

## دور التقنيات الحديثة في تشخيص الحالة الراهنة لتمثال رمسيس الثاني المزدوج بالمتحف المصري الكبير

أحمد محمد صادق<sup>1</sup> ، محسن محمد صالح<sup>2</sup>

هيئة المتحف المصري الكبير<sup>1</sup>

قسم ترميم الآثار، كلية الآثار، جامعة القاهرة<sup>2</sup>

sadek88gem@gmail.com

### المخلص :

يتناول البحث دور التقنيات الحديثة في تشخيص الحالة الراهنة للتماثيل الملكية الجرانيتية تطبيقاً على التمثال الملكي المزدوج لرمسيس الثاني، حيث تقوم الفحوص والتحليل بدور مهم في تحديد مظاهر التلف ورسم الخطوط العريضة لمراحل التدخل بالعلاج والصيانة، وتعد أول مراحل الفحوص التي تمت على التمثال الجرانيتي موضوع الدراسة هو الفحص البصري بواسطة المجهر الضوئي "USB" Digital Microscope، الذي يدرس التضاريس السطحية للتماثيل وتحديد مناطق الضعف والشقوق الدقيقة وكذلك دراسة تغلغل مادة اللصق الإيبوكسية المستخدمة سابقاً في عمليات الوصل والتجميع للأجزاء المفككة، كما تم الاستعانة بالمجهر المستقطب Polarizing Microscope في فحص وتحليل الأجزاء المتساقطة من بدن التمثال لمعرفة المكونات المعدنية له وما أصابه من تشوه أو تحول معدني إضافة لاستخدام XRD، XRF، FTIR، Laser Raman، EDX، في معرفة التركيب المعدني والعناصر الأساسية والثانوية المكونة للتماثيل المزدوج، كما تم استخدام مطرقة شميدت Schmidt Hammer في دراسة مناطق التقشر Exfoliation، وكذلك تم الاستعانة بأجهزة المسح الراداري لمعرفة ما إذا كان هناك أسياخ معدنية تم استخدامها في التجميع من عدمه، ولا شك في أن الفحص باستخدام SEM أثبت انتشار النتوءات والشقوق الضيقة وكذلك في تتبع تغلغل الإيبوكسي في داخل مسام الحجر، وأعطت نتائج الفحص والتحليل للتماثيل الجرانيتي المزدوج نتائج مهمة ساهمت في وضع برنامج العلاج والصيانة للتماثيل موضوع الدراسة بشكل علمي سليم.

**الكلمات الدالة:** تمثال رمسيس الثاني المزدوج، المجهر المستقطب، المجهر الإلكتروني الماسح، مطرقة شميدت، أجهزة المسح الراداري، التحليل بحيود وتفلور الأشعة السينية، التحليل بطيف الأشعة تحت الحمراء FTIR، التحليل بالليزر رامان .

### Abstract:

The Study deals with the role of modern technologies in examining and analyzing the Royal granite statues, as applied to the Royal Statue of Ramses II from the Grano-diorite, where the studies of Examinations and Analyzes play an important role in legalizing the manifestations of damage and outlining the stages of intervention with Treatment and Conservation. Visual Examination with the naked eye, and through it, the necessary tests and Analyzes for that Study were determined to enable us to infer the current state of it.

Then comes the role of the digital Microscope "USB" in indicating the surface topography of the Statue, identifying areas of weakness and fine Cracks, as well as Studying the penetration of the Epoxy Adhesive Material used previously in the assembly Process. The Polarizing Microscope was also used in examining and analyzing the fallen parts of the statue's body for a questionnaire on the components. The mineralization of the Statue and its deformation or metallic shift, as well as in knowing some of the Metal that cannot be monitored using XRD, in addition to using XRF, EDX and Laser Raman in knowing the basic and Secondary Elements that make up the Double Statue, and Schmidt Hammer was also used to standardize areas of

Exfoliation. Also, Radar Scanning devices were used to find out if there were Metal Assembly sticks that were used in the Assembly or not.

There is no Doubt that the Examination using SEM proved the spread of protrusions and narrow Cracks, as well as in tracking the penetration of Epoxy into the Grano- diorite pores, and the Results of the Examination and Analysis of the Double Granite Statue gave satisfactory values that contributed to the Development of the Treatment and Conservation plan of the Statue under Study in a Scientifically sound manner.

**Key Words:** Granite Royal Statues, Polarizing Microscope, Scanning Electron Microscope, Schmidt Hammer, Radar Scanning Devices, XRD, XRF, FTIR, Laser Raman

## 1- المقدمة :

تحت مظلة التقدم العلمي ودور التقنيات الحديثة في عمليات الفحوص والتحليل للتعرف على مكونات التمثال الملكي لرمسيس الثاني وما عليه من مظاهر تلف مختلفة كالترسبات الملحية والشقوق المختلفة ومناطق التقشر "التطيل" Exfoliation، وتحديد الوضع الراهن للتمثال وذلك لوضع برنامج محكم للعلاج والصيانة واختيار أنسب مواد التقوية والاستكمال والعزل.

إن عمليات الفحص والتحليل وبخاصة للجرانيت ذات طبيعة صعبة وغاية في الأهمية أيضاً، وذلك نتيجة صعوبة تحديد الأسس والمعاملات الموضوعية Objective Parameters لتقييم التأثيرات الناتجة عن عمليات العلاج على أسطح التماثيل الجرانيتية، ولا شك أن بعض من تلك القيم تدخل في سياق المقارنة قبل وبعد العلاج والصيانة، حيث إن تلك العمليات لا تؤثر فقط على المناطق المعالجة ولكنها تترك أثراً أيضاً على الطبقات الداخلية السليمة من الأسطح المعالجة، خاصة أن المكونات المعدنية للجرانيت متعددة، حيث تتطلب عمليات العلاج للتمثال الملكي موضوع الدراسة استخدام العديد من خطوات التداخل Intervention يسبقها مجموعة من الفحوص والتحليل مثل قياس الخواص الفيزيو- ميكانيكية والفحص والتحليل بالمجهر المستقطب وتحليل XRD و XRF وغيرها من سبل الفحوص والتحليل، وإزالة العديد من مظاهر التلف الشائعة، مثل: مواد اللصق الإيبوكسية القديمة، والتي نجدها في تمثال رمسيس الثاني المزدوج، وكذلك كتابات الفحم والطباشير والأقلام الصناعية، لوضع خطة منهجية لعلاج التماثيل الجرانيتية الملكية وتثبيت القشور المنفصلة، والتي تعاني من ظاهرة التقشر "التطيل"

## 2- التسجيل الأثري للتمثال الملكي المزدوج لرمسيس الثاني

### Archaeological Documentation for the royal statue of Ramses II

1-2 رقم التمثال الملكي: يحمل التمثال الملكي رقم GEM: 6748 بداخل سجلات المتحف المصري الكبير.

1-2 الوصف الأثري: تمثال مزدوج للملك رمسيس في وضع الجلوس على العرش وبجواره المعبودة ماعت منحوت من حجر الجرانو- ديوريت المتميز بلونه الرمادي، وهو صخر ناري جوفي شديد الصلابة، ويرتدي الملك رأس النمس ذو الزخارف الملكية و ثعبان الكوبرا على الجبين واللحية الزائفة، التي تظهر بقايا آثارها أسفل الرأس التي ترمز للملكية، بينما تظهر ماعت في هيئة امرأة ترتدي التاج الأبيض وعلى جانبيه ريشتين "تاج الأتف" وتقول للملك رمسيس إنني أنا أمك، حيث يذكر الملك رمسيس بأنه رضيع للإلهة ماعت، تم اكتشاف التمثال المزدوج عام 1930م بصان الحجر بمحافظة الشرقية وتم نقله للمتحف المصري بالتحريير، وعام 2019م تم إعادة نقله لمنطقة الآثار الثقيلة

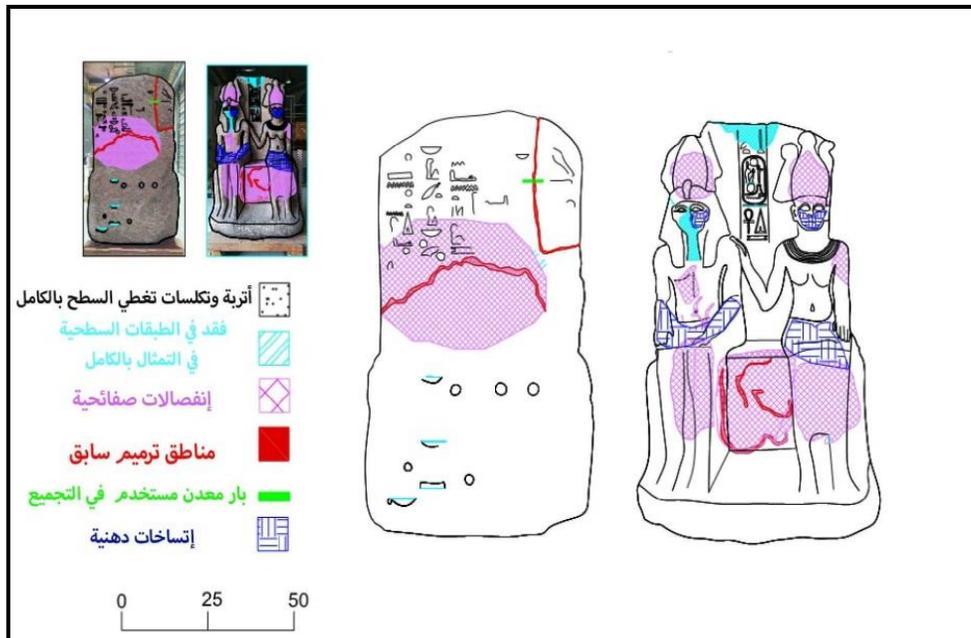
## دور التقنيات الحديثة في تشخيص الحالة الراهنة لتمثال رمسيس الثاني المزوج بالمتحف المصري الكبير

بالمتحف المصري الكبير لإجراء عمليات العلاج والصيانة، ثم عرضه على الدرج العظيم وسط ملوك الأسرات في الحضارة المصرية القديمة (جدول رقم 1) (وحدة التسجيل الأثري في المتحف المصري الكبير: 2019) جدول (1) يوضح وصف التمثال المزوج لرمسيس الثاني وماعت موضوع الدراسة

الصورة	المقاسات	
	6748	رقم GEM
	جرانو - ديوريت	نوع الحجر
	124سم	العرض
	190سم	الارتفاع
	99سم	السمك
	2 طن و 744 كيلو	الوزن

### 3-2 الرسم والتوثيق ببرنامج الأتوكاد : Auto cad documentation

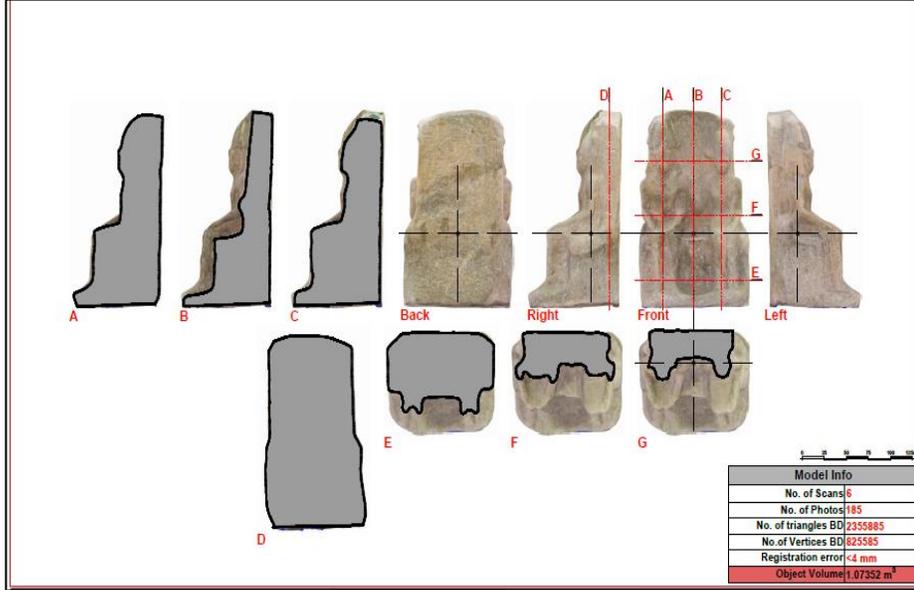
تم رسم التمثال المزوج ببرنامج الأتوكاد (شكل 1) , Auto CAD programs , adobe illustrator ، ويأتي ذلك من خلال عمل خريطة لمظاهر التلف، والذي يعطي فرصة كبيرة لدراسة مناطق التلف.



شكل(1) يوضح توقيع مظاهر التلف المختلفة بألوان متعددة على وجهي التمثال الأمامي والخلفي

### 4-2 المسح ثلاثي الأبعاد : 3D Scanning

تمت عملية المسح للتمثال المزدوج (شكل 2) بمنطقة الاثار الثقيلة بالمتحف المصري الكبير عن طريق المفاولون العرب بإشراف من هيئة المتحف المصري الكبير.



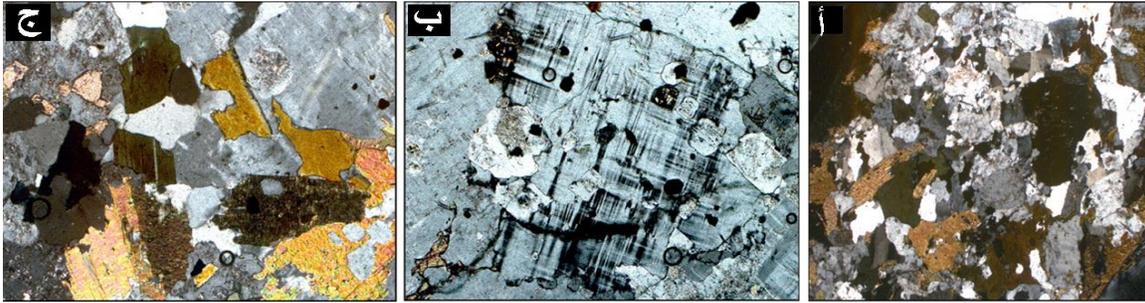
شكل (2) توضح عملية المسح والتوثيق بمنطقة الاثار الثقيلة في المتحف المصري الكبير على يد وحدة التنسيق الحضارى بالمفاولون العرب وتحت إشراف وزارة الاثار والإدارة

### 3- دراسات الفحوص المجهرية للتمثال المزدوج : Microscopic Studies of the Royal Statue

ويشمل الفحص بالمستقطب والإليكتروني الماسح، وفيما يأتي الفحص بالمجهر المستقطب.

#### 3- 1 الفحص بالمجهر المستقطب : PM Examination

تهدف عملية الفحص والتحليل بواسطة PM إلى دراسة التركيب المعدني للحجر وتحديد الحالة الراهنة بشكل علمي حتى يمكننا وضع منهج علمي لعمليات التدخل بالعلاج والصيانة، وفيما يأتي أشكال رقم (3) توضح نتائج الدراسة المجهرية للقطاعات المأخوذة من التمثال المزدوج.

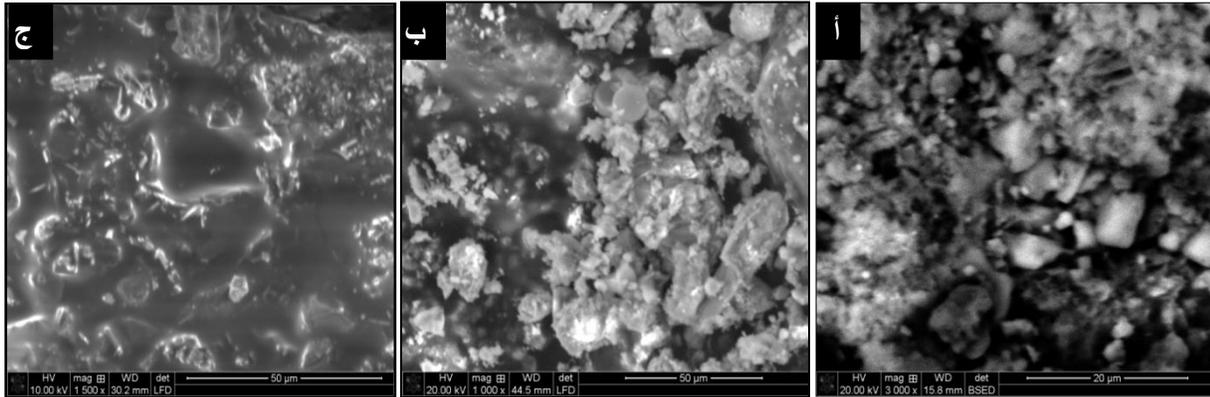


توضح الأشكال (3) أ- الإظلام التموجي لمعدن الكوارتز، كما يظهر البلاجيوكليز محتضنا للبيوتيت والألبيت، وتحول لمركبات حديدية وطينية & ب- شكل لمعدن الميكرولكين ذو الصلبان المتقاطعة وبعض المعادن الثانوية، البيوتيت المتحول إلى الكلوريت و أكاسيد الحديد، ج- يظهر المسكوفيت في تداخل لوني interference Colours وتحولات طينية بقايا من البرثايت المتراكمة في شقوقها ، 25 x XPL

يعاني التمثال موضوع الدراسة من انفصال طبقي للسطح في هيئة رقائق Exfoliation وبمرور الزمن تراكمت الشوائب المختلفة بها وأصبحت جزء لا يتجزأ من الأثر. توضح القطاعات الصخرية في الضوء المستقطب وجود المعادن الأساسية والثانوية ومنها البيوتيت الذي يتميز بخاصية الانطفاء المتموج Wavy Extinction، وكذلك وجود معادن الفلسبار المختلفة ومنها البلاجيوكليز والمميز بالتوأمة المتعددة و الهورنبلند والميكروكلين والمميز بالتوأمة المتصالبة Cross hatching "الصلبان المتقاطعة" (Abd El-Hakim A. El- Badry, 2018) مع حدوث تشوه وتحويل إلى معادن طينية ثانوية (غالباً كاولين kaolinite) ويظهر أيضا البيوتيت والزيرون المتحول إلى أكاسيد حديد نتيجة عمليات التحلل والتجوية الكيميائية ومعان الطين (Abd-Elkareem, E.et.al., 2017)، (بدوي: 2014) وكدليل واضح لوجود انضغاط أو إجهاد مصاحب لعملية التحول، إضافة إلى حدوث تآكل في حواف بلورات المعادن (J.S. Pozo-Antonio, et.al., 2018)، وفيما يأتي الفحص بالإلكتروني.

### 2-3 الفحص بالمجهر الإلكتروني الماسح SEM للتمثال المزوج: SEM Examination

يختلف المجهر الإلكتروني عن غيره من المجاهر العادية في أنه لا يحتوي على عدسات كما أنه يستخدم حزم من الإلكترونات كمصدر للإضاءة، حيث تخترق الإلكترونات العينة المراد فحصها، ثم تستقبل على فيلم فوتوغرافي بالغ الحساسية (سكيك، 2013) حيث تتكون صورة فوتوغرافية بالغة الحساسية، حيث تتكون صورة للعينة وعليه فإن فحص العينة لا يتم بواسطة العين إنما عن طريق فحص الصور الفوتوغرافية التي يتم تصويرها بواسطته (Marocchi, M., et.al., 2010)، كما نستطيع من خلالها الحصول على معلومات وافية ودقيقة من التركيب المعدني والبلوري لسطح العينة والتعرف على مدى التغير الذي طرأ على البلورات المعدنية نتيجة عوامل التلف المختلفة وكذلك التعرف على أنواع الأملاح الموجودة داخل المسام وأشكالها البلورية، مما يعطي صورة واضحة عن مدى التلف الذي قد يصل إليه الأثر (عبد الحافظ، 1996) وكذلك في تتبع المستعمرات الميكروبيولوجية والتعرف على فصائلها المختلفة (Samar Mohamed and Eid Ibrahim, 2018)، ومن خلال دراسة العينات المتساقطة أسفل SEM تبين إنتشار ظاهرة التفكك الحبيبي وهو تغلغل مادة اللصق الإيبوكسية، وفيما يأتي أشكال (4) توضح دراسة العينات المتساقطة أسفل SEM.



أشكال (4) يوضح رقم أ- تغلغل البلورات الملحية وتفكك الترابط الحبيبي بالجرانو- ديوريت، أسفل SEM بقوة تكبير  $\times 3000$  & ب- نهاية اتصال المادة اللصق الإيبوكسية بالسطح وظاهرة التفكك الحبيبي، أسفل SEM بقوة تكبير 1000  $\times$  & ج- توضح انتشار الإيبوكسي وتغطيته لسطح الحجر بشكل يمنع تنفس الحجر، تكبير 1500  $\times$

## 4- تعيين الخواص الفيزيوية- ميكانيكية للتمثال المزدوج :

## Determination of the physiomechanical properties of the granite statue:

يتوقف اختيار الأحجار كمادة بناء أو كقطع نحتية على ما تتميز به من خواص ميكانيكية، أما فيما يخص التمثال الملكي موضع الدراسة فنجد أن هناك تباين واضح في الخواص الميكانيكية من موضع لآخر، كما تتباين أجزاء الأثر من حيث مقدار التلف طبقاً لحجم التعرض لعوامل التلف وما ينجم عن ذلك من تغير في مكوناتها المعدنية وفقد في المتانة. (Mills, 1990)

## 1-4 تعيين ورصد الفراغات الداخلية عن طريق قياس مردود الخواص الفيزيوية- ميكانيكية بجهاز مطرقة شميدت:

## Determination of the physiomechanical by using Schmidt Hammer

أن الغرض الرئيس من إجهاد الضغط أو قوة تحمل الصخر للضغط هو اختبار مدى كفاءة مواد التقوية وتحديد مدى مقاومتها لعوامل التلف المختلفة (المملكة العربية السعودية، 1429هـ)، وذلك باختبار مدى مقاومة الصخر لإجهادات الضغط سواء بماكينة قوى الضغط أو بمطرقة شميدت إلي أن يتم تسجيل الحمل اللازم لكسر العينة تحت تأثير قوة وضغط محورية بشرط عدم تعريض جوانب العينة لأي نوع من القوى ومن العوامل التي تحدد قوة تحمل الصخر للضغط درجة التشبع بالماء حيث تقل هذه القوة كلما ازدادت درجة التشبع (عبيدو، 1995)، أو عن طريق تسجيل مردود الطرق بالنسبة لاستخدام المطرقة، وتمت القياسات باستخدام الجهاز المتحرك الخاص بمقاومة الضغط للأحجار والخرسانة وهو غير متلف والذي يعرف بمطرقة شميدت Schmidt Hammer، حيث يستخدم لتعيين رقم الارتداد Rebound Number، فيعتمد على النظرية التي تنص على أن قوة ارتداد كتلة مرنة يعتمد على قوة السطح الذي تصطدم به، ويستخدم رقم الارتداد هذا في الاسترشاد عن القيمة التقريبية لمقاومة الضغط سواء للأثر الحجري أو للخرسانة (Aydin, 2009)، وفيما يأتي جدول يوضح قيم المردود.

جدول (2) يوضح تقييم مردود فعل المطرقة بالكيلو جرام قبل وبعد الحقن لمناطق التقشر

مقدار التحسن في الخواص بعد المعالجة/ كجم	تقييم قيمة المردود بالكيلوجرام	قياس مردود الفعل بعد عمليات التقوية والحقن	تقييم قيمة المردود بالكيلوجرام	قياس مردود الفعل قبل عمليات التقوية والحقن	مكان أخذ القياس	التمثال وتوع الحجر
٢٤٩.٩	٤٣٣.٥	٣٦	١٨٣.٦	٢٠		تمثال مزدوج من الجرانيت- ديوريت
٣٠.٦	٤٩٩.٨	٤٠	١٩٣.٨	٢٢		
٢٤٨.٢	٣٩٧.٨	٣٨	١٤٩.٦	١٨		
-	-	-	٥٤٠.٦	٤٢		
١٠١.٥ كجم	٥٣٥.٥	٤٢	٤٣٣.٥	٣٦		

#### 1-1-4 المسح الراداري للتمثال المزوج لرمسيس الثاني وماعت: Radar Survey of the Statue

هو عبارة عن جهاز مسح راداري إنتاج شركة (GSSI) حيث يطلق أشعه كهرومغناطيسية تخترق سطح القطع المراد مسحها لتحديد ما اذا كان داخل التمثال جسم معدني من عدمه, وأيضا توجد إمكانية تحديد عمق الأشعة التي تصدر من الجهاز على حسب احتياج العمل وتتراوح الأعماق التي يتم عمل المسح بها ما بين (20 سم – 30 سم الثاني وماعت. شكل رقم (5) يوضح شكل الجهاز ومراحل المسح والتسجيل الراداري للتمثال الملكي لرمسيس وأما الجدول رقم (3) فيوضح الخطوط الطولية والعرضية والتي يتم تنفيذها على سطح الأثر لتحديد مناطق الوصلات المعدنية بدقة.

	1 - A	2 - A	3 - A	
004	_____	_____	_____	1 - B
005	_____	_____	_____	2 - B
006	_____	_____	_____	3 - B
007	_____	_____	_____	4 - B
	001	002	003	

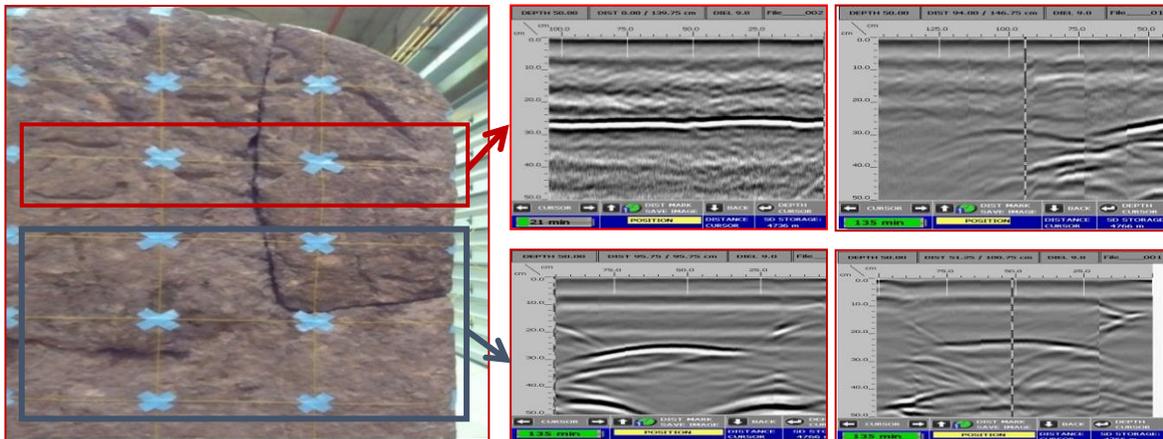


جدول (3) لجزء من الرسم البياني لشبكة مربعات يظهر التمثال

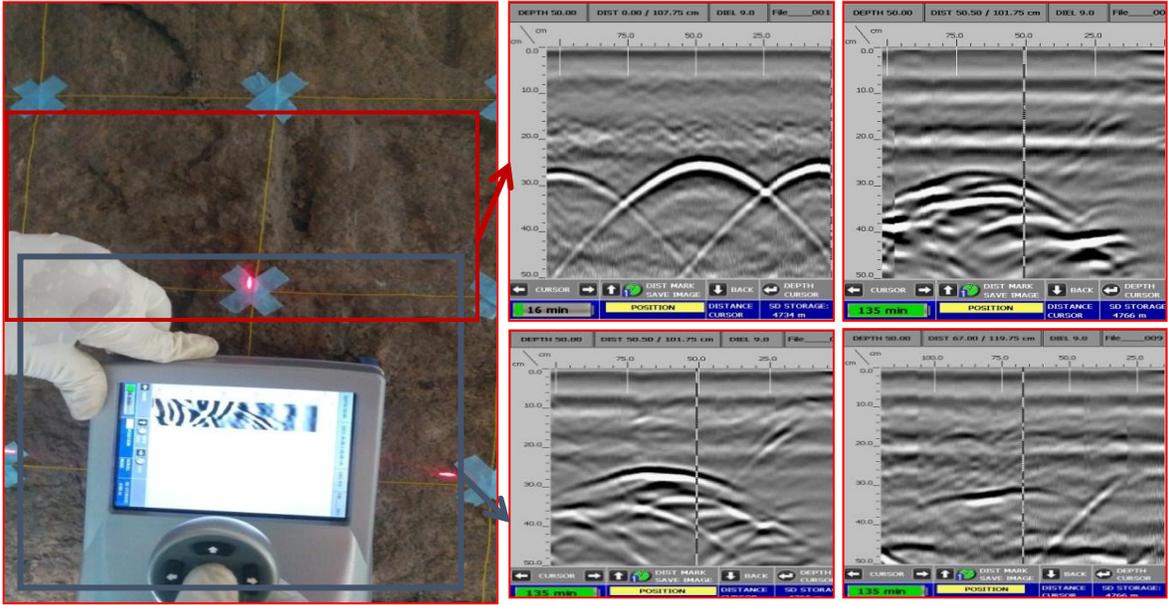
شكل (5) توضح شكل جهاز المسح الراداري

#### 1-1-1-4 تطبيق المسح الراداري على ظهر التمثال المزوج : Radar Survey application

تمت عملية المسح بالشكل الأفقي والرأسي من خلال تتبع المسارات التي تم إعدادها والتي أوضحت وجود سيخ تجميع واحد فقط يخترق بمقدار 10سم تقريبا في كلتا الجانبين ويقطر لا يتجاوز 4مم، وفيما يأتي نوضح نتائج عملية المسح الراداري من ظهر التمثال، حيث تظهر نتائج المسح الراداري رقم (6) ظهور خط أفقي يعبر عن مكان الأسياخ المعدنية.



أشكال (6) توضح الجزء الذي يتم المسح الراداري عليه ونتائجها، حيث يبين المسح الأفقي قطر سيخ التجميع المعدني المستخدم، حيث يتوسط الكتلة المنفصلة كما نلاحظ بأن قطر الثقب في كلا الجانبين أكبر بكثير من قطر السيخ المعدني



الأشكال (7) توضح نتائج المسح الراداري الرأسي وجود سيخ تجميع واحد بقطر لا يتجاوز 4مم ومساحة التطبيل Exfoliation، رصد مناطق التطبيل و تحديد مساحة انتشارها

#### 2-1-1-4 نتائج الفحص والمسح الراداري للتمثال المزوج: Radar Survey Results

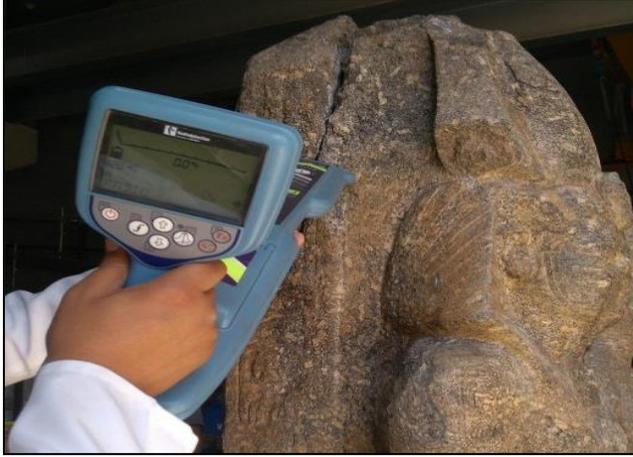
اتضح من خلال استخدام جهاز المسح الراداري أن الجزء الذي تم تجميعه في الماضي (من 25 عام تقريبا) تم استخدام سيخ تجميع واحد فقط بقطر حوالي 4مم ويصل طول ذلك السيخ من 17 :20سم تقريبا والاعتماد على مادة الايوكسي الرمادي "كيما بوكسي 165" بشكل أساسي في عملية التجميع وبكمية أكبر من المطلوب، مع العلم بأن وزن ذلك الجزء 50 كيلو جرام تقريبا، كما تم توضيح مناطق الانفصال الداخلي (التطبيل) ومساحتها، حيث يعطي الجهاز نمط متموج يميز مناطق التطبيل Exfoliation عن غيرها وعند توقف هذا النمط فإنه يشير لانتهاج الجزء الذي يعاني من التقشر "التطبيل".

#### 2-1-1-4 الفحص باستخدام جهاز الذبذبات المعدنية : Radio detection. PDL

هو جهاز يستطيع تحديد وجود المعادن غير الظاهرة في داخل الأجسام المختلفة، أو رصد وتحديد الأجسام المعدنية المدفونة في التربة بمختلف أنواعها بشرط كونها موصلة للتيار الكهربائي، ويعتمد هذا الجهاز على إصدار نغمة صوتية أو مؤشر عند اصطدام أشعته بجسم معدني، حيث إن الشعاع النافذ في مادة يتوهن (يضعف) فخلال تخلله المادة الأثر يخرج في هيئة كتلة موحدة محددة بمرود يحدد العمق، كما يتميز الشعاع الممتص بصغره وذلك عند اختراقه لجسم شفاف ويعين معامل الامتصاص بمقلوب الطول، أي أن وحدته 1/سنتمتر (Bohren 2020 and Huffman ,

#### 1-2-1-4 طريقة عمل الجهاز وتركيبه: يتركب الجهاز من كاشف المعادن وهو عبارة عن جسم حساس يعمل عن

طريق مذذب أشعة يقوم بتوليد تيار متناوب إذا كانت هناك قطعة ذات قابلية لتوصيل الكهرباء بالقرب من الملف، حيث تم استخدام هذا الجهاز لرصد أسياخ التجميع غير الظاهرة بالتمثال موضوع الدراسة، وكمسح تأكيد النتائج التي تم رصدها بأجهزة الفحص الأخرى، والمتوفر لدي شركة المقاولون العرب، وتمت عملية الفحص بوجود خبير مختص في استخدام وتفسير نتائج الجهاز، والجهاز موديل : Radio detection. PDL - DR 8000 .



أشكال (8) توضح أثناء استخدام جهاز الذبذبات المعدنية لتأكيد الفحص السابق عن الأسياخ المعدنية الدقيقة بداخل المناطق التي سبق تجميعها أو استكمالها ولم يستدل على طريقة التجميع

**4-1-2-2 نتائج عملية الفحص :** تم تأكيد وجود سيخ تجميع معدني بقطر لا يتجاوز 5مم وبطول حوالي 17:20سم تقريبا وذلك من خلال تتبع ورصد الذبذبات بالجهاز المستخدم.

#### 5- التحاليل المعدنية للتمثال الملكي الجرانيتي: Mineralogical Analyses for the Royal statue:

حيث تمت عملية التحليل للعينات المتساقطة باستخدام XRD، XRF، FTIR، ليزر رaman Laser Raman

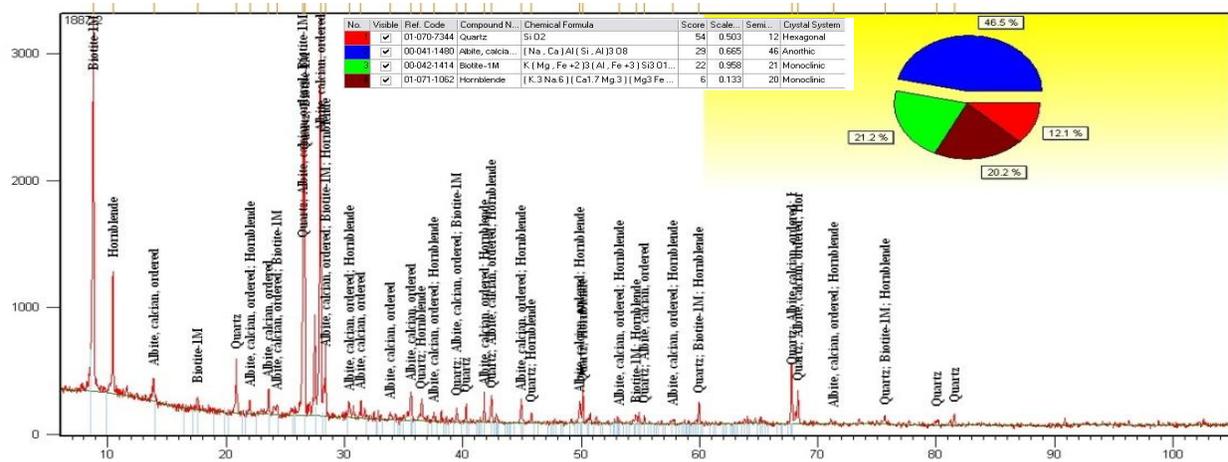
#### 5-1 التحليل باستخدام حيود الأشعة السينية: X-Ray diffraction

يعدّ التحليل بحيود الأشعة السينية من طرق التحليل المعدني، ويشترط في المادة التي يجري عليها مثل هذا النوع من التحليل أن تكون مادة متبلورة وصلبة، حيث تنعكس الأشعة السينية من على المسطحات الذرية العاكسة لهذه المواد وتعطي انعكاسات تدل على المركبات الموجودة بالعينة. (Mantler & Schreiner, 2000)، (Riccardi, et.al., 1998)

#### 5-1-1 التعرف على المركبات المعدنية للتمثال المزدوج رمسيس الثاني وماعت :

Identify the Metal Compounds of the Statue of Ramses II:

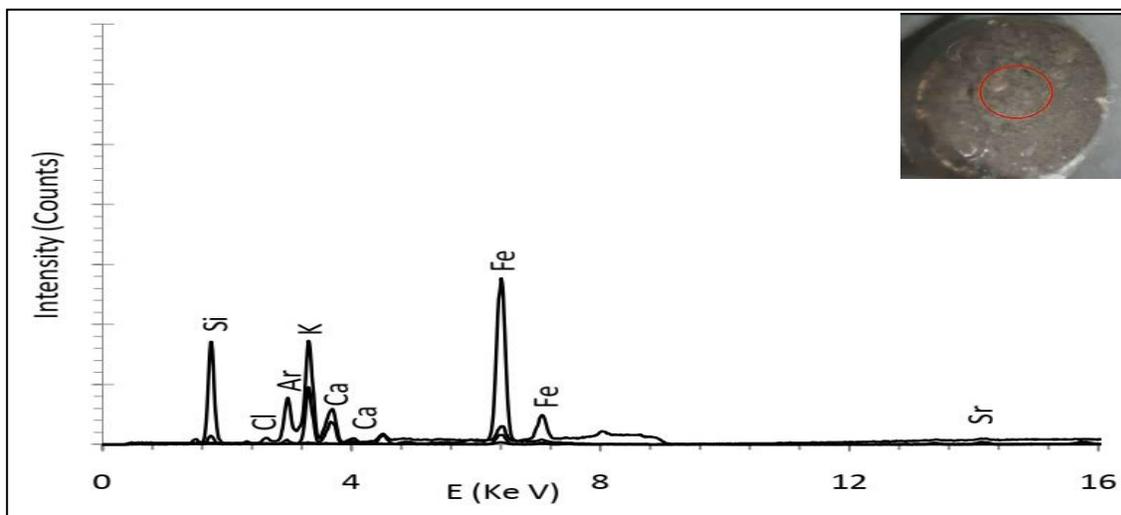
أوضحت نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية XRD لعينة جرانو- ديوريت Grano- diorite متساقطة من التمثال المزدوج لرمسيس الثاني وماعت بعد أن تم طحنها أن المكونات الأساسية للحجر هي الكوارتز Quartz والهورنبلند Hornblende والبيوتيت Biotite والألبيت Albite بنسب متساوية تقريبا فيما عدا الألبيت Albite الذي يمثل 46% من حجم باقي المركبات، وفيما يلي نمط الحيود بالأشعة السينية ونسب المركبات بالعينة المتساقطة، وفيما يأتي نمط (9) لحيود الأشعة السينية



شكل (9) نمط التحليل بحيود الأشعة السينية XRD لعينة جرانو- ديوريت متساقطة من التمثال الملكي  
جدول (4) يوضح نسب المركبات المعدنية بالعينة المتساقطة للتمثال المزوج لرمسيس الثاني وماعت XRD

النسبة % Concentration	المركب Compound	NO
12	Quartz	1
46	Albite	2
21	Biotite	3
20	Hornblende	4

2-5 التعرف على العناصر المعدنية باستخدام XRF للتمثال الملكي : XRF Result  
يهدف استخدام جهاز التفلور بالأشعة السينية XRF لتأكيد نتائج الحيود بالأشعة السينية XRD، كما تستخدم هذه التقنية التحليلية من أجل تحديد العناصر بشكل أدق وخاصة في المجالات الكيميائية، مثل: مجال الفلزات ومواد البناء، أو في كيمياء الآثار (Roberto Cesario, 2010)، انظر للشكل رقم (10).



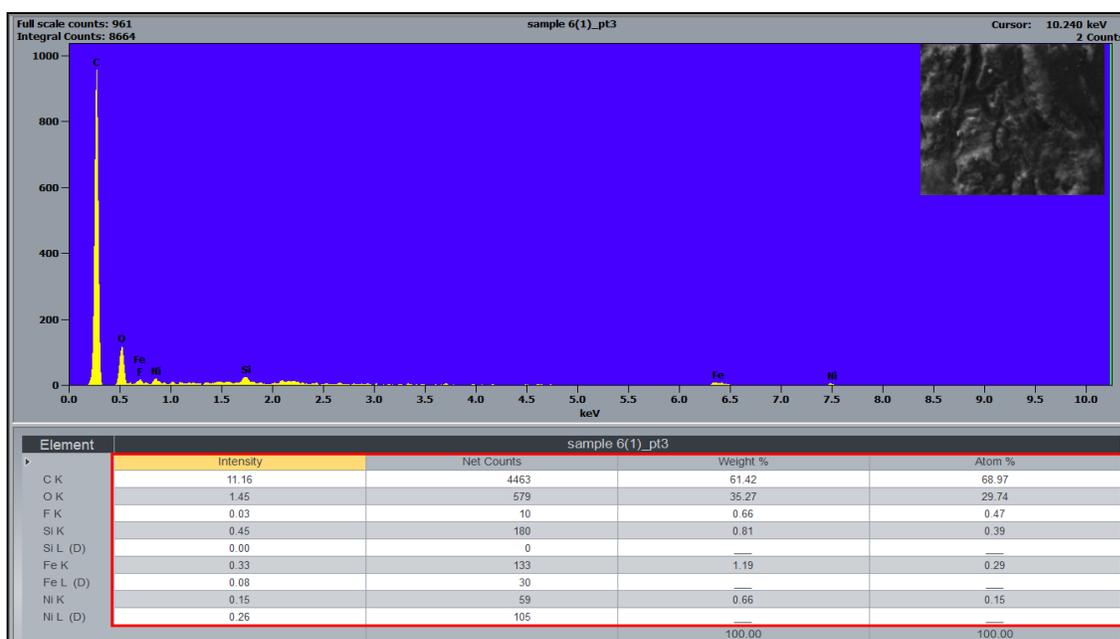
شكل (10) يوضح نمط التحليل باستخدام جهاز التفلور بالأشعة السينية XRF لعينة متساقطة من التمثال

جدول (5) يوضح نسب العناصر المكونة لعينة متساقطة من التمثال المزوج لرمسيس وماعت

Elements	S	Ca	Si	Fe	Al	K	Cl	Ti
Percentage	1.231	2.571	0.863	38.464	0.123	0.075	0.343	0.054

### 3-5 التحليل العنصري بوحدة EDX للمعادن المكونة للتمثال الملكي : Scanning Electron Microscope with E.D.X

تم تحليل بقايا متساقطة تحتوي على مادة لصق من التمثال المزوج باستخدام وحدة التحليل العنصري بمعمل الميكروسكوب الاليكتروني الماسح بهيئة المتحف المصري الكبير موديل QUANTA 3D 200i، يوضح العناصر الرئيسية بالعينة لوحظ وجود فرط في ظهور المواد العضوية والتي ترجع لبقايا الايبوكسي المتراكم من عملية التجميع وكذلك وجود أكسيد الحديد والسليكا كدليل لارتفاع معادن الفلسبارات في تلك المنطقة (Kumar and Singh,2019)، وفيما يأتي نمط التحليل العنصري (11) باستخدام EDX.



شكل (11) يوضح نمط التحليل العنصري باستخدام وحدة EDX لعينة جرانو- ديوريت تحتوي على بقايا من الايبوكسي 165، حيث يظهر البيك الاساسي للايبوكسي وتظهر العناصر المكونة للتمثال

### 6- تحليل عينة من مادة لصق إيبوكسية : Analyze a Sample of Epoxy Adhesive

يمكن وصف بوليمر الايبوكسي الحراري على أنه شبكة في هيئة بوليمر ثلاثية الأبعاد تتكون من التفاعل الكيميائي بين المونومرات المعالجة، وتتميز هذه الشبكة بأنها تساهمية ثلاثية الأبعاد، كما يحدد الهيكل الخاص بها خصائص البوليمر الحراري، وهو غير قابل للإذابة وبمجرد تشكيل الشبكة لا يمكن معالجته، ربما تعد احدى المزايا في بعض المجالات وتتميز المونومرات بأن لها لزوج منخفضة بحيث يمكن التشكيل بأوضاع هندسية وكذلك تثبيتها بسهولة بعد المعالجة للراتنج وبالتالي فان تشكيل الشبكة عبر تفاعل كيميائي هو الأساس لهذا النوع من المواد، ويعتمد

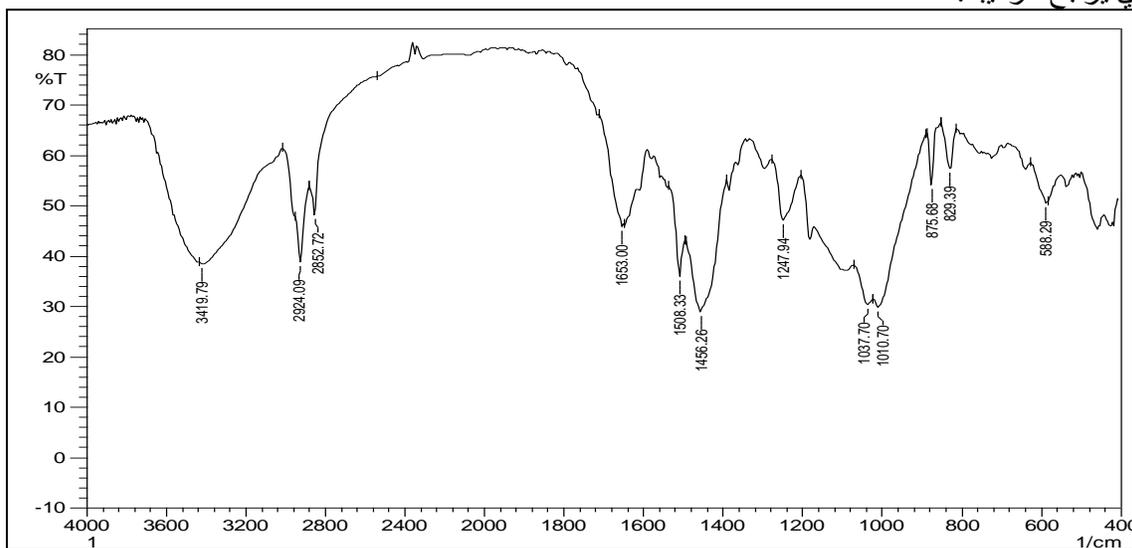
التركيب الأساسي للإيبوكسي على "phenyl" Glycidyoxy و "DGEBA" Epoxy cyclhexyl propan e methyl and "ECC" Epoxy cyclohexane Carboxylate DGEBA oligomer حيث تساعد في إتمام عملية البلمرة Molecular، بينما إضافة الهيدروكسيل hydroxyl تساعد على تحفيز عملية البلمرة في وقت زمني محدد (Gonzalez , Carlos, et.al ,2020)

### 1-6 استخدام طيف FTIR للتعرف على نوعية الإيبوكسي : Epoxy Resins and FTIR

استخدام التحليل الطيفي FTIR للتعرف على الوسيط والمواد العضوية التركيب وغير المتبلورة أيضا المستخدم في الحقل الأثري (Duce, C., et.al.,2013) (Marey, 2014)، وتعتبر أنظمة الإيبوكسي أكثر تقيدا نظرا لوجود حلقة oxirane، التي تتميز بأن لها نوعين من الامتصاص المميز لحلقة oxirane في النطاق بين 4000 سم<sup>-1</sup> و 400 سم<sup>-1</sup> الأولى 915 سم<sup>-1</sup>، حيث تبدأ مراحل التشوه منها، بينما تقع الثانية عند 3050 سم<sup>-1</sup> ويعزى ذلك إلى توتر C-H لحلقة مجموعة الميثيلين في الإيبوكسي، هذا النطاق ليس مفيدا جدا نظرا لان شدته منخفضة، كما أنه قريب جدا من امتصاص قوي الأكسجين ولكن يمكن استخدامه في مونومرات الإيبوكسي منخفضة درجة البلمرة كمؤشر نوعي لوجود مجموعات الإيبوكسي. (Hartwig, Schenider, et.al. ,2003) وكذلك المجاميع الوظيفية الخاصة بالسليكا المتبلورة (غير منصهرة) عند 602-873 سم<sup>-1</sup>، والمميزة لتركيب الإيبوكسي وللجرانيت "الجرانو- ديوريت (2017) (Ali, Mansour, Badr, عند 2725 سم<sup>-1</sup> (Liu, Uhlherr, ,2004)

### 1-1-6 تفسير نتائج عينة الإيبوكسي موضوع الدراسة: Epoxy Sample Interpretation

تبين من خلال مطابقة نتائج التحليل ب FTIR لعينة إيبوكسي تم أخذها من تمثال الملك رمسيس الثاني المزوج أن امتداد المجموعة O-H، الذي يقع عند 3500 سم<sup>-1</sup> بشكل قياسي، حيث تبين وجودها عند 3419.79 سم<sup>-1</sup> و امتداد Aromatic Rings C=C، الذي يقع عند 1653 سم<sup>-1</sup>، أيضا مطابقة امتصاص C-O-C، الذي يقع عند 1100 سم<sup>-1</sup>، وكذلك امتداد C=O والذي يقع للإيبوكسيات عند 1730 سم<sup>-1</sup> (Maria Gonzalez ,Juan Carlos et.al ,2020) أتضح بالمقارنة والمضاهاة بعينات إيبوكسية حديثة تم تحليلها ب FTIR أنظر للشكل رقم (12) وتبين أن نوعية الإيبوكسي المستخدمة في تجميع الجزء المنفصل من التمثال والقشور المتساقطة منه، هو لكيما بوكسي 165 وأن لونه الرمادي يرجع لتركيبه.

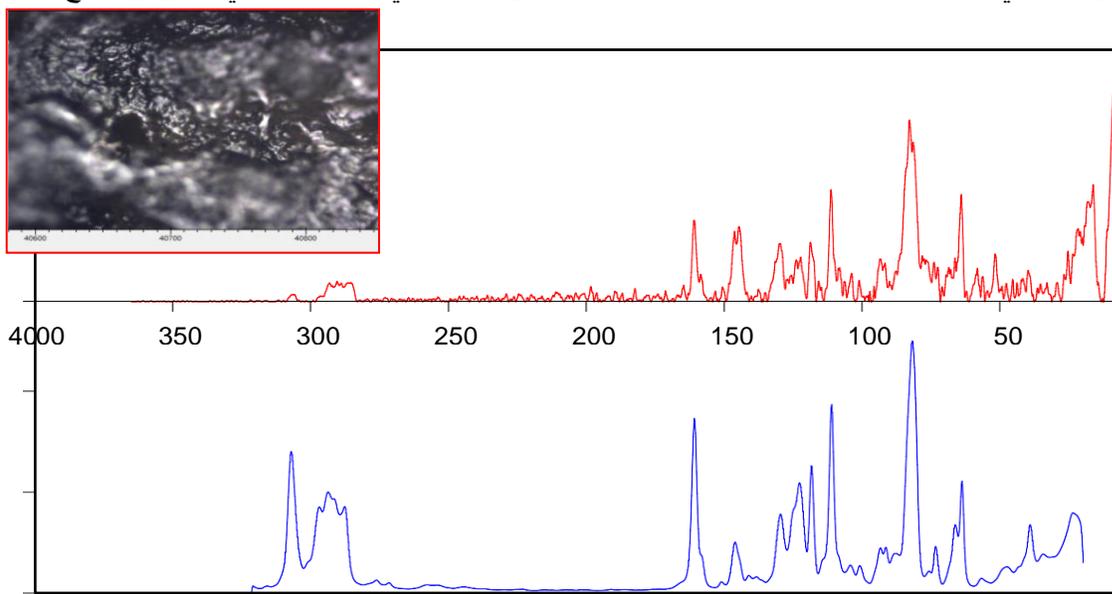


شكل (12) من خلال مطابقة حلقة oxirane في النطاق بين 400 سم<sup>-1</sup>: 4000 سم<sup>-1</sup> حيث اتضح بأنها 2852.72 سم<sup>-1</sup>: 3429.79 سم<sup>-1</sup> وكذلك مطابقة مجموعة C=O تبين أن نوعية الإيبوكسي المستخدم يعرف تجاريا بكيما بوكسي 165 والمميز بلونه الرمادي

## 7- التحليل باستخدام الطيف المستحث بواسطة الليزر رامان لعينة إيبوكسي :

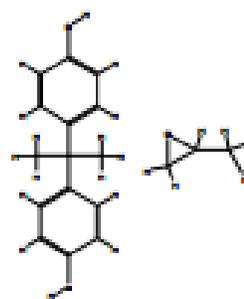
### Analysis using laser induced Spectrum Raman:

يعدّ استخدام التحليل الطيفي المستحث بواسطة الليزر Raman (532: 1064 NM) من التقنيات غير المتلفة التي استخدمت في دراسة المواد، وهو أحد أساليب التحليل الطيفي الجزيئي، وفيه يمر الشعاع فيعمل على تشتيت الضوء فتتحول لأشعة تحت حمراء، الذي يتراوح طوله بين 2: 8  $\mu$  من خلال المجهر، فظهر المجاميع الخاصة لكل مادة حيث يتركز على المادة المراد فحصها وبقياس التشتت الناتج عن ضوء أحادي اللون عندما يسقط على العينة يمكننا من خلال ذلك التعرف على المواد العضوية وغير العضوية عن طريق بصمة الجزيء بداخل المادة والناجمة من الاهتزازات التي تحدث داخل الجزيئات (Daniels, Deviese, 2014)، واستخدام مطياف الرامان لعملية مراقبة التشابك لراتنج الإيبوكسي وخاصة التنبؤ بنموذج لدرجة حرارة تخزين المواد المسبقة لراتنج الإيبوكسي وتقدير عامل التقسية للمجموعات الكيميائية، ويتبع أطيف الرامان من راتنجات الإيبوكسي وتقدير عامل التقسية للمجموعات الكيميائية المشاركة في تفاعل المعالجة، ويتراوح نطاقات الرامان المتوافقة مع اهتزاز الإيبوكسيد بين 1230 سم<sup>-1</sup> و 1280 سم<sup>-1</sup> (تنفس حلقة الإيبوكسيد) شدة الذروة تعتمد خطياً على تركيز مجموعات الإيبوكسيد في خليط الراتنج والذي يبلغ ذروته عند 916 سم<sup>-1</sup> المخصصة لتشوه حلقة الإيبوكسيد وهي أضعف بكثير، كما يوجد قمم أخرى للرامان عند 1112 سم<sup>-1</sup>، 1186 سم<sup>-1</sup>، 1608 سم<sup>-1</sup> المخصصة لاهتزازات العمود الفقري للراتنج لم تتغير شدته أثناء تفاعل المعالج، عند ملاحظة نطاقات الإيبوكسي عند حوالي 1252 سم<sup>-1</sup> و 1230 سم<sup>-1</sup> فإنها تتناقص بمرور الوقت وتناسب شدة الرامان مع تركيز المادة أو الروابط في العينة وهو ما يمكن تفسيره على أنه استهلاك لمجموعات الإيبوكسيد الحر أثناء تزجيج عملية المعالجة للراتنج من ناحية أخرى لوحظ انخفاض واضح في ذروة رامان عند 2575 سم<sup>-1</sup> فيما يتعلق بالمصلب المستخدم، يكون هذا الانخفاض أكبر في بداية تفاعل الشبكة عندما يتلامس الراتنج والمصلب فيؤدي إلى اهتزاز في وضع التمديد للإيبوكسي. (Zhang, Xu, Huang, 2009). (Alwadi, Jabra et al., 2013). ، وفيما يأتي شكل (13) يوضح نمط التحليل بالليزر رامان لعينة من الإيبوكسي المستخدمة في لصق القشور والكتلة المنفصلة، حيث يوضح الجزء العلوي نمط الشكل القياسي للإيبوكسي بينما يوضح الجزء السفلي تحليل للمجموعة الوظيفية الخاصة بعينة من الإيبوكسي المستخدمة في لصق وتجميع التمثال المزوج.



شكل (13) نمط التحليل باستخدام الرامان لعينة إيبوكسي قديمة تم أخذها من التمثال المزوج

Compound Name	PHENOXY RESIN
Molecular Formula	(C18H20O3)
Molecular Weight	284.35
CAS Registry Number	25068-38-6
Sample Preparation	Raman
Reference	J60166/ STJ032
Copyright	(c) 2017 A.I.S.T; (c) 2017 STJapan Inc
Entry No.	7327
Library name	RAMAN1512-2.S01
Library description	Raman Vol. 1



Color	File	path	Spectrum Type		
	EXTRACT Epoxy 785 50 1000 2 20x.5-000003.0	C:\Users\Administrator\Desktop\A trial	Query Spectrum		
Color	Hit Quality	Compound Name	CAS Number	Molecular formula	Molecular Weight
	573	PHENOXY RESIN	25068-38-6	(C18H20O3)	284.35

### 8- الاستنتاجات : Conclusions

من خلال دراسات الفحوص والتحليل التي تمت على التمثال الملكي المزوج وهو يعاني من ظاهرة التقشر Exfoliation ومن انفصال كامل لجزء يقع بالحافة اليسرى، الأمر الذي استدعى لإجراء عملية تجميع لتلك الكتلة وحقق وتثبيت القشور شبة المنفصلة منذ أكثر من 25 عاما، وعليه يمكن أن نلخص حالة التمثال الملكي لرمسيس الثاني من خلال عمليات الفحوص والتحليل التي أجريت له فيما يأتي :-

- من خلال عمليات الفحص المجهرى ( USB – Polarized Micro Scope ) ثبت أن مكونات الجرانو- ديوريت والمميز بلونه الرمادي يحتوي على بقع Spots من الفلسبار الأبيض والوردي ذو النسيج التحولي، ويعدّ معدن الهورنبلند والمميز بلونه من أكثر المعادن انتشارا فيتمثل حوالي 40% ويمثل البلاجيوكليز من 15:20% بينما الميكرولكين والبيرثيت 20:25% ويقل نسبة الكوارتز في التمثال موضوع الدراسة لتصل من 5:7% ويشير ذلك لفقدان المادة المسؤولة عن تماسك وربط مكونات الجرانو- ديوريت، وهو الأمر الذي أدى لتساقط بعض القشور السطحية من التمثال ، وكما تبين وجود البيوتيت بنسبة 3%، إضافة للمعادن الثانوية كالحديد والزيركون والمجنتيت وهو ما يتطابق مع حيود الأشعة السينية XRD و تفلور الأشعة السينية XRF.

- كما تم الاستدلال من خلال الليزر رامان و FTIR على نوع مادة اللصق المستخدمة، وهي كيما بوكسي 165 والتي تتميز بأنها مادة غير استرجاعية شديدة الصلابة وغير قابلة للانكماش تتميز بلونها الرمادي، وهي أحد المعلومات المهمة التي يجب أن يلم بها فريق الترميم ليتخذ إجراءاته في إعداد خطة تدخل لمثل هذه الحالة.

- تبين من خلال استخدام مطرقة شميدت Schmidt Hammer وحساب فارق المردود قبل وبعد التقوية ارتفاع قيمة المردود لمقدار 250 كجم في المناطق التي كانت تعاني من ظاهرة التقشر والتطبيب Exfoliation.

- من خلال استخدام أجهزة المسح الراداري المختلفة تبين وجود سيخ معدني بقطر 4:5مل وبطول من 22:24 سم تم استخدامه لربط الكتلة المنفصلة بالطرف الشمالي العلوي من التمثال في ظل وجود مادة الكيما بوكسي 165 الأمر الذي يجعل من الصعب إعادة صياغة تجميع ذلك الجزء بشكل صحيح.

- تبيين من خلال الفحص ب SEM توغل مادة كيما بوكسي 165 بمسام وقشور الجرانو- ديوريت بمناطق التطبيل Exfoliation والتجميع ومازالت محتفظة بخواصها التماسكية. وانتشار ظاهرة التفكك الحبيبي والمعادن الثانوية وبخاصة في قاعدة التمثال وهو الأمر الذي يشير لتدهور حالة التمثال وتستدعي البدء الفوري لإعداد خطة ترميم تشمل النقاط التالية:-

- 1- التدخل الفوري بعمليات حقن وملء مناطق التطبيل بالتمثال المزوج ب مواد لها القدرة على التغلغل والانتشار.
- 2- إزالة مونة اللصق الإيبوكسية بحواف القشور ومنطقة التجميع بالطرق الميكانيكية لتحسين المظهر الجمالي.
- 3- تدعيم حواف القشور وملء الشروخ بمونة مناسبة متجانسة مع خواص الجرانو- ديوريت .
- 4- التنظيف الميكانيكي ثم الكيميائي باستخدام المحاليل والكمادات المناسبة للبقع الدهنية والناجمة من ملامسة الزوار للتمثال وكذلك طبقات الأتربة المتكلسة في مناطق مختلفة منه.

### 9- الشكر والتقدير: Acknowledgements:

إلى روح شيخ المرممين أستاذنا الجليل الأستاذ الدكتور محمد عبدالهادي محمد رحمه الله.

### 10- المراجع : Reference :

- 1- إبراهيم عبيدو، (1995)، الجيولوجيا الهندسية والخرائط الجيولوجية، منشأة المعارف، الاسكندرية، ص 83.
- 2- أماني عبد الحافظ بكر، (1996)، دراسة علمية وتطبيقية لعلاج وصيانة الأشرطة الكتابية الجصية والحجرية في بعض العماير الإسلامية، رسالة ماجستير، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ص123.
- 3- المملكة العربية السعودية، المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني، (1429 هـ)، الإدارة العامة لتصميم وتطوير المناهج: تخصص التقنية المدنية، خواص واختبارات المواد، 104 مدن، ص 19:20.
- 4- حازم فلاح سكيك، (2013)، الميكروسكوب الإلكتروني، اصدار شبكة الفيزياء التعليمية، ص 6: 7.
- 5- عبد الحكيم أحمد البدرى عبد الحكيم، (2014)، دراسة لعوامل تلف الفنون الصخرية المنفذة بمواقع المحاجر الأثرية وطرق علاجها وصيانتها تطبيقاً على جبل السلسلة ومحاجر الجرانيت بأسوان، رسالة دكتوراه، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، ص 220 : 222.

6- **Abd El-Hakim A. El- Badry,(2018):** Environmental Degradation of Granite Stoneworks, Karnak Temples, Egypt, International Journal of ChemTech Research CODEN (USA): IJCRGG, ISSN: 0974-4290, ISSN(Online):2455-9555, Vol.11 No.09, pp 340:352.

7- Abd-Elkareem, E.1, Asran, M.2 & El Shater, A.2,(2017): DAMAGE BLOCKS GRANITE OF PHILIP ARRHIDAEUS COMPARTMENT AND ITS SOURCE AND TREATMENT, KARNAK, EGYPT, Egyptian Journal of Archaeological and Restoration Studies "EJARS" An International peer-reviewed journal published bi-annually, pp: 111:121.

8-A.Alwadi,R.Jabr G. Alkass ,and D. Alchik,(2013) :Preparation and Characterization of Epoxy Resin /Cycloaliphatic Amine Coating "Accepted,pp.175 :190.

9-Adnan Aydin ,(2009),ISRM Suggested method for determination of the Schmidt hammer Rebound hardness:Revised version", Science Direct , International journal of Rock Mwchanics &Mining Sciences 46 , pp. 627:634.

10- Bohren ,C.,F. and Huffman ,D.,R.,(2020), Absorption and Scattering of light by Small particles,Wiley ,1983,isbn=0-471-29340.

11-Daniels V. Deviese T.,(2014): Technological Insights Into Madder Pigment Production in Antiquity, Technical research Bulletin. British Museum, Vol.4, PP.3:5.

12- Duce, C., Bramanti, E., Ghezzi, L., Bernazzani ,(2013),Interactions between inorganic pigments and proteinaceous binders in reference paint reconstructions. Dalton Tran"s , pp.5875:5984.

13- Hartwig,A., Schenider ,B.,(2003): Influence of Moisture on the Photo chemically induced poly merisation of Epoxy Groups in different Chemical environment Polymer ,Vol.43,No15,July,pp.4243: 4250.

- 14- J.Zhang,Y. Xu,P.,Huang,(2009) :Effect of cure cycle on curing process and hardness for Epoxy Resin ,express polymer letters ,Vol.3,No.9,P.534 :540.
- 15-J.S. Pozo-Antonio, T. Rivas, F. Carrera and L. García1,(2018): Deterioration processes affecting prehistoric rock art engravings in granite in NW Spain, EARTH SURFACE PROCESSES AND LANDFORMS, Earth Surf. Process,pp. 2435:2448
- 16- Liu,H.,Uhlherr,A.,( 2004): Influence of Substituents on the Kinetics of Epoxy /Aromatic diamine Resin Systems , Journal of Polymer Science part A:Polymer Chemistry ,Vol.42,No.13,July,pp.3143 :3148.
- 17- Mantler ,M.& Schreiner , M., (2000) : X - Ray Fluorescence Spectrometry in Art and Archaeology. X- Ray Spectrometry. 29, John Wiley & Sons Ltd , pp. 4:12.
- 18- Marey, H. H.,(2014):Investigations by Raman Microscopy, ESEM and FTIR-ATR of wall paintings from Qasr el-Ghuieta temple, Egypt. Heritage Science ,p. 12:18.
- 19- M. F. ALI and M. M. A. MANSOUR and N. M. BADR(2017) : Study of Bio deterioration and Chromatic Alterations of Painted and Gilded Mummy Cartonnage At the Saqqara Museum Store Room Egypt, Archaeometry ,PP.7:8.
- 20- Maria Gonzalez ,Juan Carlos,(2020): Applications of FTIR on Epoxy Resins –Identifications ,Monitoring the Curing Process ,Phase Separation, P.261:262.
- 21- Marocchi,M.,Dellisanti,F.,Bargossi ,et.al. ,(2010): SEM-XRD Investigation of deterioration Morphologies Consolidation Prior to Restoration : The case of Por ta Nuova in Ravenna (Italy ) Per. Mineral " , p. 80: 89.
- 22- Mills, R., (1990):Structural Failure and Repair, In: conservation of Buildings and Decorative Stone, Vol., London, P. 58.
- 23-Riccardi,M.P.,Duminuco,P.,Tomasi,C.&Ferloni,P.,(1998):Thermal ,Macro scopic& X- Ray Diffraction Studies on some ancient mortars ,Thermo chimica- Acta,. 321, Elsevier, pp. 207 : 214
- 24- S. Vinodh Kumar 1 and M. R. Singh 2 ,(2019): Salt Weathering of 7th Century CE Granite Monument of Shore Temple, Mahabalipuram—Scientific Investigation and Conservation Strategy, heritage , Received: 11 October 2018; Accepted: 14 January 2019; Published: 17 January,p.242.
- 25- Samar S. Mohamed(1) and Soha Eid Ibrahim(2) ,(2018):Characterization and Management of Fungal Deterioration of Ancient Limestone at Different Sites Along Egypt, Egypt. J. Microbiol. Vol. 53, pp. 177 : 191.