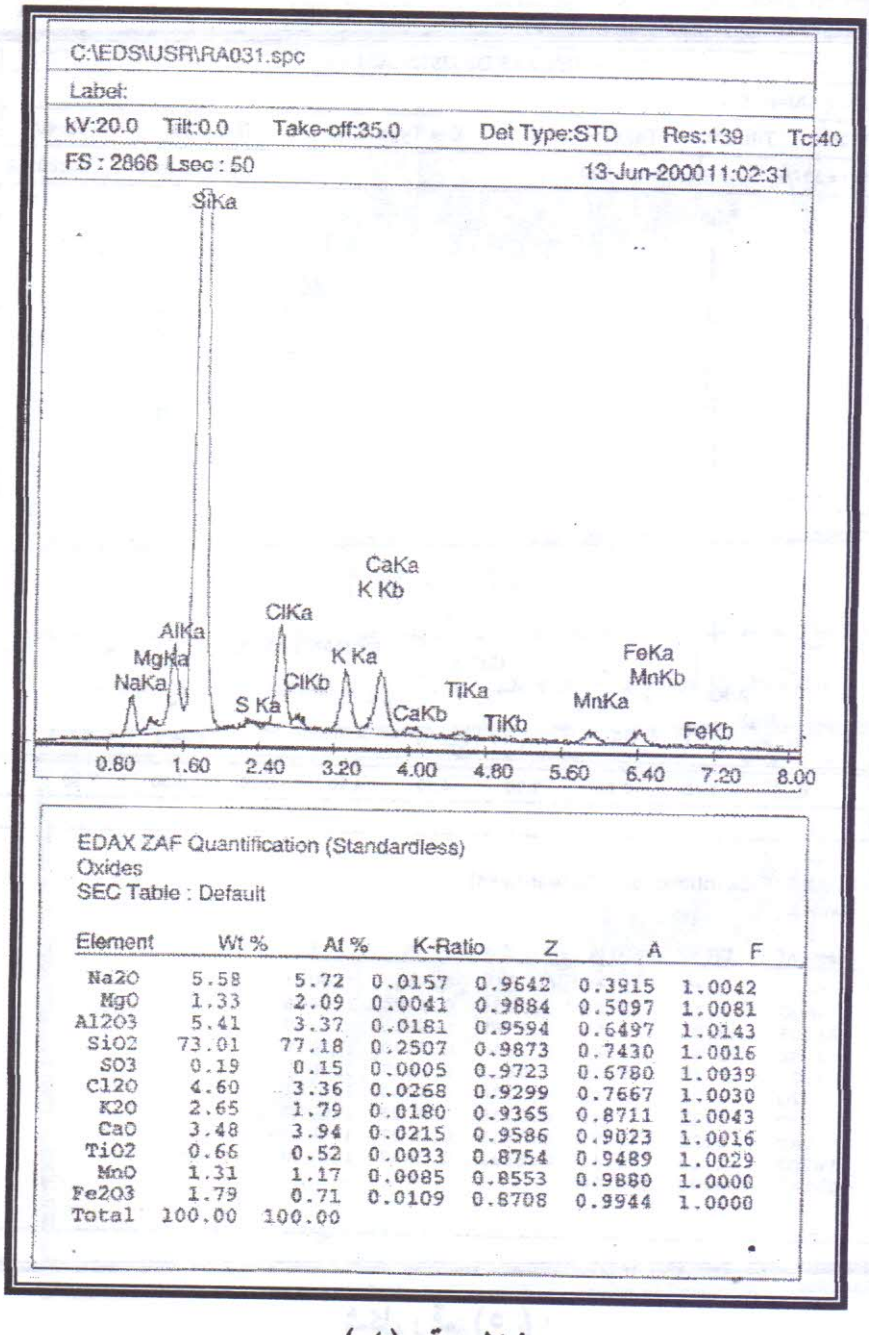
شكل رقم (٢ أ)
يوضح بواتق تحميص الزجاج في العصر الروماني بمصر
(عن Saleh, A, & Helmmi , F., 1972)



شكل رقم (٢ ب)
يوضح الشكل العام لبواتق صهر الزجاج (عن : فلندرز بتري ــ تل العمارنة ــ ١٨٩٤)



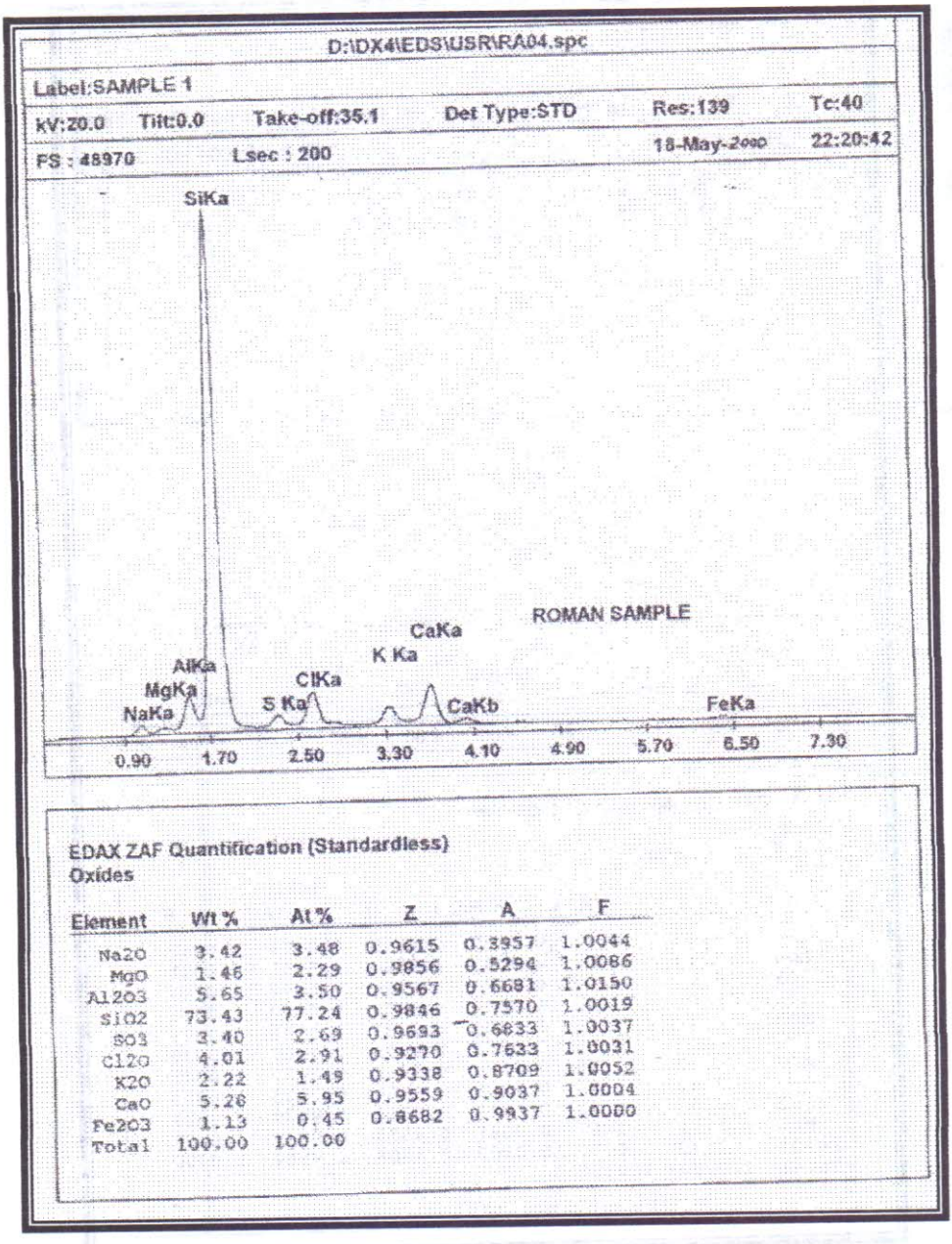
شكل رقم (٣)
رسم بياني يوضح العلاقة بين نسبة الرصاص بالزجاج ودرجة كثافته



EDAX ZAF Quantification (Standardless)
Oxides
SEC Table : Default

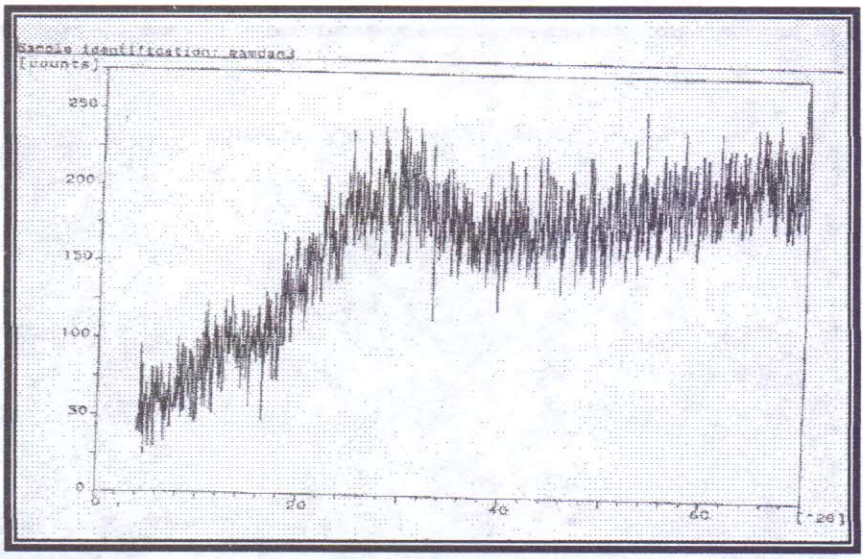
Element	Wt %	At %	K-Ratio	Z	A	F
Na2O	5.58	5.72	0.0157	0.9642	0.3915	1.0042
MgO	1.33	2.09	0.0041	0.9884	0.5097	1.0081
Al2O3	5.41	3.37	0.0181	0.9594	0.6497	1.0143
SiO2	73.01	77.18	0.2507	0.9873	0.7430	1.0016
SO3	0.19	0.15	0.0005	0.9723	0.6780	1.0039
Cl2O	4.60	3.36	0.0268	0.9299	0.7667	1.0030
K2O	2.65	1.79	0.0180	0.9365	0.8711	1.0043
CaO	3.48	3.94	0.0215	0.9586	0.9023	1.0016
TiO2	0.66	0.52	0.0033	0.8754	0.9489	1.0029
MnO	1.31	1.17	0.0085	0.8553	0.9880	1.0000
Fe2O3	1.79	0.71	0.0109	0.8708	0.9944	1.0000
Total	100.00	100.00				

شكل رقم (٤)
يوضح نمط تشتت طاقة الأشعة السينية EDX لعينة من الحميص الزجاجي المكتشفة بتل أبو صيفي



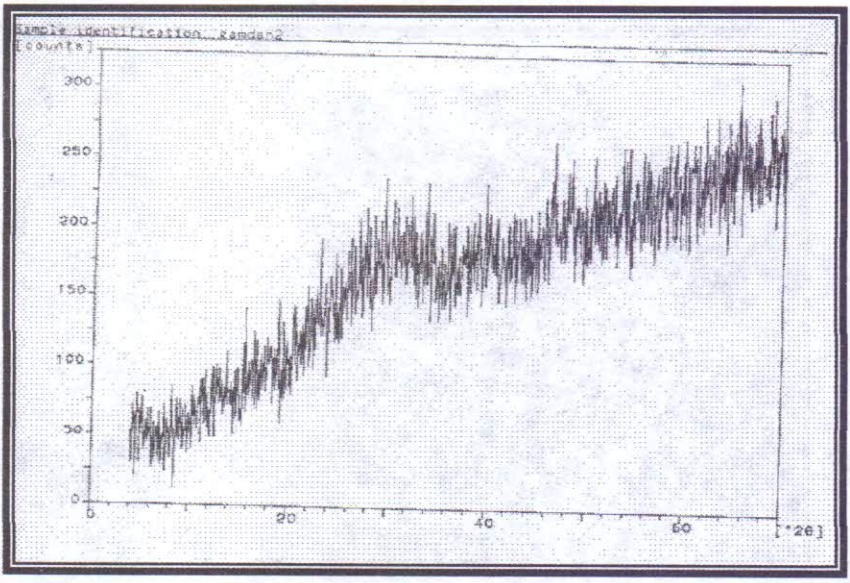
شكل رقم (٥)

يوضح نمط تشتت طاقة الأشعة السينية EDX لعينة من الأواني الزجاجية المكتشفة بتل أبو صيفي



شكل رقم (٦)

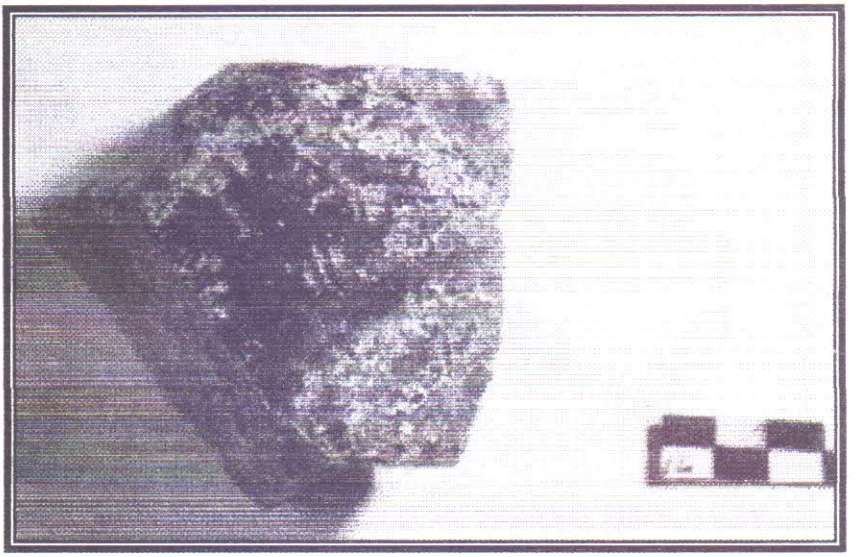
يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من الحميص الزجاجي ويظهر احتفاظ الزجاج بطبيعته غير المتبلورة تماماً Amorphous .



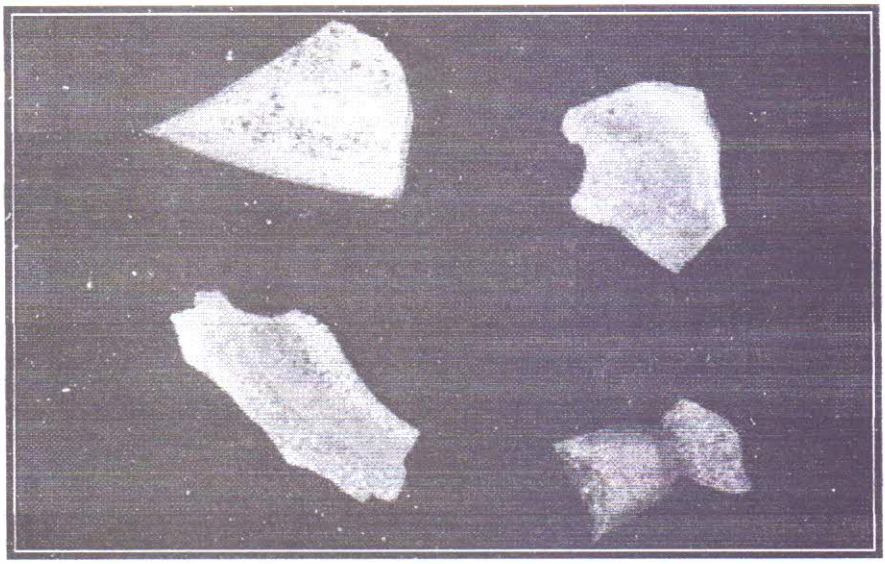
شكل رقم (٧)

يوضح نمط حيود الأشعة السينية لعينة من زجاج الأواني ويظهر احتفاظ الزجاج بطبيعته غير المتبلورة Amorphous .

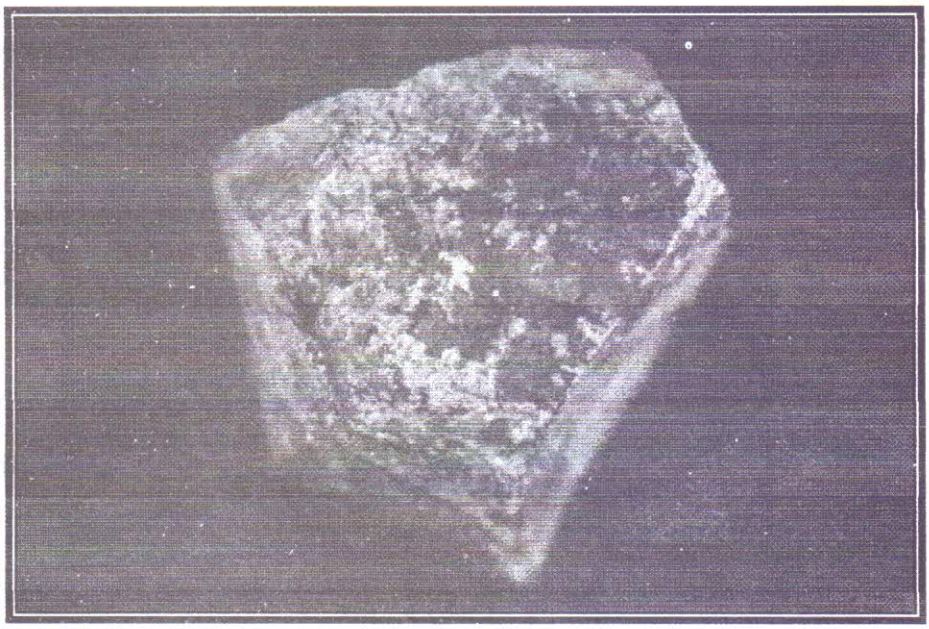
صورة رقم (١)
توضح منظر عام لتل أبو صيفي الأثري بشمال سيناء



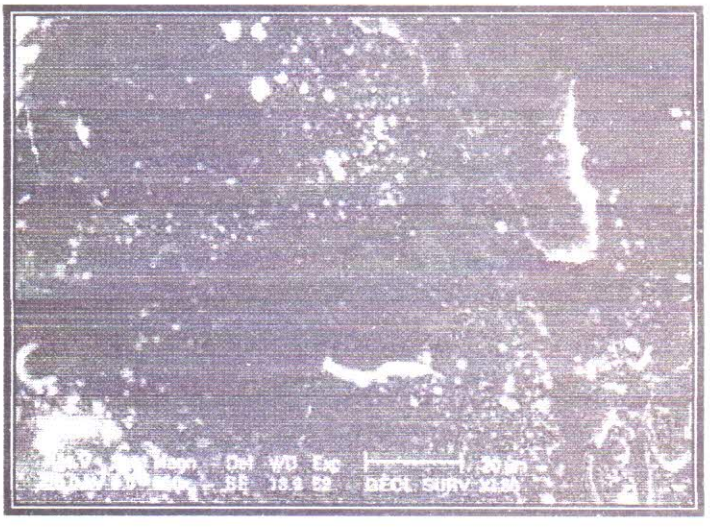
صورة رقم (٢)
توضح كتل حميص الزجاج التي عثر عليها بتل أبو صيفي الأثري



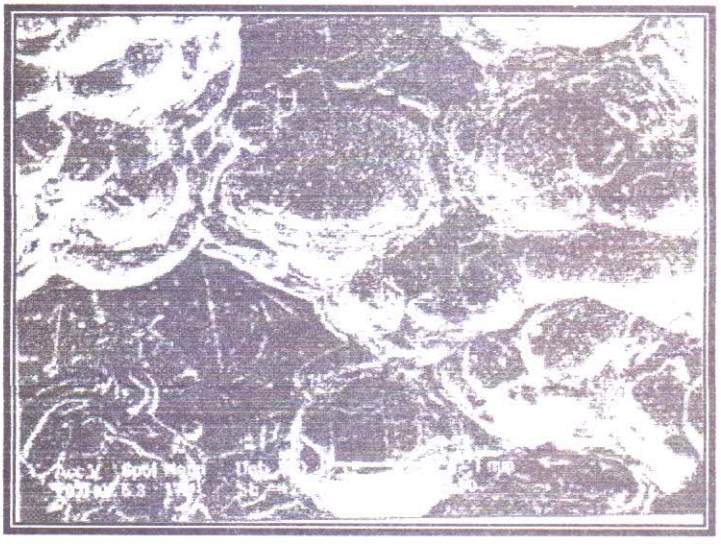
صورة رقم (٣)
توضح كسر الأواني الزجاجية التي عثر عليها بتل أبو صيفي الأثري



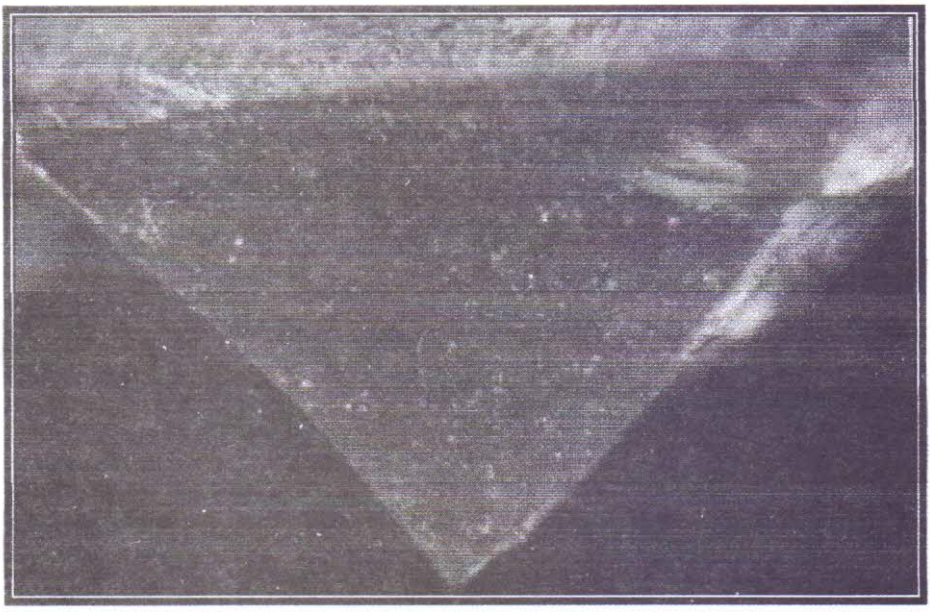
صورة رقم (٤)
توضح تلف كتل الحميص الزجاجي بما يعرف بظاهرة صدأ وتآكل
الزجاج Corrosion of glass



صورة رقم (٥)
صورة بالميكرسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة من الحميص الزجاجي توضح مدي التلف الذي أصاب سطح الزجاج (X 650) .



صورة رقم (٦)
صورة بالميكرسكوب الإلكتروني الماسح SEM لعينة من الأواني الزجاجية توضح التلف والتحلل الذي أصاب التركيب البنائي لمادة الزجاج (X 170) .



صورة رقم (٧)
توضح انتشار الشوائب المعدنية والفقاقيع الهوائية بجسم زجاج الحميص .