

توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني

توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني

**Documentation and restoration of an antique  
scythe from the Roman era**

إعداد

القدس مختار حامد الأدغم

مدرس بقسم الترميم - كلية الفنون الجميلة - جامعة المنيا

### الملخص:

يتناول البحث علاج ترميم منجل أثري من العصر الروماني متواجد بالمتحف الزراعي بالقاهرة، ويهدف هذا البحث إلى فحص وتحليل وترميم منجل أثري ذو سلاح حديدي ومقبض خشبي وفهم آلية التآكل الناتج عن عملية دفن المنجل وآلية التلف الناتجة عن اتصال السلاح الحديدي بالمقبض الخشبي.

تمت الدراسة بعمل توثيق بالصور للمنجل فحص وتحليل لعينات السلاح الحديدي للمنجل وعينات من خشب المنجل باستخدام الميكروسكوب الهاتف المحمول لدراسة سطح العينة وشكل طبقة التآكل وسطح الخشب، والتحليل باستخدام حيود الأشعة السينية XRD لمعرفة مركبات التآكل التي أظهرت أكاسيد الحديد وكلووريدات الحديد وكبريتات الحديد وثاني أكسيد السيلكون علي سطح الحديد ولأكاسيد الحديد وسيليكات الحديد وثاني أكسيد السيلكون علي سطح الخشب، وكذلك التحليل باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة السينية EDX لدراسة سطح عينات الحديد وشكل طبقات التآكل ومعرفة تركيب سبيكة الحديد وعناصر التآكل، ومن ذلك اتضح ان السبيكة الحديدية للسلاح المنجل من سبيكة (الصلب منخفض الكربون والمنجنيز) وظهرت عليها عناصر التآكل من الكلور والكبريت والاكسجين، وتم فحص سطح الحديد باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي لمعرفة أطوار السبيكة الحديدية التي كانت من (سبيكة الصلب منخفض الكربون) حيث أظهرت سطح الحبيبات وتباين حجم الحبيبات المعدنية وظاهرة التوأمية والتآكل بين الحبيبي نتيجة لتشكيله علي البارد، وتم علاج وترميم المنجل الاثري بفك السلاح المعدني عن المقبض الخشبي والتنظيف الميكانيكي للنصل وكذلك للمقبض والتنظيف الكيميائي باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم NaOH ٥% للحديد وتنظيف المقبض بالكحول الايثيلي وحمض الاكساليك ٢:١، وغسل وتجفيف الحديد بالماء والكحول الايثيلي ثم عزل الحديد بمحلول البيرمالاك وفي النهاية تمت اعادة تثبيت السلاح الحديدي بالمقبض باستخدام مسامير صلب غير قابل للصدأ.

الكلمات المفتاحية: منجل - تآكل - تمعدن - ترميم.

### Abstract:

The research deals with the treatment of restoring an antique sickle from the Roman era located in the Agricultural Museum in Cairo. This research aims to

examine, analyze, and restore an antique sickle with an iron weapon and a wooden handle and to understand the mechanism of corrosion resulting from the process of burying the sickle and the mechanism of damage resulting from the contact of the iron weapon with the wooden handle. The study was carried out by documenting photographs of the sickle, examining and analyzing samples of the iron weapon of the sickle and samples of the wood of the sickle using a mobile phone microscope to study the surface of the sample and the shape of the corrosion layer and the surface of the wood, and analysis using X-ray diffraction (XRD) to identify the corrosion compounds that showed iron oxides, iron chlorides, iron sulfate and silicon dioxide on the surface Iron, iron oxides, iron silicates, and silicon dioxide on the surface of wood, as well as analysis using a scanning electron microscope equipped with an Carbon and manganese) and corrosion elements such as chlorine, sulfur, and oxygen appeared on it. The surface of the iron was examined using a metallographic microscope to determine the phases of the iron alloy, which was made of (low-carbon steel alloy). It showed flattening of the grains, variation in the size of the metal grains, the phenomenon of twinning, and intergranular corrosion because of its cold forming. The antique sickle was treated and restored by dismantling the metal weapon from the wooden handle, mechanical cleaning of the blade as well as the handle, chemical cleaning using a 5% NaOH solution for the iron, cleaning the handle with ethyl alcohol and oxalic acid 1:2, washing and drying the iron with water and ethyl alcohol, then isolating the iron with a permalac solution, and finally it was restored. Fix the iron weapon to the handle using stainless steel screws.

**Key words: Antique scythe. Roman era.restoration**

#### ١ - المقدمة:

اعتمدت حياة الاستقرار وقيام الحضارة لدى المصري القديم على استفادته من النيل والأراضي الخصبة في الزراعة التي تمثل عصب الحياة في مصر القديمة لذلك عمل على الاهتمام بأدوات الزراعة والرعي التي صنعها من الحجارة منذ العصر الحجري الحديث ثم بدأ استخدام المعادن مثل النحاس وسبيكة البرونز والحديد، حيث استخدم لكل مرحلة من مراحل الزراعة أدوات بسيطة مخصصة مثل الفأس في تسوية وتفكيك الأرض والمحراث لحرث الأرض لتهيئتها لبذر البذور والشادوف لرفع الماء للأراضي العالية وتم استخدام المنجل أو الشرشرة الذي يمكننا

## توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني

وصفه بأنه أداة لها شفرة شبه دائرية ونصلها معكوف تستخدم في جني المحصول منذ عصور ما قبل التاريخ وما زالت تستخدم حتى الآن (Elsharnouby-2014).

وقد عرف المصري القديم التعدين واستخلاص المعادن كالنحاس والحديد من خاماتهم وطرق تشكيلهم مثل الصب بتقنية الشمع المفقود التي استخدمت في صناعة التماثيل ورؤوس الفأس، أما السكاكين والمناجل والمناشير فكانت تشكل بالطرق على البارد مع استخدام رمال الكوارتز في شحذ انصال المناجل واسنان المناشير (Fernández-2018)

بدأ استخدام الحديد منذ ٥٠٠٠ عام في مصر القديمة حيث كانت دلائل استخدامه في الأدوات الزراعية قليلة خلال الأسرات القديمة، ولكن زاد استخدامه خلال الدولة الحديثة حتى العصر البطلمي (٢١٣-٣٠ ق.م) وأصبح شائع الاستخدام في العديد من أدوات الزراعة مثل رؤوس الفأس واسلحة المناجل في العصر الروماني (٣٠ ق.م - ٦٤٠م) (Nasr-2021).

يعد المنجل من أوائل الأدوات التي صنعها المصري القديم وذلك لاحتياجه في جني المحصول الزراعي وقطع علف الحيوانات وكذلك قطع السيقان التي يستخدمها في عمل الحصير، بدأ المصري القديم في عصر ما قبل الأسرات (٤٠٠٠-٣١٠٠ ق.م) بصناعة المنجل من قطعة مستقيمة لجر الصوان المصقول ثم من الخشب وذلك بصناعة أخدود في الخشب يثبت به شفرات حجر الصوان بمواد راتنجية ولكن مع كثرة الاحتياج إلي أداة أكثر راحة بدأ في تثبيت الحجر المصقول بمقبض من الخشب وله ست أو سبعة اسنان للمساعدة في القطع وتثبيت قطع المنجل بالأوتاد الخشبية، واتخذ المنجل العديد من الأشكال كالمنحني والمسطح وشبه المستدير والمستقيم كالسكين، ويوجد برسوم المقابر المصرية مثل مقابر سقارة العديد من أشكال المناجل التي استخدمها المصري القديم، اما المناجل الحديدية ذات المقابض الخشبية فصنعت في بداية العصر المتأخر واستمرت حتى العصر الروماني. (Bagnall-2012).

كان للمنجل استخدام ديني وعقائدي عند المصري القديم كونه أحد أدوات الحصاد في حياة الفلاح المصري اليومية، لذلك كان المنجل احدي مقتنيات المقابر المصرية القديمة حيث اعتبر أحد أدوات الحصاد في العالم الآخر والذي تمنى المتوفي ان يمتلكها في العالم الآخر وهو ما سجل في كتاب الموتى في الفصل (١١٠) حيث تم تصوير المتوفي وزوجته وهما يحصدان بالمنجل لينعما بحصاد الحقول ويقدموا القرابين للشمس، وقد كان استخدام المنجل في الحصاد

## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

من طقوس الحصاد في عيد الاله (مين) حيث تم تصوير الملك يقطع المحصول بالمنجل ليقدمه لآلهة الخصوبة، وقد سجل الحصاد بالمنجل على جدران المقابر والمعابد المصرية مثل مقبرة (مرروكا) ومقبرة (تي ورخمي رع ونخت وباحري بالكاب). (Dassow-2008).

وأشهر المناجل بالمقابر المصرية مناجل مثبت بها شفرات من حجر الصوان وكذلك المنجل الخشبي المطعم بالذهب والنحاس وله أسنان من الزجاج الخاص بالملك (توت عنخ أمون)، وهناك منجل بسلاح من الحديد يبلغ طوله ٢٧سم تحت أحد تماثيل أبو الهول للملك (حور محب) في المسافة بين معبد موت ومعبد الكرنك وهو يمثل بداية استخدام الحديد في صناعة المناجل ومحفوظ بالمتحف البريطاني ومعه منجلين آخرين من الحديد يبلغ طول 13.80سم و11.80سم ومنجل آخر صغير الحجم بدون مقبض ربما كان يركب له مقبض خشبي والأخير أرخ من الاسرة السادسة والعشرون (عبد العال - ٢٠٢٣).

### ٢- عملية ترميم المنجل الاثري:

#### مدخل أثري:

منجل أثري من العصر الروماني متواجد بالمتحف الزراعي بالقاهرة تحت رقم ٢٤٣٠ عبارة عن سلاح معدني من الحديد يأخذ شكل هلال يبلغ طوله ٢٠سم وعرض السلاح يتفاوت من ١: ٢,٥سم ومقبض خشبي مستقيم يبلغ طوله ١٤ سم يسهل المساك به ويتم ادخال السلاح المعدني بالمقبض الخشبي باستخدام البرشام عن طريق حلقة معدنية.

### توثيق المنجل الأثري:



شكل رقم (١) المنجل الاثري

## توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني



شكل رقم (٢) يوضح مركبات التأكل على سلاح المنجل الحديدي والمقبض الخشبي.

### الفحص والتحليل:

- اجرينا فحص سطح الحديد والخشب للمنجل باستخدام ميكروسكوب الهاتف الخليوي باستخدام إشعاع إضاءة "ميكروسكوب الهاتف الخليوي 60x مع هاتف خلوي ماركة OPPO 16.
- اجرينا فحص وتحليل عينات الحديد الاثرية باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح المجهز بوحدة تشتيت الأشعة السينية ED-X ماركة (-JSM Model Quanta IT200 + ED-X Unit with accelerating Voltage 30 K.V. magnification 14x up to 100000 & resolution for Gun.in) بتكبير (500x).
- اجرينا تحليل عينات الحديد والخشب للمنجل بجهاز التحليل بحيود الأشعة السينية X-Ray Diffraction مع استخدام أنبوية المهبط من النحاس Tube Anode of Copper وتيار شدته (٤٠) كيلو / فولت وقوته (٥٥) مم/ أمبير وطول موجي ١,٥٤,١٨ / Å أنجستروم وزاوية بدء  $2\theta = ٤$ .
- اجرينا باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي فحص سطح الحديد الاثري وتحديد شكل وحجم البلورات والحببيات المعدنية التي توضح ما تعرض له المعدن من عمليات التشكيل ، ثم إعداد العينة الحديدية للفحص بوضعها في قالب من الأرائديت بحيث يكون سطح العينة في أعلى القالب مما يسهل إعداد السطح للفحص حيث يتم صقل السطح أولاً جيداً لإزالة ما يعلوه من نواتج تآكل حتى يتم الكشف عن سطح السبيكة وذلك باستخدام درجات مختلفة من ورق السنفرة وعجلات الصقل المغطاة بالصوف والتي تدور بشكل افقي ويوضع عليها سطح المعدن رأسياً مما يُسهل عملية الصقل ثم شطف المعدن بالماء وتجفيفه بالكحول لإزالة آثار الماء وأخيراً جففناه بالهواء الساخن يلي ذلك استخدام التآكل التفاضلي باستخدام حمض نيتريك 10% ومن ذلك تكون العينة جاهزة للفحص .

## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

### تنظيف الحديد للمنجل الاثري

فك المنجل الاثري تم فك سلاح المنجل الحديدي عن المقبض الخشبي بنزع البرشام (الحلقة المعدنية) التي تثبت السلاح بالمقبض.



شكل رقم (٣) يوضح فك السلاح الحديدي عن المقبض.

**التنظيف الميكانيكي:** باستخدام الفرش الخشنة والابرة والمشارط لإزالة تراكبات الصدأ من على سطح الحديد الاثري وتنظيف المقبض الخشبي. (Deck-٢٠١٦)



شكل رقم (٤) يوضح التنظيف الميكانيكي بالمشروط لإزالة تكدسات الصدأ عن المنجل.

**التنظيف الكيميائي:** باستخدام الغمر في محلول هيدروكسيد الصوديوم (NaOH) ٥% للتخلص من مركبات التآكل من على سطح الحديد. (Selwyn-2005)

تنظيف المقبض الخشبي باستخدام مخلوط من الماء المقطر والكحول الايثيلي - (Giachi - 2017)، وتنظيف أثر الحديد باستخدام محلول من حمض الاكساليك ١: ٢ في الماء المقطر

الساخن. (Williams-2002)

## توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني



شكل رقم (٥) يوضح التنظيف الكيميائي لسلاح الحديدي محلول هيدروكسيد الصوديوم ٥%، ومحلول حمض الاكساليك لتنظيف المقبض الخشبي.

**الغسيل والتجفيف:** الغسيل بالماء عدة مرات للتخلص من أثر المواد الكيميائية المستخدمة في التنظيف ثم التجفيف باستخدام الكحول الايثيلي. (Neff-2005)

**العزل:** عزل السلاح المعدني باستخدام البيرمالاك (Permalac (N-Butyl acetate-14.0) اسيئات البيوتيل وهو عبارة عن طلاء شفاف لامع وقابل للجفاف في الهواء باستخدام كمادة عزل للحديد الزهر وهو يوفر مقاومة جيدة للتآكل والاشعة فوق البنفسجية وقد تم طلاؤه عدة مرات. (Rifa-2015)



شكل رقم (٦) سلاح المنجل بعد التنظيف والعزل.

إعادة تثبيت السلاح الحديدي بالمقبض الخشبي باستخدام مسامير صلب غير قابلة للصدأ.



شكل رقم (٧) يوضح المنجل بعد الترميم

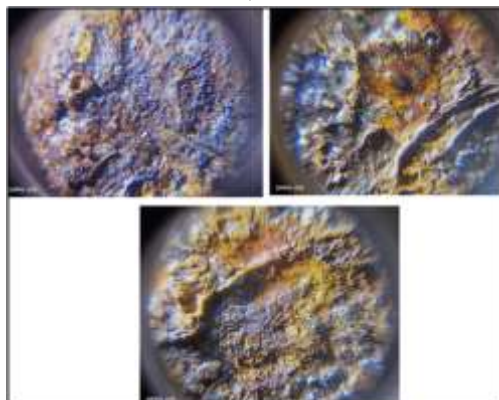


## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

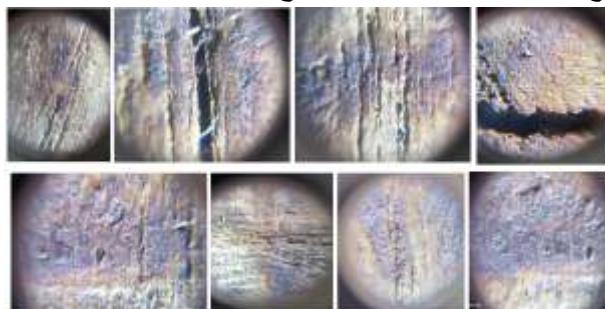
٤- مناقشة النتائج:

٤-١ نتائج الفحص والتحليل للمنجل الاثري:

٤-١-١- الفحص بميكروسكوب الهاتف الخلوي



شكل رقم (٨) يوضح شكل مركبات التآكل على السلاح الحديد للمنجل بالميكروسكوب الهاتف الخلوي



شكل رقم (٩) يوضح بقع الصدأ على المقبض الخشبي للمنجل

بالميكروسكوب الهاتف الخلوي

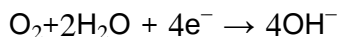
بالميكروسكوب الهاتف الخلوي أوضح الفحص بميكروسكوب الهاتف الخلوي تراكم مركبات التآكل على سطح الحديد الاثري وعدم تجانس طبقات التآكل وتواجد مركبات التآكل باللون البني والأصفر مع تواجد للبثرات البيضاء، وتواجد بقع من صدأ الحديد علي المقبض الخشبي الذي يعاني من التشقق والجفاف.

٤-١-٢- نتائج التحليل بحيود الأشعة السينية لعينة الحديد للمنجل الاثري



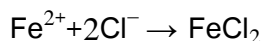
## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

اتضح من خلال التحليل بحيود الأشعة السينية لعينة المقبض الخشبي تواجد لمركبات صدأ الحديد علي سطح الخشب من  $Fe$  و  $Fe_2O_3$  و  $Fe_2SiO_4$  و  $FeO(OH)$  الناتج عن اتصال الخشب بالحديد وثاني أكسيد السيلكون  $SiO_2$  الناتج عن عملية الدفن. تتأثر المعادن في بيئة الدفن حيث يزداد معدل الصدأ طبقاً لدرجة حموضة التربة ومساميتها والأملاح الذائبة، والتي تعرف بالإلكتروليتات في وجود الرطوبة حيث يعتمد صدأ المعادن علي الخصائص الكهروكيميائية حيث المعادن المدفونة يكون لها سطح مسامي نسبياً وهي تحتفظ بآثار ملحية محبوسة بين الطبقات أو قشور ثابتة وعند تعرضها للرطوبة والأكسجين يزداد نشاط الصدأ مع حدوث حفر بالسطح يحدث نمو متزايد لصدأ السطح علي حساب لب المعدن حيث يحدث أكسدة للحديد في وجود الرطوبة العالية والأكسجين وذلك في المناطق المفتوحة فان الحديد يتعرض إلي دورات متتالية من الجفاف والرطوبة وبالتالي دورات متتالية من الأكسدة والاختزال، في الرطوبة يتأكسد الحديد إلي أكسيد الحديد ذو لون بني محمر. (Neff-2005)



عند تواجد أيونات الكلوريد داخل تربة الدفن فيحدث امتصاص لأيونات الكلور علي سطح الحديد تترسب علي السطح بتركيزات عالية، حيث يتم تكوين كلوريد الحديدوز ويسرع من التفاعلات المتلفة للحديد حيث يحدث تحلل مائي ويخلق بيئة حمضية علي سطح الحديد، حيث يتكون  $Fe(OH)_2$  والأكاجينيت Akaganéite والليبيدكروسييت .

(Reguer-2007) (Rémazeilles-2007)



عند تعرض الحديد الاثري للهواء عند الكشف يتكون عليها طبقة من الأوكسيد تأخذ صور متعددة وتبدأ في تكوين أكسيد الحديدوز  $FeO$  wustite في شكل طبقة متماسكة ويزيادة الأوكسجين يتحول هذا الأوكسيد إلي أكسيد الحديد المغناطيسي الماجنتيت  $Fe_3O_4$  Magnetite وهو طبقة تآكل ذات لون بني والذي يتحول إلي أكسيد الحديد الهيماتيت Hematite  $Fe_2O_3$  ويستمر التفاعل بين المعدن والبيئة المحيطة لينتشر طبقة التآكل علي

## توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني

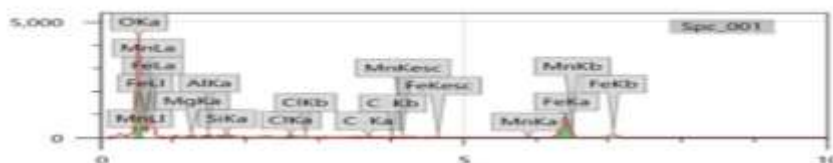
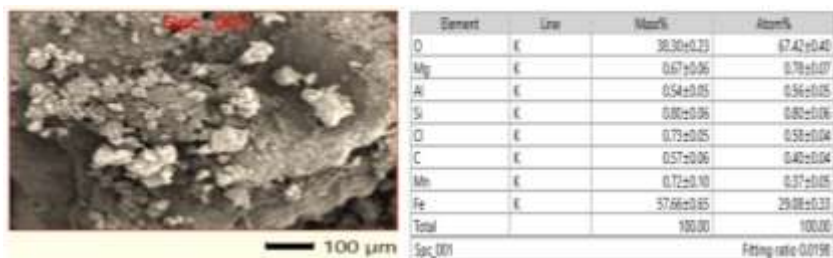
السطح، وفي الجو الرطب تتكون الأكاسيد القاعدية للليمونيت الأصفر المائل للبنى Limonite  $FeO(OH)$  والبييدوكروسايت ذو اللون البني  $FeO(OH)$  والحيوثيت ذو اللون البني الي البني المحمر (Antunes-2003). Goethite  $FeO(OH)$  يحدث تآكل للحديد في وجود ثاني أكسيد الكبريت من الهواء الذي يتحول إلي حامض الكبريتيك  $(H_2SO_4)$  في وجود رطوبة نسبية عالية حيث يتفاعل مع الحديد ليكون كبريتات الحديد  $FeSO_4$  متبوعة بالتحول إلى  $Fe(OH)_2$  وأخيرًا الأوكسدة في الهواء إلى  $Fe(OH)_3$  أثناء فترة التجفيف، ويؤدي فقدان المزيد من الماء إلى تكوين هيدروكسيد الحديد  $FeOOH$  المتمثل في الجيوثيت ( $\alpha-FeOOH$ ) والليبيدوكروسيت ( $\gamma-FeOOH$ ) وقد تستغرق العملية عدة أيام . (Grousset-2016) وتواجد Iron Sulfate Hydrate  $(Fe_2(SO_4)H_2O)$  مع زيادة الرطوبة في الجو تظهر علي سطح القطع الحديدية نواتج تآكل بيضاء او مائلة للبياض وتكون مغطاه بطبقات من التآكل بحيث تكون غير ظاهرة ولكن تظهر في صورة بثرات بيضاء ورواسب فاتحة اللون من كبريتات الحديدوز المائية Iron Sulfate Hydrate  $(Fe_2(SO_4)H_2O)$  وذلك لأنه يقوم اكسيد الحديد القاعدي بدور القطب السالب بالنسبة للمعدن ويختزل الأوكسجين إلي أيونات قاعدية سالبة ويتحول المعدن الي ايونات حديدوز موجبة، وتتجه الايونات السالبة الي القطب الموجب حيث تكون اكسيد الحديد القاعدي  $FeO(OH)_2$  وأيونات الكبريتات السالبة الناتجة عن أكسدة الكبريت في الجو فتتجه إلي الحديد وتكون كبريتات الحديدوز المائية ذات اللون الفاتح. (Pecoraro-2022) (Fors -2012) إن الاتصال بين الحديد والخشب في بيئة رطبة يمكن أن يسرع من عملية صدا المعدن حيث إن البنية المورفولوجية لألياف الأخشاب تساعد على الاحتفاظ بالماء عن طريق الادمصاص الفيزيائي، كما تؤثر الأخشاب على تلف وتآكل الحديد حيث تنتج الأخشاب أحماض كربوكسيلية أهمها حمض الفورميك وحمض الاسيتيك التي تزيد في وجود الرطوبة العالية حيث يتحول إلى الفورمالدهيد إلى حمض الفورميك وتسبب هذه الأحماض تآكل الحديد. (Alaa-2020) يحدث التلف أيضا لألياف الخشب بسبب الحديد حيث يتمثل التلف في حدوث عملية تمعدن كلي أو جزئي للألياف الخشب حيث يعرف التمعدن باستبدال الأشكال الفيزيائية للألياف

## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

العضوية بالأيونات المعدنية بحيث يكون استبدال الشكل الخارجي لسطح الأثر لوحظ ذلك بشكل رئيسي مع الاثار العضوية المتواجدة مع مشغولات الحديد.(Almkvist-2006) تتعرض المشغولات الحديدية للتآكل في وجود الماء والبيئة الحمضية حيث يتأكسد الحديد إلي أكسيد الحديدك تذوب ايونات الحديد في الرطوبة وتنتقل بحرية في المحلول. تتحرك ايونات الحديد بحرية علي السطح بجوار ألياف الخشب؛ وأيضا تتحرك داخل بنية الألياف؛ يرجع إلي شبكات المسام التي تحتوي علي الماء فتتكثف ايونات الحديد في سطوح المسام وتصبح قادرة علي الحركة التي تكون بعض الروابط القصيرة أو المعقدة مع السيليلوز ويكون مواقع التفاعل في السيليلوز C2,C3,C6، وبالتالي يحدث التلف أولا في المناطق الغير متبلورة لان هذه المناطق سهلة الوصول إليها فتكون مشربة في محلول الصدا.(Abo Elgat-2021) تتجمع ايونات الحديد علي سطح الخشب كقشور وداخل بنية الياف الخشب؛ حيث تكون ايونات الحديد روابط معقدة مع جزيئات السيليلوز فيحدث فصل وتكسير للسيليلوز وبالتالي وجود الشقوق الدقيقة التي تسمح لتشرب لأيونات الصدا فتظهر المناطق الصداة المتآكلة والحبيبات المتكتلة على أسطح ألياف الخشب والتي تتسبب في حدوث ظاهرة التجميع غير المتجانس على سطح الألياف خلال هجرة ايونات الحديد داخل بنية الياف الخشب.(Zelinka -2005) استمرار تشريب بنية الياف الخشب بأيونات الحديد ويتزامن تلف الياف الخشب يمكن أن تصل إلى النقطة التي يستبدل المكونات العضوية جزيئا (تمعدن جزئي أو كلي للألياف) وتكون النتيجة شكل زائف للخشب حيث وجدت قشرة الحديد داخل علي سطح ألياف الخشب وداخل الألياف تحتفظ بالشكل المعدني الطبيعي هذه القشور السطحية بمثابة الطلاء على سطح الألياف ايونات الحديد داخل بنية الألياف التي تصل إلى تركيز عالي ويمكن أن تكون بمثابة عامل محفز لتدهور الألياف التي تتحلل المواد العضوية تماما مع مرور الوقت مع تتكون معادن الحديد في مكانها.(Botti.L-2005)(Zaccaron-2019).

٤-٢-٣- نتائج التحليل باستخدام الميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة تشتيت الأشعة السينية (EDX) لعينة حديد المنجل الاثري

## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

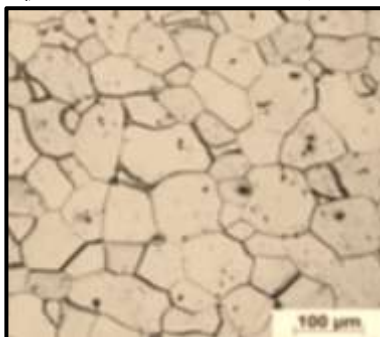


شكل رقم (١٢) يوضح تحليل عينة حديد المنجل الأثري باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح حيث اظهر تواجد عناصر سبيكة الحديد المطاوع الصلب منخفض الكربون (الحديد والكربون والمنجنيز) وتواجد لعناصر مركبات التآكل (الأكسجين والكلور والصوديوم والكبريت والكالسيوم)

اتضح من خلال التحليل بـEDX لعينة الحديد من المنجل الأثري تواجد الحديد  $Fe$  ٥٧,٤٦% والكربون  $C$  ٠,٥٧% والمنجنيز  $Mn$  0.72% والسيلكون  $Si$  0.80% عناصر التآكل من الأكسجين  $O$  ٣٨,٣٠% والكلور  $Cl$  ٠,٧٣% ، حيث تتكون السبيكة المشكل منها سلاح المنجل الحديدي من سبيكة الصلب منخفض الكربون (الحديد المطاوع) وتتميز هذه السبيكة باحتوائها على نسبة كربون ومنجنيز منخفضة حيث يتراوح محتوى الكربون ٠,٠٨ : ٠,٢% وتواجد للمنجنيز والسيلكون ويتم صهر خام الحديد في أفران بسيطة والسبيكة المتكونة من هذا التفاعل تكون لها خواص ميكانيكية جيدة ويتميز بمتانتته و سهولة تشكيله وتشغيله خاصة على البارد ولكنه لا يتمتع بصلادة عالية إلا أنه من الممكن زيادة صلادته السطحية بطرق التصليد السطحي مثل عملية الكرينة هي أقدم وسيلة لإنتاج سطح مقسى من الصلب وذلك لتخفيض التآكل الاحتكاكي للمشغولة عن طريق وضع المواد الكربونية فوق سطح المشغولة وفي درجة حرارة معينة يتحد الصلب مع نسبة الكربون ويخترق سطح المعدن ليكون مزيج متجمد مع الحديد ويتكون سطح غني بالكربون وباستمرار العملية ينفذ الكربون إلى داخل الجزء الجار

كربنته ويعتمد عمق السطح المقسى على طول الفترة الزمنية والحرارة المستخدمة - Jia (2022)

٤-٢-٤- نتائج الفحص باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي



شكل رقم (١٣) يظهر الفحص باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي تسطح الحبيبات

وتباين حجم الحبيبات المعدنية وظاهرة التوأمية والتآكل بين الحبيبي

انضح من خلال الفحص بالميكروسكوب الميتالوجرافي ان حديد المنجل الاثري مكون من سبيكة الحديد المطاوع الصلب المنخفض الكربون Low Carbon Steel في طور الفريت والبيرليت وتباين شكل الحبيبات المعدنية وكبر وتفلطح حجم الحبيبات مع وجود التآكل بين الحبيبي والتوأمية والتي تنتج عن تشوه عند تعرض المعدن لقوة ضغط وشد فينتج عنه تحرك الذرات عن مكانها الاصيل بطول خطوط البلورة وذلك نتيجة لحدوث عيوب ميكانيكية ومن خلال عمليات التصنيع.( Blakelock-2007).

والتآكل البين حبيبي هو شكل من أشكال التآكل غير متجانس أو الموضعي ويتواجد على حدود الحبيبة أو البلورة Intercrystalline Corrosion ويحدث ذلك عندما تكون منطقة حدود الحبيبات أكثر نشاطاً من مناطق الحبيبات نفسها تصبح ذات جهد أكثر ايجابية عن وسط الحبيبة، ويبدو بصورة شائعة على سطح الحبيبة المعدنية ثم ينمو بسرعة للداخل ويسبب تلف في التركيب البنائي الداخلي للمعدن(Scott-1991).

فالتآكل الحبيبي يشير إلي استخدام تقنية (التشكيل علي البارد) الطرق في تشكيل المنجل حيث ينتج عن عملية الطرق تشوه في التركيب البلوري للمعدن وقبل الوصول إلي نقطة الهشاشة يلجأ الصانع إلي عملية التلدين أو التخمير (Annealing) وذلك بتسخين المعدن إلى درجة حرارة

## توثيق وترميم منجل أثرى من العصر الروماني

عالية ولكن دون درجة الانصهار بغرض إزالة إجهادات التشكيل لإجراء مزيد من العمل عليها وبهذا تستعيد السبيكة المعدنية مرونتها مما يسهل قابليتها للتشكيل مرة أخرى إلى حالة قابلية التشكيل وتكون قيمة درجة حرارة التخمير حسب نوعية السبيكة المعدنية ويتم تبريد السبيكة المعدنية ببطء بهدف التطرية أو التلدين وتكون درجة حرارة التخمير مع سبائك الحديد بين درجتي  $900^{\circ}\text{C}$ :  $800^{\circ}\text{C}$  حتى يمكن طرقه (Swiss-2003).

وتبين من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي (ميكروسكوب الفلزات) وجود اطوار حبيبات الفريت Ferrite الفاتحة (المحلول الصلب لالفا الحديد ويحتوي علي كمية صغيرة من الكربون الذائب حوالي 0.008 عند درجة حرارة الغرفة ويحتوي علي كربون بنسبة 0.80%) وطور البيرليت Pearlite وهو خليط يحتوي علي صفائح سمنتيت Cementite وهو كربيد الحديد  $\text{Fe}_3\text{C}$  ، وتفلطح وكير حجم البلورات ووجود هشاشة بجانب التآكل البين حبيبي وظاهرة التوأمية والتي نتج عن الضغط الناتج من عمليات التصنيع للسبيكة وباستمرار زيادة قوة الشد يزداد انفعال الذرات وتسمى بحد المرونة ويحدث تزلزل (حركة مستوي ذري علي آخر) بحيث تنزلق طبقات من الذرات و مجموعات من الذرات فوق بعضها أو تتحرك مبتعدة عن بعضها أي يحدث تشوه لدن Plastic deformation وهذا التشوه يؤثر بقوه علي الخواص الميكانيكية الفيزيائية للسبيكة المعدنية ، وتغيير أبعاد الخلية ، ويجعل ذرات الفلز في حالة نشطة لمحاولة استرجاع مكانتها الأولي ويزيد من الطاقة المختزلة داخل الخلية ويعرض السبيكة لتآكل الأنفعال Strain Corrosion وينتج عن الأنفعال الذي يؤدي إلي التشوه اللدن أن تأخذ بعض المسطحات الذرية اتجاه خاص نتيجة للضغط والقوة الدافعة علي الخلية في اتجاه معين أثناء عمليات التشكيل من السحب والطرق والشد لذا ينتج تآكل الضغط Stress Corrosion عند تعرض السبيكة المعدنية إلي الضغط المشترك من الإجهاد الميكانيكي والوسط الآكل فيظهر تصدع وتشقق بالسبيكة المعدنية وتعرض معظم السبائك لهذا النوع من التآكل والإجهادات الذي تتسبب في هذه الشقوق نتيجة لتشكيله علي البارد وأثناء عملية اللحام والمعالجات الحرارية وبهذا يتضح إن التآكل في سلاح المنجل تآكل نشط ومستمر (GARCÍA-2018)



## توثيق وترميم منجل أثري من العصر الروماني

وعند تشكيل المعادن على البارد يتراكم العيوب على الحدود الحبيبية للمعدن من الضغط الميكانيكي مما يسبب في زيادة طاقة الذرات في تلك المناطق فتصبح قطباً موجباً بالنسبة للمناطق الأخرى في السبيكة المعدنية فتسرع من تآكل الفلز وبمساعدة الإجهادات يحدث شرخ صغير ينمو ويزداد مع استمرار التآكل يحدث هذا عند التعرض إلى تسخين وتبريد غير متجانس.

إن عملية التشكيل على البارد ينتج عنها إجهادات داخلية مخزونة في الفلز ويتم التخلص منها بعملية التخمير عند درجات حرارة منخفضة نسبياً لإعطاء الفلز أو السبيكة طاقة حرارية بحيث تتمكن ذراته من التحرك قليلاً إلى مواضع أكثر استقراراً في الشبكة البلورية ، وهذه الحركة البسيطة للذرات تقلل من الإجهادات الداخلية ويصاحب عملية التخمير تغير في شكل وحجم البلورات للفلز فتبدأ في إعادة ترتيب الذرات وإذا ارتفعت درجة حرارة المعدن فوق درجة إعادة التبلور فإن الحبيبات سوف تستمر بالنمو على حساب الحبيبات الصغيرة الأخرى حتى تصبح كبيرة الحجم وذلك لأن حدود الحبيبات تعتبر مناطق ذات طاقة حرارية عالية ولكي يخفض المعدن من طاقته الحرة يجب أن يخفي جزء من هذه الحدود بتقليل عدد من حبيباته في الوقت الذي يزيد حجمها (Scott-2009) .

وتؤثر مركبات التآكل على هشاشة التركيب البنائي البلوري للسبيكة المعدنية في صورة شقوق وكسور وتفتت والتي تسهم في تكون القشور غير المستقرة طبقا لمركبات التآكل سواء كانت متجانسة او غير متجانسة (Mamani-2017) .

## ٥-الخلاصة:

ما تمثله الزراعة من أهمية لدى المصري القديم فذلك فقد صنع العديد من الأدوات في عصر ما قبل التاريخ التي تساعده منها المنجل الذي بدأ صناعته من حجر الصوان ثم من الخشب المثبت به قطع من الصوان ثم صنع له مقبض ليسهل امساكه ثم استخدم المعادن (النحاس والبرونز والحديد) في صناعة سلاح المنجل، واستخدام الحديد في عمل أسلحة المناجل منذ بداية العصر المتأخر وكثر في العصر الروماني.

من خلال الدراسة تم ترميم المنجل الأثري كانت السبيكة المصنوع منها سلاح المنجل من الصلب منخفض الكربون وتم تشكيل السلاح بالطرق على البارد والتخمير والتليدين التي نتج عنها تفلطح في الحبيبات وتباين حجم الحبيبات وظهور التوأمية والتآكل الحبيبي التي يتواجد عليها مركبات التآكل من كلوريدات وكبريتات الحديد وثاني أكسيد السيلكون الناتج عن الدفن في التربة، أما المقبض الخشبي يتواجد عليه مركبات تآكل الحديد منتشره داخل ألياف الخشب مثل اكاسيد الحديد وسيليكات الحديد.

مرت عملية الترميم للمنجل بفك السلاح عن المقبض ثم التنظيف الميكانيكي بالفرش والمشارط والتنظيف الكيميائي للسلاح الحديدي باستخدام محلول هيدروكسيد الصوديوم ٥% ومحلول من حمض الاكساليك لتنظيف بقع الصدأ من المقبض الخشبي ثم عزل السلاح الحديدي بمحلول البيرمالاك ثم إعادة تثبيت السلاح المعدني بالمقبض بالخشبي بمسامير صدأ غير قابل للصدأ.

**المراجع:**

- 1-Deck.C., (2016) "The Care and Preservation of Historical Iron" Benson Ford Research Center, pp1-17.
- 2-Selwyn. L. S., Argyropoulos. V., (2005)" Removal of chloride and iron ions from archaeological wrought iron with sodium hydroxide and ethylenediamine solutions" Studies in Conservation, Vol 50, PP81-100.
- 3-Neff. D., Dillmann, P., Bellot-Gurlet. L., and Beranger. G., (2005) "Corrosion of iron archaeological Artefacts in soil - characterization of the corrosion system" Corrosion Science, Vol.47, pp. 515-535.
- 4 -Rifai.M.M., Zeinab AbdelHamid.Z., et al., (2015),” Evaluation of New Coating for The Protection of Ornamental Cast Iron Work Exposed in Uncontrolled Environment, International Journal of Conservation Science, Vol 6, Issue 4, pp 611-624
- 5 -Botti.L , Mantovani.O., Ruggiero.D., 2005”Calcium Phytate in the Treatment of Corrosion Caused by Iron Gall Inks: Effects on Paper, International Journal for the Preservation of Library and Archival Material,PP22.
- 6- Zaccaron.S., A. Potthast.A.,2019,” The disastrous copper. Comparing extraction and chelation treatments to face the threat of copper-containing inks on cellulose.”, Carbohydrate Polymers,PP67.
- 7-Williams, R.S, Knaebe, M., (2002) "Iron Stain on Wood", Forest Products Laboratory, USDA,Forest Service, U.S., Department of Agriculture, Madison, Wisconsin,PP 1-20.
- 8- Zelinka, S.L; Rammer, D.R., (2005) "Review of Test Methods Used to Determine the corrosion Rate of Metals in Contact with Treated Wood", General technical Report, FPL- GTR-156, Department of Agriculture, Forest Service,Forest Products Laboratory,Madison, Wisconsin, p 15.
- 9-Abo Elgat.W., Ayman S. Taha.A., et al., (2021`)" The Effects of Iron Rust on the Ageing of Woods and TheirDerived Pulp Paper”,Polymers, vol 13,pp1-21.
- 10-Almkvist, G. and Persson, I. (2006) “Extraction of iron compounds from wood from the Vasa” Holzforschung, vol, 60(6), pp678–684.
- 11- Pecoraro.E., Pelé-Meziani.Ch., Macchioni.N., et al (2022)“The removal of iron from waterlogged archaeological wood: efficacy and effects on the room temperature wood properties” Wood Material Science & Engineering, pp1-20.
- 12-Rémazeilles, C. and Refait, P. (2007) On the formation of  $\beta$ -FeOOH (akaganéite) in chloride-containing environments. Corrosion Science, Vol 49(2), pp 844–857.
- 13-Giachi, G., Capretti, C., Lazzeri, S., et al (2017) Identification of wood from Roman ships found in the docking site of Pisa, Italy. Journal of Cultural Heritage, 23, 176–184.
- 14-Fors, Y., Jalilehv . F., Damian Risberg, E., et al (2012) Sulfur and iron analyses of marine archaeological wood in shipwrecks from the Baltic sea and Scandinavian waters. Journal of Archaeological Science, vol 39(7), 2521–2532.
- 15-Blakelock, E., and McDonnell, G.,( 2007), "A review of metallographic analyses of Early Medieval knives", Historical Metallurgy, vol 41, pp40–56.

- 16-Scott. D.A., (1991) "Metallography an Microstructure of Ancient and Historic Metals" The J. Paul Getty Trust,pp.79:81.
- 17-Scott. D.A, Eggert. G.,(2009) Iron and steel in art: corrosion, colorants, conservation. London: Archetype Books .
- 18-Swiss, A. J., and McDonnell, G., (2003) Evidence and interpretation of cold working in ferritic iron, in Archaeometallurgy in Europe: proceedings of the international conference, vol. 1, 20917, Associazione Italiana di Metallurgia, Milano.
- 19-GARCÍA.D.L., CASTILLO.J.A.Q., (2018)" The Metallography of Medieval Agricultural and Quotidian Iron Utensils form The Rural Settlement of Zaballa (Basque country)" Archaeometry, vol, 60, 6 PP 1306–1323.
- 20-Reguer S, Dillmann Ph, Mirambet F., (2007)" Buried iron archaeological artifacts: corrosion mechanisms related to the presence of Cl-containing phases. Corr Sci. vol,49pp2726–2744.
- 21-Antunes RA, Costa I, de Faria DLA. (2003) Characterization of corrosion products formed on steels in the first months of atmospheric exposure. Mater Res.Vol 6, pp403–408.
- 22-Grousset S, Bayle M, Dauzeres A, et al (2016)" Study of iron sulphides in long-term iron corrosion processes: characterizations of archaeological artifacts. Corro Sci.pp112:171.
- 23-Mamani EA, Landgrafa FJ, Azevedoa CR., (2017) Investigating the provenance of iron artifacts of the royal iron factory of São João de Ipanema by hierarchical cluster analysis of EDS microanalyses of slag inclusions. Mater Res.Vol 4, pp119–129.
- 24-Jia.M., Hu.P., Hu.G., (2022)" Corrosion Layers on Archaeological Cast Iron from Nanhai I" Materials, PP1- 15.
- 25-Bagnall.R.Sh., et al (2012)", The Encyclopedia of Ancient History “, Malden (USA); Oxford; Chichester: Wiley-Blackwell, PP 208-210.
- 26- Nasr.Y.A.Z., (2021)" Ritual of Cutting Grain in Theban Temples: An Overview of the Concept of the Divine and Royal Fertility" (JAAUTH), Vol. 20 No. 4, pp.189-230  
٢٧-دينا محسن عبد العال، (٢٠٢٣) "المنجل في مصر القديمة" مجلة مركز الدراسات البردية، كلية الآثار، جامعة عين شمس، مجلد ٤٠، ص ٤٥٩-٤٨٤.
- 28-Elsharnouby.R., (2014) "Linen in Ancient Egypt", JGUAA, no.15 PP1-22.
- 29-Alaa.S., Emam. A., Mohamed. G., et al (2020)" Using FTIR to Study the Chemical Degradation of Archaeological Wood in EL-Moez Street" International Journal of Multidisciplinary Studies in Architecture and Cultural Heritage, vol 3, no 2, PP.81 – 94.
- 30-Fernández.J.H.P., et al., (2018)"Reuse and Recycling in the Temple of Millions of Years of Thutmosis III", NEA 81.4 PP 234
- 31- Dassow.E.V., (2008) The Egyptian Book of the Dead: The Book of Going Forth by Day: The Complete Papyrus of Ani Featuring Integrated Text and Full-Color Images, (San Francisco: chronicle Books, PPI.34.