https://majs.journals.ekb.eg
2022; Dec (10): 40:45.
Doi: 8.24394 /JAH.2022 MJAS-2202-1050
ISSN: 2735-430X (Print); ISSN: 2735-4318 (Online)

تمثال العائلة من البرونز من مقتنيات متحف الفن الحديث بجامعة المنيا : توثيق وترميم

القدس مختار حامد أحمد الأدغم

مدرس – قسم الترميم - كلية الفنون الجميلة – جامعة المنيا

Email address: quds@mu.edu.eg

To cite this article:
Alquds Mokhtar, Journal of Arts & Humanities.
Vol.10, 2022, pp.40 -45. Doi: 8.24394/JAH. 2022 MJAS-2202-1050
Received: 23, 02, 2022; **Accepted**: 13, 03, 2022**; Published** Dec, 2022

الملخص :

يقدم هذا البحث دراسة أشكال الصدأ لتمثال من البرونز، وطرق العلاج لتمثال العائلة بمتحف الفن الحديث بكلية الفنون الجميلة جامعة المنيا من أعمال الفنان حسن العجاتي محمد العجاتي ، ويظهر العديد من نواتج الصدأ على سطح التمثال ، ويهدف البحث إلي توثيق التمثال وفحص وتحليل نواتج التآكل المتواجده علي السطح وكذلك تنظيفه وتطبيق طبقة عزل وحماية للتمثال من التآكل .

وتم فحص سطح التمثال باستخدام الميكروسكوب الاستريو لدراسة الشكل المورفولوجي لطبقة التآكل، والفحص والتحليل بالميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة تشتتيت الأشعة السينية والتي أوضحت وجود العناصر المكونة لسبيكة البرونز مصاحبة لعناصر نواتج الصدأ ، كذلك التحليل باستخدام حيود الأشعة السنية **(XRD)** الذي أشار إلي وجود مركبات تآكل من كلوريد النحاسوز **(النانتوكيت)** و كلوريد النحاسيك القاعدي**(الباراتاكاميت)** وكربونات نحاسيك قاعدية **(الملاكيت).**

وقد تمت عملية إزالة الأتربة من علي سطح التمثال بإجراء عملية التنظيف الميكانيكي ،متبوعة بعملية التنظيف الكيميائي باستخدام محلول ملح روشيل Alkaline Rochel Solution 5% لإزالة مركبات النحاسيك **(الصدأ)** من علي سطح التمثال ثم تطبيق طبقة عزل وحماية للتمثال من التآكل.

الكلمات الدالة :

التآكل المعدني، فحص وتحليل ، الترميم ، الحماية.

1- المقدمة :

يعرض التمثال العائلة موضوع الدراسة المتواجد بمتحف الفن الحديث - كلية الفنون الجميلة -جامعة المنيا بأحدي قاعات المتحف علي قاعدة خشبية بدون خزينة عرض ،ولا يتواجد بالمتحف انظمة تحكم في الحرارة أو الرطوبة أو الإضاءة أو مرشحات لتنقية الهواء من الملوثات ، وهو مصنوع من سبيكة البرونز **(النحاس والقصدير)** ما يوضح الشكل رقم (1)، وتم تشكيله بأسلوب الصب ، ويتواجد علي سطح التمثال أتربة ومركبات تآكل نتيجة لتفاعل السطح مع الملوثات الجوية.

*** سبيكة البرونز :**

تتكون من خليط من معدني النحاس والقصدير وتكون نسبة القصدير في السبيكة 14 : 2% (Ian,.S-2006) وتعتبر أقدم السبائك التي عرفها الإنسان، واستخدم المصريون القدماء البرونز والنحاس في عمل آلات الحرب والصيد وأدوات منزلية وأغراض الزينة ، وتطورت صناعة البرونز في العصر اليوناني والروماني، واستمرت في التطور والدقة والجمال في العصور الإسلامية ، وعند إضافة القصدير إلي النحاس يزيد من متانة النحاس وإذا وصلت نسبة القصدير إلي 15% يجعل

السبيكة قابلة للصب بصورة جيدة عند الصهر، وتكون أكثر قوة في الطرق ولكن تكون أكثر هشاشيه ، وتنخفض درجة انصهارها وتزداد صلادتها وقوة الشد للسبيكة ، ولا تمتص السبيكة الغازات بل تطردها عند التصلد (Paula ,C . -2014)

شكل رقم (١) توضح نواتج الصدأ التي تغطي تمثال العائلة موضوع الدراسة .

*** تشكيل التمثال :** تمت بتقنية السباكة هي عملية تشكيل جسم معدني بصهر السبائك المعدنية وصبها في تجويف مصنوع في قالب يعطي فراغه الداخلي تفاصيل الشكل المطلوب بأقصى دقة ،وقد عرف المصري القديم تقنية الشمع المفقود حيث كانت تتم بعمل نموذج من الشمع المطلوب عملها وكان الشمع يُغطي بطبقة من الطفلة ثم يُوضع هذا التكوين في الفرن لكي يجعل الطفلة صلبة ولكي يتم انصهار الشمع الداخلي وعليه فإنه يبقى القالب صلب بإحتراق الطفلة محتفظاً بكل تفاصيل النموذج المشكل ثم يُصب السبيكة المصهوره بالطفلة وبعد أن يُصبح القالب بارداً مملوءاً بالسبيكة المصهوره يتم كسر القالب الفخاري ، يتم بعد ذلك عملية التنظيف والتلميع(Hosni,A-2021)، وتتعرض المشغولات المعدنية البرونزية داخل البيئة المتحفية للتلف والتآكل نتيجة لتواجدها في وسط غازي يحتوي علي ملوثات جوية ، ويعتمد ذلك علي كمية هذه الملوثات سواء التي تحمل بواسطة الهواء الخارجي أو الناتجة داخل البيئة ، ويشمل الوسط الغازي جميع الغازات التي يمكن أن تكون علي اتصال بالمعدن ، وبتعرض المشغولات المعدنية للغازات تتغطي بطبقة رقيقة من نواتج تفاعلاتها مع الغازات(Marshall-2004) ، وتستخدم المحاليل القلوية مثل محلول ملح روشيل (وذلك بإذابة 50جم من هيدروكسيد الصوديوم في لتر ماء ثم إضافة 150جم من ملح روشيل **(طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم)** في إزالة مركبات التآكل مع علي سطح المشغولات المعدنية البرونزية لأنها تعمل علي معادلة أي تأثير حمضي علي السطح ، وتستخدم أيضا المحاليل الحمضية بصورة مخففة مثل محلول حمض الستريك (5 : 2 %) ومحلول حمض الفورميك (5 %) لازالة مركبات التآكل علي سطح الآثار البرونزية (Alkhathlan-2015) .

وبعد الإنتهاء من عملية التنظيف الكيميائي للمشغولات المعدنية يتم شطفها بالماء الدافي المقطر عدة مرات للتخلص من آثار المعالجات بالمواد الكيميائية وللوصول لدرجة التعادل في درجة PH وتشطف في النهاية بالكحول وتجفف بالأسيتون ثم يتم تغطيتها غطاء واقي مناسب حيث تستخدم الأغطية الواقية في منع بداية عملية التآكل حيث تكون غطاء رقيق نسبياً بين المعدن والبيئة المحيطة وأيضاً حماية المعدن من التفاعل مع المؤثرات المتلفة المحيطة به (Ghoniem.M,A-2014) .

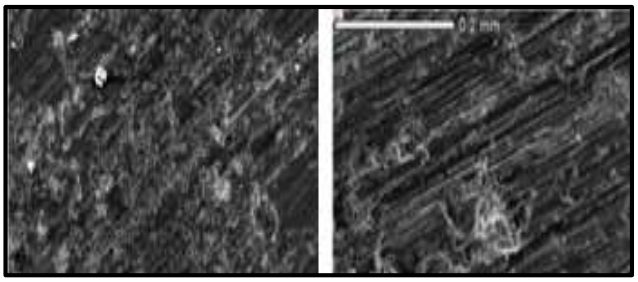
٢- الطرق والمواد :

***الفحص باستخدام الميكروسكوب الاستريو :**

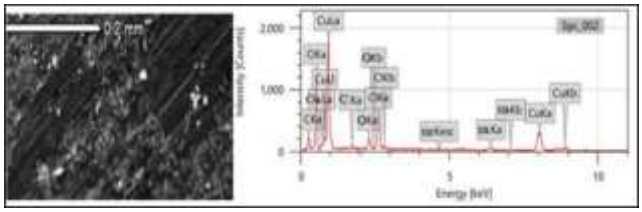
- تم الفحص باستخدام الأستيريوميكروسكوب Stereoscope ماركة **(Zeiss Stemi 508)** المزود بكاميرة بتكبيرات مختلفة ماركة **(Axiocam ERc5s)** والمتواجد بمعمل قسم الترميم – كلية الفنون الجميلة – جامعة المنيا .

- الفحص والتحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة تشتتيت الطاقة السينية **(SEM+EDX)**

تم فحص وتحليل عينة من سطح التمثال تمثل السبيكة ونواتج الصدأ ، وتوصيف الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة السينية (Model Quanta JSM-IT200 + ED-X Unit with accelerating Voltage 30 K.V ،كما يوضح كلا من الصورة رقم (2) وشكل رقم (3) .



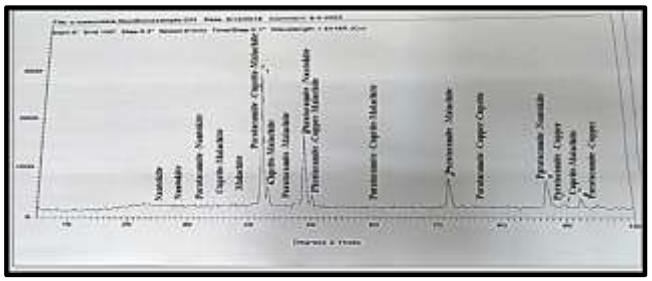
شكل رقم (٢) توضح عدم استواء طبقات نواتج الصدأ لعينة من سطح التمثال حيث يوضح اللون الرمادي الغامق طبقة أكسيد النحاسوز واللون الرمادي الفاتح نواتج الصدأ من البارتاكاميت والناناتاكيت واللون الرمادي الأفتح إلي الملاكيت باستخدام الفحص ب SEM .



شكل رقم (3)يوضح فحص وتحليل لعينة من سطح التمثال باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح (SEM+EDX) .

التحليل باستخدام حيود الاشعة السينية :

- تم استخدام جهاز التحليل بحيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction كما يوضح الشكل رقم (4)



شكل رقم (4) يوضح مركبات التآكل باستخدام نمط حيود الأشعة السينية XRD لعينة سطح التمثال والذي أظهر تواجد الكوبريت والملاكيت والباراتاكاميت والناتاتاكيت .

*** عملية العلاج والترميم :**

***التنظيف الميكانيكي:** يهدف التنظيف الميكانيكي إلي كسر الروابط بين سطح الفلز وبين تراكمات نواتج الصدأ المندمجة مع المواد الغريبة باستخدام الفرش والمشارط والابرالدقيقة لازالة الأتربة والطبقات المتكلسة مع الحرص الشديد علي سطح التمثال ، كما توضح الشكل رقم (5)، (Walker, G.T-2008)

شكل رقم (5)التنظيف الميكانيكي باستخدام المشرط .

*** التنظيف الكيميائي :**

التنظيف باستخدام محلول ملح روشيل Alkaline Rochel Solution 5% لإزالة مركبات النحاسيك من علي سطح العينات النحاسية ويتم تحضير محلول ملح روشيل بإذابة 50جم من هيدروكسيد الصوديوم في لتر ماء ثم إضافة 150جم من ملح روشيل **(طرطرات الصوديوم والبوتاسيوم)** ثم تحضير محلول منه في الماء بنسبة 5% وتم التنظيف بعمل كمادات قطنية مشبعة المحلول مع استخدام فرشاة خشنة لإذابة مركبات النحاس وذلك بتحول لون المحلول للأزرق من مركبات النحاسيك وتم تغيير المحلول كلما تغير لونه إلي الأزرق إلي أن تم إختفاء اللون الأزرق،كما يوضح الشكل رقم (5)، ثم شطف العمل الفني بالماء المقطرعدة مرات وذلك للتخلص من المركبات الكيميائية الناتجة عن التنظيف، وتجفيفه بالكحول كما يوضح الشكل رقم (6) (MilošeV-2015).

صورة رقم (5)التنظيف الكيميائي باستخدام محلول ملح روشيل.

شكل رقم (6) Bالتمثال بعد الغسيل ، Aتجفيف التمثال.

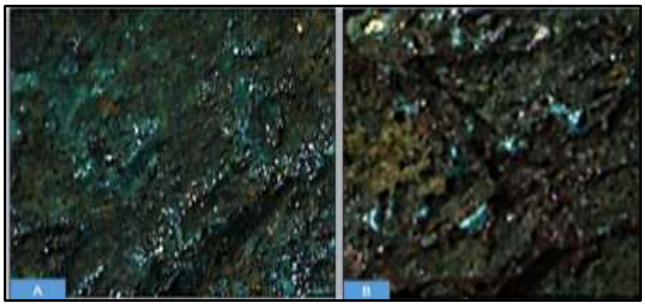
*** مثبطات وموانع التآكل :**

بعد الأنتهاء من التنظيف وشطف التمثال عده مرات للتخلص من بقايا المواد الكيميائية وجفف جيدا بالكحول ثم الاسيتون للتأكد من جفاف التمثال ،وتم تطبيق مانع تآكل من البنزوترازول في الاسيتون 3% بالفرشاه طبقتين وذلك لتجني الإعتمام الذي يسببه عند تطبيق عدة طبقات بعد تمام الجفاف وذلك لقدرته العالية علي التثبيط (Spathis.P-2003) ، وتم تطبيق طلاء واقي من محلول من الباراليويد Paraloid P72 في الأسيتون 3% بالفرشاه ثلاث طبقات ، كما يوضح الشكل رقم (7)، وذلك لأن له خصائص جيدة مثل المرونة(Marouf, M .A-2010) .

صورة رقم (7)التمثال بعد تطبيق طبقة العزل .

3- النتائج :

أظهر الفحص باستخدام الاستريو ميكروسكوب **(المجسم)** الشكل المورفولوجي وألوان طبقات مركبات التآكل التي تغطي التمثال،وتراوحت ألوان طبقة التآكل بين البني والأخضر والأزرق .



شكل رقم (8) توضح عدم استواء طبقة نواتج الصدأ لعينة من سطح التمثال باستخدام الميكروسكوب الاستريو بتكبير150x , 200 x .

وأظهر الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح SEM علي عينة من سطح التمثال بأن التمثال مغطى بطبقة غير مستوية من نواتج صدأ ، وأظهر التحليل باستخدام EDX العناصر المكونة للسبيكة المكون منها التمثال والعناصر المسببة لتآكل كما بالجدول رقم (1) .

جدول رقم (1) التركيب الكيميائي لعينة من التمثال باستخدام EDX

العنصر	النسبة
Cu	**%80**
Sn	**%6**
O	**%4.5**
CL	**%3.6**
Si	**%1.4**
C	**%4.5**

وتبين من التحليل باستخدام XRD وجود عنصر النحاس ، مركبات تآكل من اكسيد النحاسوز **(الكوبريت)** وكلوريد النحاسوز **(النانتوكيت)** و كلوريد النحاسيك القاعدي **(الباراتاكاميت)** وكربونات نحاسيك قاعدية **(الملاكيت)** كما يوضح مركبات التآكل علي سطح التمثال :

المركب رقم الكارت

Cu (Copper) النحاس1241-01

Copper Oxide (Cuprite) CuO الكوبريت0667-05

Copper Chloride (Nantokite) CuCl النانتاكيت

0344-06

Copper Carbonate Hydroxide (Malachite)

CuCO3.Cu (OH) 2 الملاكيت 0399-10

Copper Hydroxide Chloride Paratacamite) Cu2

(OH) 3Cl البارتاكاميت 0694-15

أما عن جانب عملية الترميم فتم استخدام محلول ملح روشيل في التنظيف الكيميائي بنجاح في إزالة مركبات التآكل ،وتطبيق مانع تآكل من البنزوترازول في الاسيتون 3% ، ثم تطبيق طلاء واقي من محلول من البارالويد Paraloid P72 في الأسيتون 3% لعزله عن الوسط المحيط المسبب للتآكل .

4- مناقشة النتائج :

أظهر الفحص باستخدام الميكروسكوب الاستريو **(المجسم)** والميكروسكوب الالكتروني الماسح شكل مركبات التآكل ولونها حيث تتواجد مركبات تآكل ذات اللون الأخضر والأخضر الطباشري والبني وطبيعتها وسمك طبقة التآكل حيث انها كانت غير متجانسة وغير مستوية .

وتبين من التحليل باستخدام ED-X لعينة سطح التمثال وجود عنصر النحاس Cu بنسبة 80%وعنصر القصدير نسبة 6% مما دل على أن السبيكة التي شكل منها التمثال هي البرونز ، كما ظهرت عناصر Si, Cl,C,O وهي العناصر المكونة لنواتج الصدأ .

وأظهر التحليل ب XRD تواجد لنواتج الصدأ من اكسيد النحاسوز **(الكبريت)** وكلوريد النحاسوز **(النانتوكيت)** لم يظهر وصعب التعرف عليه لسرعة تحوله وكلوريد النحاسيك القاعدي **(الباراتاكاميت)** وكربونات النحاسيك القاعدية **(الملاكيت)** وذلك لتفاعل سطح التمثال مع الملوثات الجوية التي تحيط به في هواء المتحف ، حيث تتعرض المقتنيات المعدنية البرنزية داخل البيئة

المتحفية للتلف والتآكل نتيجة الملوثات الجوية ، ويعتمد ذلك علي كمية هذه الملوثات سواء التي تحمل بواسطة الهواء الخارجي أو الناتجة داخل البيئة المتحفية ، ويتمثل الخلل في هواء المتاحف التي غالبا ما تكون موجودة في المدن بهوائها الملوث بغازات مختلفة مثل ثاني أكسيد الكبريت وكبريتيد الهيدروجين و أكاسيد النيتروجين التي تدخل المتاحف من الأبواب والنوافذ ، فعند تعرض المشغولات المعدنية المصنوعة من البرونز للهواء المحتوي علي الأكسجين ينشأ علي سطحها أكسيد النحاسوز **"الكوبريت Cu_2O"** وهي طبقة واقية تبدأ تفاعلات الصدأ بغاز الأكسجين والتي تبدأ بتكون الكوبربت ،ومع زيادة طبقة الأكسيد واختلاف تركيبها عن سطح المعدن يعرض المعدن للتآكل حيث تتكسر وتصبح مسامية وتسمح بنفاذ بخار الماء الذي يعتبر أساسياً لتكوين محلول الكتروليتي يدعم تفاعل التآكل الكهروكيميائي (Scott,D-2002) .

$$Cu + O_2 \longrightarrow Cu_2O$$

كما لوحظ وجود مركبات تآكل من كلوريد النحاسوز **(النانتوكيت Nantokite (CuCl)** التي تتكون في وجود غاز كلوريد الهيدروجين في الأجواء الرطبة فيتكون حمض الهيدروكلوريك وذلك لسهولة نفاذية أيون الكلور السالب Cl- خلال طبقة الأكسيد مما يؤدي إلي زيادة المسامية فيها حيث يكون في وجود الرطوبة يمثل دور المنشط **الذاتي (Auto-catalyst)** ، وتتكون طبقة من كلوريد النحاسيك القاعدي ذو لون أخضر طباشيري $Cu_2(OH)3Cl$ **(باراتاكميت Paratacamite)** في صورة مسحوق غير متماسك يمكن أن ينفصل عن السطح

$$2CuCl+Cu_2O+2H_2O+O_2 \longrightarrow 2Cu_2(OH)3Cl$$

وتواجد مركب**(الملاكيت)**كربونات نحاسيك قاعدية Malachite $CuCO3.Cu(OH)2$ الناتج عن إدمصاص ثاني أكسيد الكربون من الهواء مع وجود نسبة من الر طوبة واتحاده مع السطح (Ghoniem. M,A-2011) .

$$Cu + CO_2 + H_2O \longrightarrow CuCO3Cu(OH)2$$

وفي جانب عملية الترميم تم استخدام محاليل قلوية ضعيفة مثل محلول ملح روشيل في التنظيف الكيميائي حيث أن لها القدرة علي إذابة وإزالة طبقة التآكل من علي أسطح المشغولات البرونزية والنحاسية حيث عمل علي إذابة مركبات النحاسيك وتحول لون المحلول إلي اللون الأزرق من علي أسطح المشغولات البرونزية والنحاسية ولم يسبب أي ضرر للسطح .

وتم استخدام المثبطات أو مانعات التآكل المتمثل في "البنزوتريازول " كمثبط لتآكل النحاس والبرونزنظراً لقدرته العالية علي التثبيط وتكلفته المنخفضة ومقاومته لعملية التآكل ، حيث يكون مركبات كيميائية من النحاسوز والنحاسيك تعمل علي تعديل تفاعل الأوكسجين علي سطح البرونز، وقد استخدم البنزوتريازول (Benzotriazole (BTA 3% في الإيثانول Ethanol كمانع صدأ لتمثال ، ويستخدم الباراليود لحماية النحاس والبرونز من التآكل لأنه يتمتع بخواص ميكانيكية جيدة وصلابة وألتصاق جيد ومرونة وهو لا يتأثر بالماء والقلويات والأحماض والأبخرة الكيميائية (Revie ,W-2008)،(القدس-2021) .

5- الخلاصة :

من خلال هذه الدراسة تم توثيق بفحص وتحليل بجانب اعمال الترميم لتمثال العائلة من الفن الحديث وهو أحد أعمال الفنان حسن العجاتي المتواجد بمتحف الفن الحديث بجامعة المنيا ، حيث تم التعرف علي الشكل المورفولوجي وألوان طبقة التآكل المتمثلة في اللون البني**(الكوبريت)** والأخضر**(الباراتاكاميت)** والأخضر الطباشيري**(الملاكيت)** ، كما تم التعرف علي السبيكة التي صنع منها التمثال وهي سبيكة البرونز ومعرفة مركبات طبقة التآكل الناتجة عن تفاعل سطح التمثال مع الملوثات في هواء المتحف الذي يفتقر إلي انظمة التحكم في الرطوبة والحرارة والملوثات ، وكانت مركبات التآكل هي أكسيد النحاسوز (الكبريت) وكلوريد النحاسوز **(النانتوكيت)** وكلوريد النحاسيك القاعدي **(الباراتاكاميت)** وكربونات النحاسيك القاعدية **(الملاكيت)** ، وتبين أن أفضل طرق العلاج للمحافظة على التمثال تمثلت في التنظيف الميكانيكي ثم التنظيف الكيميائي باستخدام محلول ملح روشيل 5% ، ثم الغسيل لإزالة تأثير المواد المتبقية من التنظيف الكيميائي والتجفيف ، وتغطية التمثال بطبقة عازلة من مانع تآكل من البنزوترازول في الاسيتون 3% طبقتين ، ثم تطبيق طلاء واقي من محلول من الباراليود Paraloid P72 في الأسيتون 3% بالفرشاة ثلاث طبقات .

6- المراجع :

1-Ian, S and Nicholson, P.,(,2006) "Ancient Egyptian Materials and Technology" ,Cambridge University Press, Great Britain, p.154.

2-Paula ,C ., Sellamuthua ,R.,(2014) " The effect of Sn content on the properties of surface refined Cu-Sn Bronze alloys" Procedia Engineering, Vol ., 97 ,pp,1341 – 1347

3-Hosni,A.,(2021)"Forgeries and The Authenticity of Archaeology" ,Cambridge Scholars Publishing ,pp145-157..

4- Marshall. S., Jiin-Huey. J., Lin. C., Marshall, G. W. Jr.,(2004) " Cu2O and CuCl2•3Cu (OH) 2 corrosion products on copper rich dental amalgams" Journal of Biomedical Materials Research, vol16, issue1, pp. 81-85.

5- Al-Otaibi, M.S., Al-Mayouf ,A.M., Khan,M.,Mousa ,A.A., Al-Mazroa ,S.A., Alkhathlan, E.H.Z.,(2012) "Corrosion inhibitory action of some plant extracts on the corrosion of mild steel in acidic media," Arabian Journal of Chemistry , pp. 1-7.

6-Ghoniem.M,A.,(2014) " A Bronze Osiris Statuette From The Egyptian Museum In Cairo: Microstructural Characterization and Conservation " Mediterranean Archaeology and Archaeometry, Vol. 14, No. 1, pp. 37-49.

7- Walker, G.T. ,(2008) "A Practical Guide to the Care and Conservation of Metals", Xi Wang Art and Design Agency Taipei, Taiwan, ,p65.

8- Milošev. I., Kovačević. N., Kovač. J., Kokalj. A.,(2015) "The roles of mercapto, benzene and methyl groups in the Corrosion inhibition of imidazoles on copper: I. Experimental characterization" Corros Sci, vol 98, pp107-118.

9-Spathis.P., Karagiannidou. E., Magoula .A.E.(2003)," Influence of Titanium Dioxide Pigments on the Photo degradation of Paraloid Acrylic Resin", Studies in Conservation, vol 48,pp 57-64..

10- Marouf, M .A., and Ghoniem., M.A. , (2010) "Deterioration effects of the metal threads on embroideries" , ICROM, pp. 87-96.

11- Scott,D,D.,(2002)" Copper and Bronze in Art, Corrosion, Colorants, Conservation", Getty Conservation Institute, Los Angeles, USA,p. 108, 124..

12- Ghoniem. M,A.,(2011)"The Characterization Of a Corroded Egyptian Bronze Statue and a Study Of The Degradation Phenomena, International Journal Of Conservation Science،Vol 2, Issue 2,pp, 95-108.

13- Revie ,W., Uhlig ,H.H.,(2008) "Corrosion and corrosion control: An introduction to corrosion Science and engineering" Wiley-Interscience, New York, Vol.2, pp 537-566.

14- القدس مختار (2021) : دراسة حالة لتمثال مصنوع من سبيكة الحديد الزهر المكفت بالبراس من العصر العثماني ، مجلة الفنون والعلوم الأنسانية ، مجلد 4 ، عدد 7 ، كلية الفنون الجميلة ، جامعة المنيا ،ص188.