Cairo University
Faculty of Archaeology
Conservation Department

A STUDY OF NEW SUBSTANCES USED IN TREATMENT AND CONSERVATION OF AGRICALTURAL METTALIC OBJECTS WITH APPLICATION ON SOME SELECTED OBJECTS FROM ANCIENT EGYPT

A Thesis Submitted for the Fulfillment of the Degree of Philosophy in Conservation of Antiquities

By
Abeer Gharib Abd Alla Ibrahim
Associate Lecturer , Conservation Department
Faculty of Fine Arts, Minia University

Supervised by
Prof. Dr. FATMA MOHAMED HELMI
Pre - Head of Conservation Department ,
Professor of Study of Archaeological Materials
and their Conservation , Faculty of Archaeology,
Cairo University.

Prof. Dr. Randa Abdel- Karim
Professor of Metallurgy ,
Faculty of Engineering,
Cairo University

Dr. Maha Samir El- Kinawy
Assistant Professor,
Department of Egyptology,
Faculty of Archaeology,
Cairo University.

2009

جامعة القاهرة
كلية الآثار
قسم ترميم الآثار

دراسة علمية للمواد الحديثة المستخدمة في علاج وصيانة أدوات الزراعة المعدنية الأثرية تطبيقاً على بعض النماذج المختارة في مصر القديمة

رسالة دكتوراه

مقدمة من

عبير غريب عبد الله إبراهيم
مدرس مساعد بقسم ترميم الآثار بكلية الفنون الجميلة – جامعة المنيا

لنيل درجة الدكتوراه
في ترميم وصيانة الآثار

تحت إشراف

أ.د./ فاطمة محمد حلمي
أستاذ دراسة مواد الآثار وصيانتها
ورئيس قسم ترميم الآثار (السابق)
كلية الآثار – جامعة القاهرة

د./ مها سمير القناوي
أستاذ بقسم التعدين
كلية الآثار- جامعة القاهرة

أ.د./ راندا محمد عبد الكريم أستاذ مساعد بقسم الآثار المصرية
كلية الهندسة – جامعة القاهرة

٢٠٠٩

بسم الله الرحمن الرحيم

(لَقَدْ أَرْسَلْنَا رُسُلَنَا بِالْبَيِّنَاتِ وَأَنزَلْنَا مَعَهُمُ الْكِتَابَ وَالْمِيزَانَ لِيَقُومَ النَّاسُ بِالْقِسْطِ وَأَنزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنَافِعُ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَن يَنصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ)

صدق الله العظيم

الآية رقم (٢٥) سورة الحديد

شكر وتقدير

أتوجه بخالص الشكر والحمد لله عز وجل أن يسر لي وأعانني على إتمام هذا البحث وأفاض على من فضله وكرمه بالجهد والصبر والمثابرة ورزقني بكل من أعانني ويسر لي الدراسة والتحليل والتطبيق ليكتمل البحث في كل زواياه العلمية أو لعله كاد يقترب إلى الكمال وأسأل الله أن ينفع به ويجعل عملنا خالص لوجهه الكريم ويقبله منا إنه ولي ذلك وقادر عليه .

ويسعدني أن أتوجه بأرق كلمات الشكر والعرفان وأسمى معان الفضل والامتنان والتقدير لكل من :

الأستاذة الدكتورة / فاطمة محمد حلمي
أستاذ دراسة مواد الآثار وصيانتها ورئيس قسم ترميم وصيانة الآثار السابق بكلية الآثار جامعة القاهرة لما علمتني من مبادئ علم المعادن وأسلوب الدراسة والبحث العلمي وكيفية إعداد بحث خلال مراحل دراستي بالكلية ودراسة الماجستير وما بذلته معي خلال مراحل الدكتوراه من جهد وتحمل صادق ومساهمة بناءه وفكر مثمر وإرشادات وتوجيهات هادفة خلال مراحل البحث سواء العملية أو النظرية وحرصها على الوصول إلى أفضل النتائج العلمية فجزاها الله عني خير جزاء .

الأستاذة الدكتورة/ مها سمير القناوي
أستاذة الآثار المصرية بكلية الآثار جامعة القاهرة لما يسرته لي من سهولة ويسر في إعداد الجانب التاريخي الخاص بالبحث وأعانتني من تشجيع وإرشادات مثمرة ومراجع وتوجيهات ومتابعة صادقة فجزاها الله عني خير جزاء.

الأستاذة الدكتورة / راندا عبد الكريم
الأستاذة بقسم التعدين بكلية الهندسة جامعة القاهرة لما أعانتني وساعدتني على إتمام الدراسة والفحص للجانب التجريبي والتطبيقي ولما وفرته لي من العمل بالمعامل وإجراء الاختبارات والفحوصات بالميكروسكوب الإلكتروني الماسح و الميكروسكوب الميتالوجرافي وقياس الاستقطاب ومتابعة الجانب العملي وما قدمته سيادتها من مراجع ومتابعه ونصح وإرشاد خلال مراحل العمل فجزاها الله عني خير جزاء.

دكتور مهندس / محمد العقاد
المشرف العام على المتاحف والمعارض الزراعية بالقاهرة لما تفضل به من الموافقة على إجراء الجانب العملي التطبيقي على الأدوات الزراعية الأثرية المختارة وما يسره لي من فكره البناء ورؤيته الجيدة لإتمام هذا العمل بنجاح فجزاه الله عني خير جزاء

ولكل من الأساتذة الأفاضل
الأستاذ حسن خطاب /مدير عام المتحف الزراعي قسم الزراعة المصرية القديمة السابق ، الأستاذ ميشيل وصفي / مدير عام المتحف الزراعي قسم الآثار اليونانية الرومانية السابق ،الأستاذة نادية قطب / مديرة قاعة الفن العربي بالمتحف الزراعي السابق ولكل من أعانني بالمتحف الزراعي لما تحملوا معي من وقتهم ويسروا لي من إجراء عمليات العلاج والصيانة والترميم وحرصهم على نجاح العمل فلهم مني جميعا الشكر والعرفان والتقدير لصادق تعاونهم وجليل أعمالهم وألتمس العذر منهم إن أوجزت في شكرهم أو الثناء عليهم .

الأستاذ الدكتور / محمد عبد الهادي
أستاذ دراسة الآثار غير العضوية وصيانتها ورئيس قسم ترميم وصيانة الآثار السابق بكلية الآثار جامعة القاهرة لما تعلمت منه كثيرا خلال مراحل دراستي بالكلية وما قدمه لي من فكر مثمر وأراء سديدة خلال مناقشة رسالة الماجستير وتفضل سيادته بالموافقة على مناقشة رسالة الدكتوراه فله مني جزيل الشكر والعرفان .

الأستاذ الدكتور /حسني أحمد علي الدهان
الأستاذ بالمركز القومي للبحوث قسم الكيمياء الفيزيائية لموافقة سيادته على مناقشة البحث فله مني جزيل الشكر والثناء .
ولجميع زملائي لما أعانوني ويسروا لي من الحصول على بعض الخامات لإتمام الدراسة والبحث .
ولأسرتي الحبيبة لما تحملوا معي كثيرا وساعدوني ووفروا لي الوقت للمتابعة والبحث والدراسة فجزاهم الله عني خير جزاء .

عبير غريب عبدالله

فهرس الموضوعات

الموضوع رقم الصفحة

- إهداء
- شكر وتقدير
- فهرس الموضوعات -
- المقدمة أ
- الأعمال السابقة ج
- الهدف من البحث س

الفصل الأول: دراسة أثريه عن أدوات الزراعة المعدنية خلال العصور المصرية القديمة ١

١٠١الحياة الزراعية في مصر القديمة ١

١٠١٠١ بداية الحياة الزراعية قي مصر ١

٢٠١٠١– نهر النيل ٣

٣٠١٠١ الزراعة ضمن الأنشطة المقدسة ٤

٤٠١٠١ المحاصيل الزراعية في مصر ٦

١٠٤٠١٠١ الشعير ٧

٢٠٤٠١٠١ القمح ٩

٣٠٤٠١٠١ البسلة ٩

٤٠٤٠١٠١ لوبيا ٩

٥٠٤٠١٠١- الحمص٩

٦٠٤٠١٠١- العدس ١٠

٧٠٤٠١٠١- الزيتون ١٠

٨٠٤٠١٠١- القرطم ١٠

٩٠٤٠١٠١- البصل ١٠

١٠٠٤٠١٠١- الثوم ١١

الموضوع رقم الصفحة

١١٠٤٠١٠١ نبات البردي ١١

٥٠١٠١ الحدائق ١١

٦٠١٠١ طريقة زراعه الأرض وظهور الأدوات الزراعية ١٢

٢٠١- أدوات الزراعة المعدنية وتطور استخداماتها ٢٠

١٠٢٠١ ظهور النحاس في مصر وتطور استخدام أدوات الزراعة النحاسية ٢٠

٢٠٢٠١ ظهور الحديد في مصر و تطور استخدام أدوات الزراعة الحديدية ٢٣

٣٠١ أدوات الزراعة المعدنية المستخدمة في الحياة المصرية القديمة ٢٧

١٠٣٠١ الفأس ٢٨

٢٠٣٠١- المنجل ٣١

٣٠٣٠١ المحراث ٣٢

٤٠٣٠١ المجرفة ٣٥

٥٠٣٠١ النورج ٣٧

٦٠٣٠١ الزحافة و المضرب القمعي ٣٨

٧٠٣٠١ المذراة ٣٨

٨٠٣٠١ الغربال ٣٨

الفصل الثاني:خواص فلزات معادن وسبائك أدوات الزراعة المستخدمة في مصر القديمة وطرق استخلاصها ٤٠

١٠٢ معدن النحاس ٤٠

٢٠١٠٢د خواص معدن النحاس ٤٠
٢٠١٠٢ خامات النحاس ٤٣
٢٠٢٠١٠٢د الملاكيت ٤٣
٢٠٢٠١٠٢د الأزوريت ٤٤
٣٠٢٠١٠٢ الكريزوكولا ٤٤
٤٠٢٠١٠٢ الكوبريت ٤٤
٥٠٢٠١٠٢ كالكوسيت ٤٥
٦٠٢٠١٠٢ البورنيت ٤٥
الموضوع رقم الصفحة
٧٠٢٠١٠٢د كالكوبيريت ٤٥
٣٠١٠٢ استخلاص النحاس من خاماته ٤٥
٠٣٠١٠٢د إعداد الخام ٤٦
٢٠٣٠١٠٢د الصهر ٤٦
٤٠١٠٢ سبائك النحاس
٤٧
٠٤٠١٠٢د سبيكة البراس ٤٧
٢٠٤٠١٠٢د سبيكة البرونز ٥٢
٣٠٤٠١٠٢ سبيكة النحاس والرصاص ٥٥
٢٠٢ معدن الحديد ٥٧
٠٢٠٢د خواص معدن الحديد ٥٧
٢٠٢٠٢ خامات الحديد ٦٢
٠٢٠٢٠٢د الهيماتيت (الخام الأحمر) ٦٣
٢٠٢٠٢٠٢د الليمونيت ٦٣
٣٠٢٠٢٠٢ خام السيدريت ٦٣
٤٠٢٠٢٠٢ خام كربونات وأكسيد الحديد ٦٣
٥٠٢٠٢٠٢ خام الحديد الطفلي ٦٤
٦٠٢٠٢٠٢ الماجنتيت ٦٤
٧٠٢٠٢٠٢ الجوسان ٦٤
٣٠٢٠٢ استخلاص الحديد من خاماته٦٤
٠٣٠٢٠٢د إعداد الخام ٦٤
٢٠٣٠٢٠٢د الصهر ٦٥
٤٠٢٠٢ سبائك الحديد
٦٦
٠٤٠٢٠٢د سبيكة الحديد المطاوع ٦٧
٢٠٤٠٢٠٢د سبيكة الحديد الصلب ٦٨
٢٠٤٠٢٠٢د الحديد الزهر ٦٨
• الحديد الأبيض ٦٩
الموضوع رقم الصفحة
• الحديد الزهر الرمادي ٦٩
• الحديد الزهر المرن ٦٩
الفصل الثالث: دراسة عوامل ومظاهر تلف الآثار المعدنية ٧٠
٠٣د سلوك المعدن في البيئة المحيطة به ٧٢
٠١٠٣د تصرف الثبات (المناعة) ٧٢
٢٠١٠٣د التصرف النشط ٧٢
٣٠١٠٣ التصرف السلبي ٧٢
٢٠٣د أنواع خلايا الصدأ الإلكتروكيميائية ٧٣
٠٢٠٣د الخلايا ذات الأقطاب غير المتشابهه ٧٣
٢٠٢٠٣د خلايا فرق التركيز ٧٣
٣٠٢٠٣ خلية أيونات المعدن٧٣
٤٠٢٠٣ الخلية المختلفة التهوية ٧٤

٥٠٢٠٣ الخلية المختلفة حرارياً ٧٤
٣٠٣ أنواع صدأ الآثار المعدنية ٧٤
١٠٣٠٣ الشكل العام للصدأ٧٤
٢٠٣٠٣ الصدأ الموضعي ٧٥
٣٠٣٠٣ – صدأ الفجوة ٧٥
٤٠٣٠٣ صدأ النقر ٧٥
٥٠٣٠٣ الصدأ بين الحبيبي ٧٦
٦٠٣٠٣ التلف بالهيدروجين ٧٦
٧٠٣٠٣ صدأ النحر والتفتت ٧٧
٨٠٣٠٣ تآكل الشقوق ٧٧
٩٠٣٠٣ الصدأ الناتج عن الاحتكاك٧٧
١٠٠٣٠٣ الصدأ الجلفاني ٧٧
٤٠٣العوامل والظروف المسببة لصدأ الآثار المعدنية
٧٨
١٠٤٠٣ العوامل الداخلية لعملية صدأ الآثار المعدنية
٧٨
الموضوع رقم الصفحة
١٠١٠٤٠٣- الطاقة البدئية العالية للمعادن ٧٨
٢٠١٠٤٠٣ عيوب التركيب البلوري
٧٩
١٠٢٠١٠٤٠٣ العيوب الخلقية ٨٠
٢٠٢٠١٠٤٠٣ عيوب ناتجة خلال عمليات التصنيع ٨١
٣٠٢٠١٠٤٠٣ التزحلق ٨١
٤٠٢٠١٠٤٠٣ التوقيع الخاطئ ٨٣
٥٠٢٠١٠٤٠٣ التوأمية ٨٣
٣٠١٠٤٠٣ الشكل الطوري
٨٥
٤٠١٠٤٠٣ الخواص الكيميائية ٨٥
١٠٤٠١٠٤٠٣ التركيب الكيميائي للمعدن أو السبيكة ٨٥
٢٠٤٠١٠٤٠٣- القابلية الإلكترونية بين فلز المعدن واللافلزات المحيطة ٨٧
٥٠١٠٤٠٣ الخواص الكهربية ٨٧
٢٠٤٠٣ عوامل التلف الخارجية ٨٨
١٠٢٠٤٠٣ الوسط الجوي (الغازي) ٨٨
١٠١٠٢٠٤٠٣ الأكسجين ٩١
٢٠١٠٢٠٤٠٣ الأوزون ٩٣
٣٠١٠٢٠٤٠٣ ثاني أكسيد الكبريت ٩٣
٤٠١٠٢٠٤٠٣ أكاسيد النيتروجين ٩٥
٥٠١٠٢٠٤٠٣ الأيروزولات ٩٥
٢٠٢٠٤٠٣ الوسط السائل
٩٧
١٠٢٠٢٠٤٠٣ - درجة توصيل المحلول ٩٨
٢٠٢٠٢٠٤٠٣ نسبة الحموضة والقلوية في المحلول ٩٨
٣٠٢٠٢٠٤٠٣ قوة أكسدة المحلول ٩٨
٤٠٢٠٢٠٤٠٣ – التأين
٩٩
الموضوع رقم الصفحة
٥٠٢٠٢٠٤٠٣ الذوبانية ٩٩
٣٠٢٠٤٠٣ الوسط الصلب ١٠٢
١٠٣٠٢٠٤٠٣ تأثير التربة على أدوات الزراعة الأثرية المعدنية ١٠٢
٢٠٣٠٢٠٤٠٣ الخصائص الفيزيائية للتربة ١٠٣

٣٠٣٠٢٠٤٠٣ - الخصائص الكيميائية للتربة ١٠٤
٤٠٣٠٢٠٤٠٣ تأثير الكائنات الحية الدقيقة على عملية صدأ معادن أدوات الزراعة الآثرية في التربة ١٠٤
٤٠٢٠٤٠٣ انتقال الصدأ باتصال معادن أدوات الزراعة الآثرية بمواد غير معدنية
١٠٦
الفصل الرابع : دراسة طرق وصيانة الآثار المعدنية. ١٠٧
٤٠١ طرق دراسة وفحص الآثار المعدنية ١٠٧
١٠١٠٤طرق الفحص ١٠٧
٤٠١٠١٠٤ وصف حالة الأثر ١٠٧
٤٠١٠١٠٤ التصوير الفوتوغرافي ١٠٧
٤٠١٠١٠٤ التصوير بالأشعة السينية ١٠٧
٤٠١٠١٠٤ الفحص الميكروسكوبي ١٠٨
٤٠١٠٢ طرق التحليل ١٠٩
٤٠٢٠١٠٤ التحليل بتفلور الأشعة السينية ١٠٩
٤٠٢٠١٠٤ التحليل بحيود الأشعة السينية ١١٠
٤٠٢٠١٠٤ التحليل الطيفي ١١٠
٤٠٢٠١٠٤ التحليل بمجس الليزر ١١١
٤٠٢٠١٠٤ التحليل الضوئي المتوهج ١١١
٤٠٢٠١٠٤ التحليل الطيفي بكتلة البلازما
١١١
الموضوع رقم الصفحة
٤٠٢٠١٠٤ التحليل بالمجس الإلكتروني للأشعة السينية ١١١
٤٠٢ الطرق المستخدمة في علاج وصيانة الآثار المعدنية١١٤
٤٠٢٠١٠- صيانة الآثار المعدنية في موقع الحفائر ١١٤
٤٠٢٠١٠١٠- الآثار النحاسية ١١٤
٤٠٢٠١٠٢٠- الآثار الحديدية ١١٥
٤٠٢٠٢ التنظيف الميكانيكي ١١٦
٤٠٢٠٣ التنظيف بالموجات فوق الصوتية ١١٧
٤٠٢٠٤ التنظيف بالليزر ١١٧
٤٠٢٠٥ التنظيف الكيميائي ١١٨
٤٠٢٠٥٠٤ الآثار النحاسية ١١٨
٤٠٢٠٥٠١٠٤ التنظيف بالمحاليل الحامضية ١١٨
٤٠٢٠٥٠٢٠٤ التنظيف بالمحاليل القلوية ١١٩
- العلاج بمسحوق الزنك ١١٩
- العلاج بمحلول مائي من اسيتونيتريل ١٢٠
- العلاج بطريقة أكسيد الفضة ١٢٠
- محلول ملح روشيل ١٢١
- هيدروكسيد الصوديوم ١٢١
- سداسي ميتافوسفات الصوديوم ١٢١
٤٠٢٠٥٠٢٠٤ الآثار الحديدية ١٢٢
٤٠٢٠٥٠٢٠٤ الآثار الحديدية المدفونة في التربة ١٢٢
٤٠٢٠٥٠٢٠٤ إزالة الشموع باستخدام طريقة التنظيف بالبخار والسائل ١٢٢
٤٠٢٠٥٠٢٠٤ العلاج بالمحاليل الحامضية١٢٣
٤٠٢٠٥٠٢٠٤ التنظيف بالمحاليل القلوية ١٢٤
- كربونات الصوديوم ١٢٤
- هيدروكسيد الصوديوم ١٢٤
- سيسكوى كربونات الصوديوم ١٢٤
الموضوع رقم الصفحة
- استخدام محلول مكون من كبريتيت الصوديوم والصودا ١٢٥
- هيدروكسيد الليثيوم ١٢٥
- محلول الأمونيا ١٢٥

- استخدام محلول داى سيكلو هكسيل أمونيوم نيتريت ١٢٥
٥٠٢٠٥٠٢٠٤ العلاج بالأمينات ١٢٥
٦٠٢٠٥٠٢٠٤ علاج الآثار الحديدية المغمورة بالماء ١٢٦
٦٠٢٠٤ علاج الآثار النحاسية والحديدية بالاختزال ١٢٧
١٠٦٠٢٠٤ الاختزال الكهروكيميائي ١٢٧
٢٠٦٠٢٠٤ الاختزال بالتحليل الكهربي ١٢٧
٣٠٦٠٢٠٤ الاختزال الحراري ١٢٨
٤٠٦٠٢٠٤ الاختزال بالبلازما ١٢٩
٣٠٤ طرق حماية الآثار المعدنية من الصدأ ١٣٢
١٠٣٠٤ الطلاءات المستخدمة في الصيانة ١٣٢
١٠١٠٣٠٤ الآثار النحاسية ١٣٤
٢٠١٠٣٠٤ الآثار الحديدية ١٣٤
٢٠٣٠٤ الموانع المستخدمة في حماية الآثار المعدنية ١٣٥
١٠٢٠٣٠٤ الآثار النحاسية ١٣٦
٢٠٢٠٣٠٤ الآثار الحديدية ١٣٧
الفصل الخامس: دراسة خواص المواد الحديثة المستخدمة في علاج وصيانة الآثار المعدنية وأسباب تلفها ١٣٨
تعريف البوليمر ١٣٨
١٠٥ البوليمرات المستخدمة في صيانة المعادن ١٤٣
*البوليمرات المستخدمة في صيانة النحاس وسبائكه ١٤٣
*البوليمرات المستخدمة في صيانة معدن الحديد وسبائكة ١٤٤
١٠١٠٥ - البولي إيثلين وشمع البرافين ١٤٤
٢٠١٠٥- راتنجات الإيبوكسي ١٤٥
١٠٢٠١٠٥ - إيبوكسي بولي أميد ١٤٦
الموضوع رقم الصفحة
٢٠٢٠١٠٥ - بولى كبريتيد ايبوكسي ١٤٧
٣٠١٠٥- راتنجات الأكريلك ١٤٧
٤٠١٠٥- بوليمرات السيليكون ١٤٩
١٠٤٠١٠٥- سوائل السيليكون ١٥٠
١٠٤٠١٠٥ - السيليكونات المرنة ١٥٠
١٠٤٠١٠٥- راتنجات السيليكون ١٥١
٥٠١٠٥- البنزوتريازول BTA وأمينومركابتوثياديازول AMT ١٥٢
٦٠١٠٥- مركابتوبنزوثيازول ١٥٤
٧٠١٠٥- أمينوبيريميدين ١٥٥
٨٠١٠٥- راتنجات البولي إستر ١٥٥
٩٠١٠٥- البولي يوريثان ١٥٦
١٠٠١٠٥- البولي فينيلين أكسيد ١٥٦
١١٠١٠٥- بوليمرات البولي إميد ١٥٦
١٢٠١٠٥- بولى ستيرين١٥٧
٢٠٥ الخواص الفيزيائية للبوليمرات ١٥٨
١٠٢٠٥ دراسة الشكل الظاهري للبوليمر ١٥٨
٢٠٢٠٥ التركيب البنائي الدقيق للبوليمر ١٥٨
٣٠٢٠٥ المناطق المتبلورة وغير المتبلورة في البوليمر ١٦٠
٤٠٢٠٥ درجة حرارة انتقال الزجاج والحالة الزجاجية ١٦٠
٥٠٢٠٥ درجة انصهار البوليمرات ١٦١
٦٠٢٠٥ التوصيل الكهربي ١٦١
٧٠٢٠٥ الصفات البصرية للبوليمرات ١٦١
١٠٧٠٢٠٥- البريق ١٦٢
٢٠٧٠٢٠٥- الشفافية ١٦٢
٣٠٥ الخواص الكيميائية للبوليمرات ١٦٢
١٠٣٠٥ الإذابة والإزالة ١٦٣

٢٠٣٠٥ متوسط كتلة الجزيء ١٦٣
٣٠٣٠٥ النفاذية ١٦٤
الموضوع رقم الصفحة
٤٠٥ الخواص الميكانيكية ١٦٤
١٠٤٠٥ الاحتكاك١٦٤
٢٠٤٠٥ الصلادة ١٦٥
٣٠٤٠٥ نقط المرونه ١٦٥
٥٠٥ أسباب تلف البوليمرات ١٦٦
١٠٥٠٥ أكسدة البوليمرات ١٦٦
٢٠٥٠٥ التلف الحراري ١٦٧
٣٠٥٠٥ التلف الضوئي ١٦٨
٤٠٥٠٥ الهجوم الكيميائي ١٦٨
٥٠٥٠٥ التلف الفيزيائي ١٦٩
٦٠٥٠٥ التلف الميكانيكي ١٦٩
٧٠٥٠٥ التآكل ١٧٠
٨٠٥٠٥ التفتت ١٧١
١٠٨٠٥٠٥ التفتت الفيزيائي ١٧١
٢٠٨٠٥٠٥ التفتت الكيميائي ١٧٢
٩٠٥٠٥ الهشاشية١٧٢
الفصل السادس : الدراسة التجريبية والتطبيق العملي لعلاج وصيانة أدوات الزراعة الأثرية المعدنية المختارة ١٧٥
١٠٦ دراسة أدوات الزراعة الأثرية المختارة ١٧٥
١٠١٠٦ الوصف الأثري ١٧٥
١٠١٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٦ ١٧٥
٢٠١٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٧ ١٧٥
٣٠١٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٨ ١٧٧
٤٠١٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٩ ١٧٧
٥٠١٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٤ ١٧٨
٦٠١٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٥ ١٧٨
٧٠١٠١٠٦ شرشرة رقم ٤٤٩٤ ١٧٨
الموضوع رقم الصفحة
٨٠١٠١٠٦ سلاح فأس رقم ٧٠٨ ١٧٩
٢٠١٠٦ مظاهر التلف ١٧٩
١٠٢٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٦ ١٧٩
٢٠٢٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٧ ١٧٩
٣٠٢٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٨ ١٩٢
٤٠٢٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٩ ١٩٢
٥٠٢٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٤ ١٩٢
٦٠٢٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٥ ٢٠٥
٧٠٢٠١٠٦ شرشرة رقم ٤٤٩٤ ٢٠٥
٨٠٢٠١٠٦ سلاح فأس رقم ٧٠٨ ٢٢٢
٣٠١٠٦ الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ٢٢٢
١٠٣٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٦ ٢٢٧
٢٠٣٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٧ ٢٢٧
٣٠٣٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٨ ٢٢٧
٤٠٣٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٩ ٢٣٢
٥٠٣٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٤ ٢٣٢
٦٠٣٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٥ ٢٣٩
٧٠٣٠١٠٦ شرشرة رقم ٤٤٩٤ ٢٣٩

٨٠٣٠١٠٦ سلاح الفأس رقم ٧٠٨ ٢٤٤
٤٠١٠٦- الفحص باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي ٢٤٤
١٠٤٠١٠٦- المنجل رقم ٢١٥٦ ٢٤٧
٢٠٤٠١٠٦- المنجل رقم ٢١٥٧ ٢٤٧
٣٠٤٠١٠٦- المنجل رقم ٢١٥٨ ٢٤٧
٤٠٤٠١٠٦- المنجل رقم ٢١٥٩ ٢٥١
٥٠٤٠١٠٦- المنجل رقم ٢٤٠٤ ٢٥١
٦٠٤٠١٠٦- المنجل رقم ٢٤٠٥ ٢٥١
٧٠٤٠١٠٦- شرشرة رقم ٤٤٩٤ ٢٥١
الموضوع رقم الصفحة
٨٠٤٠١٠٦- سلاح فأس رقم ٧٠٨ ٢٥١
٥٠١٠٦ التحليل باستخدام طريقة حيود الأشعة السينية ٢٥٧
١٠٥٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٦ ٢٥٧
٢٠٥٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٧ ٢٥٧
٣٠٥٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٨ ٢٦٠
٤٠٥٠١٠٦ المنجل رقم ٢١٥٩ ٢٦٠
٥٠٥٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٤ ٢٦٠
٦٠٥٠١٠٦ المنجل رقم ٢٤٠٥ ٢٦٤
٧٠٥٠١٠٦ شرشرة رقم ٤٤٩٤ ٢٦٤
٨٠٥٠١٠٦ سلاح الفأس رقم ٧٠٨ ٢٦٤
٢٠٦ الدراسة التجريبية ٢٦٧
- أكسيت٢٢٢ ٢٦٩
- أكسيت znp ٢٧٠
- أكسيت ٥٠ ٢٧٠
- البارالويد ب٧٢ ٢٧٠
- البيداكريل١٢٢ ٢٧٠
- ميثيل تراي إيثوكسي سيلان ٢٧١
- البنزوتريازول ٢٧١
- مونيمرسترين ٢٧١
- بولي سترين ٢٧١
١٠٢٠٦ الاختبارات ٢٧٢
١٠١٠٢٠٦ اختبار العمر للحرارة ٢٧٢
٢٠١٠٢٠٦ اختبار درجة الانكماش ٢٧٥
٣٠١٠٢٠٦ اختبار التقاط الأتربة ٢٧٥
٤٠١٠٢٠٦ اختبار درجة الالتصاق ٢٧٥
٥٠١٠٢٠٦ اختبار التقادم الصناعي ٢٧٨
٦٠١٠٢٠٦ اختبار تأثير البيئة ٢٧٨
٢٠٢٠٦ الدراسة التجريبية لعلاج وصيانة النماذج الحديدية المصنعة ٢٩٩
الموضوع رقم الصفحة
١٠٢٠٢٠٦ إعداد المناجل التجريبية للتلف ٣٠٠
٢٠٢٠٢٠٦ طرق دراسة وعلاج وصيانة المناجل الحديدية المصنعة ٣٠٣
١٠١٠٢٠٢٠٦ طرق الفحص ٣٠٣
- الفحص باستخدام الميكروسكوب الإلكتروني الماسح ٣٠٣
- الفحص باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي ٣٠٦
٢٠١٠٢٠٢٠٦ طرق التحليل ٣١١
- التحليل بحيود الأشعة السينية ٣١١
٣٠٢٠٢٠٦ الطرق التي اتبعت في علاج وصيانة المناجل التجريبية المصنعة ٣١٨
- طرق علاج وصيانة المنجلين التجريبين رقمي (١ ، ٢) ٣١٨
- طرق علاج وصيانة المنجل التجريبي رقم (٣) ٣٢٠
٣٠٦ الطرق المتبعة في علاج أدوات الزراعة المعدنية

٣٢٥
١.٣٠٦د الطرق المتبعة في علاج المناجل أرقام ٢١٥٦ ،٢١٥٧ ،٢١٥٨ ،٢١٥٩ من المتحف الزراعي بالقاهرة ٣٢٥
٢.٣٠٦د طرق علاج المنجلين رقمي (٢٤٠٤ ، ٢٤٠٥) من المتحف الزراعي بالقاهرة ٣٤١
٣.٣٠٦د الطرق المتبعة في علاج الشرشرة رقم ٤٤٩٤ ، وسلاح الفأس رقم ٧٠٨ ٣٤٨
- ملخص البحث ٣٥٩
- مناقشة النتائج المستخلصة من البحث ٣٧٠
- التوصيات ٣٧٧
- فهرس الأشكال ٣٧٩
- فهرس الصور ٣٨٩
- فهرس الجداول ٤٠٦
- المراجع العربية ٤٠٨
- المراجع الأجنبية ٤١١

المقدمة

على مدى عصور عديدة كانت الآلات والأدوات المعدنية خاصة النحاسية والحديدية نادرة الوجود في مصر القديمة ويشير إلى ذلك ندرة مجموعة الآثار المصرية من الآلات والأدوات المصنوعة من معدن الحديد والنحاس والتي تملكها المتاحف في مصر إذا ما قورنت بالآثار المتنوعة الأخرى من المعادن المختلفة مثل الذهب والفضة والإلكتروم خاصة في تلك الفترة التي تنتمي إلى العصور المبكرة من التاريخ المصري القديم .

وهناك تساؤلات عديدة فرضها عالمنا المعاصر عندما أصبح استخدام المعادن ذو قيمة مرتفعة ومفضل لصناعة الآلات والأدوات بل أصبح شائع الاستخدام في الحياة اليومية وتلك التساؤلات عن بداية معرفة معدني النحاس والحديد واستخلاصهما من خاماتهما والتعرف على أصل استخدام معدن الحديد في مصر القديمة وما إذا كان ذو أصل شهبي أم استطاع المصري القديم استخلاصه من الخامات الأرضية المختلفة .

لذا تناولت الدراسة الحياة الزراعية في مصر القديمة باعتبار الزراعة عصب الحياة الاقتصادية في مصر ومن الأنشطة المقدسة التي تعبر عن رضا الآلهه وتمثل استخدام النحاس و الحديد في الأدوات والآلات الزراعية المختلفة كالفؤوس والمناجل وغيرها التي ابتكرها المصري القديم وسبق بها العالم .

لذا وجهت الدراسة إلى معرفة خواص فلزات ومعادن أدوات الزراعة المستخدمة في مصر القديمة سواء النحاسية أو الحديدية ومعرفة خامات معادن أدوات الزراعة المعدنية الأثرية وسبائكها ونظرا لما تتعرض له معظم الآثار المعدنية من التلف في البيئة المحيطة بها مما ينتج عنه تكون مركبات صدأ غير حامية لسطح المعدن ناتج عن عدة مسببات لذلك كان لابد من دراستها وتناولها بدقة لمعرفة واختيار أفضل الطرق التي يمكن اتباعها لعلاج أدوات الزراعة المعدنية الأثرية وصيانتها فور اكتشافها في الموقع وخلال عمليات نقلها إلى معمل الترميم إلى أن يتم عرضها بقاعة المتحف .

وللوصول إلى صيانة الآثار المعدنية وحفظها حفظ سليم وجيد كان لابد من دراسة المواد الحديثة المستخدمة في صيانة أدوات الزراعة المعدنية الأثرية وتعتبر البوليمرات من أهم تلك المواد ، لذا شملت الدراسة الخواص الفيزيائية و الكيميائية و الميكانيكية للبوليمرات ومعرفة أسباب تلف البوليمرات مثل أكسدة البوليمر والتلف الحراري والتلف الضوئي والهجوم الكيميائي والذي يؤدي إلى تعرض جزيئات البوليمر لعيوب مختلفة تؤثر على أدائها في العلاج والصيانة ، كذلك تناولت الدراسة إجراء اختبارات تجريبية معملية لبعض مواد الصيانة المستخدمة في علاج أدوات الزراعة الأثرية المعدنية ثم تطبيقها على بعض الأدوات الزراعية الأثرية المعدنية المختارة من المتحف الزراعي بالقاهرة .

الأعمال السابقةPrevious Work

تنوعت الدراسات والأبحاث التي تناولت المجتمع المصري القديم وكيف لعبت الزراعة دور كبير في الحضارة المصرية القديمة والدور الكبير الذي لعبه النيل وفيضانه من المحاصيل الوفيرة التي قام المصري القديم بزراعتها وتطور أدوات الزراعة المعدنية ، كما إن هناك دراسات عديدة اهتمت بعلاج وصيانة أدوات الزراعة الأثرية المعدنية واستخدام الراتنجات والبوليمرات لأغراض الصيانة المختلفة

أولاً: في مجال الحياة الزراعية في مصر القديمة : فلقد تناول رومر (Romer 1) ، رومانت (Romant 2) ،سميث (Smith 3) حياة الإنسان في مصر القديمة وطريقة تقسيم وبناء القرى وان الزراعة كانت المورد الخصب الذي أكسب مصر حضارتها اليانعة وأن الأسس الأولى لهذه الزراعة وضعت منذ آلاف السنين وكيف اهتم المصري القديم بإعداد الأرض للزراعة بدءاً باقتلاع أشجار الغابات التي انتشرت على ضفاف النيل ثم تمهيد الأرض وإعدادها لزراعة الحبوب وأشجار الفاكهة والتي من أجلها اضطر المصري في أول حياته إلى أن يراقب فيضانات النيل بعين الحذر وأن يعمل على تنظيمه فاندمجت جماعاته وتكونت منها دوله ذات نظم دقيقة وتحولت البلاد إلى حقل شاسع خصوبته واسعة .

وقدم ديفيد (David 4) دراسة أوضح من خلالها أنه منذ أكثر من خمسة آلاف سنه أقام المصريون المقاييس النيلية لقياس منسوب النهر سواء في موسم الفيضان أو خلال فصول السنة مع تسجيل القياسات لإجراء مقارنه بينهما وأن المصري القديم استخدم الذراع كوحدة لقياس عمق المجري أو ارتفاع المياه ومن خلال هذا التدبير وانتظام مراقبة النهر استطاع المصريون أن يقرنوا عملية فيضان النيل بالدراسات الفلكية التي برعوا فيها واخترعوا للبشرية فكرة التقويم السنوي ،وعن أهم المحاصيل الزراعية المصرية القديمة يحدثنا مانيشل (Mannichel 5) عن الحبوب بوحه عام وما تم العثور عليه من حبوب في المقابر وأن أهم الحبوب التي زرعت في مصر هى الشوفان والقمح بجانب أنواع من الخضروات مثل البصل والخيار والشمام وغير ذلك من الأنواع .

كذلك تناول كل من برستيد (Breasted 1) وبتري (Petrie 2) دراسة الزراعة في مصر القديمة كمورد خصب أكسب مصر حضارتها الخالدة التي قامت وترعرعت منذ عصر ما قبل التاريخ مع الاستعانة بما وجد من صور على جدران المقابر والمعابد التي صورت الحياة الزراعية في مصر وأدوات الزراعة والنباتات التي كان المصريون القدماء يستخدموها في حياتهم الخاصة أو العامة كما تناولا بالدراسة والبحث أيضاً النيل وأسماؤه ودراسة فيضانه ومقاييسه وطرق وأساليب الزراعة من تمهيد الأرض وإعدادها للزراعة عقب انخفاض مياه الفيضان ثم حرث الأرض وعزقها وتفتيت كتل الطمي الكبيرة بعد مرور المحراث عليها والتسميد ثم العزق بالفأس وتطور مراحل الزراعة وما استخدم من أدوات زراعية مختلفة كالفأس أو المعزقه والمحراث والمناجل والمذراة والبلطة والنورج .

وتناول كرامر (Kramer 3) آلة الزراعة المصرية القديمة والآلة أوزوريس وعلاقته بالحبوب والنيل وكيف لعبت الآلهة دور كبير في الزراعة وتصوير النيل تبعاً لاعتقادهم كأحد الآلهة فصوره كمخلوق مزدوج يجمع بين الرجل والمرأة وتزين رأسه نبات البردي ، كما أقبل المصريون القدماء على تصوير إلهين من آلهة النيل يقدمان مصر كلها هدية للملك ، وقد اعتاد المصري أن يحلي جوانب العرش بمثل هذه الرسوم أو ما يشابها للتدليل على الخصوبة والثروة التي عمت البلاد أثناء الحكم

وعن تطور أدوات الزراعة يحدثنا Scoop 4)) عن مراحل تطور الأدوات الزراعية المختلفة بدءاً من كيفية اختراع شكلها وخامات التصنيع إلى أن صنعت من المعادن .
وتكلم ريكارد Rickard 5)) عن بداية استخدام الحديد في العالم وأن مصر من أقدم الدول التي استخدمت معدن الحديد منذ ٣٥٠٠ عام ق.م على الأقل وأن معدن الحديد كان نادراً جداً وانه كان أغلى من الذهب لذا فإن ما كان يصنع منه من أدوات كان يسلم للعمال بالميزان قبل العمل ثم يعاد وزنه بعد الانتهاء من العمل كما تناول تطور استخدام الأدوات الحديدية وأنواعها خلال العصور المصرية القديمة، كذلك تناول كيبوتا Kubota 6)) دراسة أصل ونشأة الحديد و أن إمبراطورية Hittite أي تركيا الآن هي بداية صناعة الحديد ومنه انتشر إلى بلاد الشرق.
ثانياً: في مجال دراسة المعادن كالتعرف على خاماتها وطرق تصنيعها وسبائكها قدم بهاني Bhanu 1)) دراسة وضح فيها استخدام معدني النحاس والحديد في العصور القديمة وكيفية تأريخهما كما ناقش الطبيعة الجيوفيزيائية Geophysical لوجود المعادن في خاماتها والطرق التي يمكن إتباعها لاستخلاص فلزات المعادن من خاماتها وأثبتت التحاليل التي قام بها ضرورة إتباع عدة خطوات أساسية في العمل وهى : التعرف على الصخور الغنية بتلك المعادن ،وأماكن وجود خامات الحديد وطرق التعدين والاستخلاص لإنتاج المعدن وأثبتت الأبحاث التي قام بها احتمالية كبيرة لاستخراج معدني الحديد والنحاس في عصر واحد .
كما تناول دول Dowell 2)) دراسة هامة لطرق تقنية وصناعة المعادن من خلال خمس مجموعات من المسكوكات وكذلك طرق علاجها وصيانتها وتخزينها .

وقدم ستشورستش Schorsch 3)) دراسة لمجموعة من الآثار البرونزية التي انتشرت في مصر في العصور القديمة منذ حوالي النصف الثاني من المليون الأول ق.م ،وقدم دراسة عن البرونز في العصور المصرية القديمة وعملية تصنيعه وقد أعطى الفحص باستخدام X-Radiography لأصابع حيوانات من البرونز بمتحف المتروبوليتان وكانت تستخدم في الطقوس الدينية المصرية القديمة نتائج جيدة في التعرف على طبيعة لب الأثر وطرق اللحام المستخدمة وتركيب السبيكة والسطح الخارجي ،أما عن معدن الحديد فتناول تود Todd 4)) دراسة عن بداية إنتاج الحديد في إفريقيا مع تحديد خاماته والخبث والشوائب الناتجة عنه وطرق تصنيعه وشملت الدراسة استخدام الأشعة السينية والفحص بالميكروسكوب الميتالوجرافي .
وقدم إجاكي Igaki 5)) دراسة مقارنة لمقاومة سبائك الحديد الأثرية والحديثة لعملية الصدأ من خلال استخدام الفحص بالامتصاص الذري ونشاط النيترونات Neutron Activation ووجد أن سبائك الحديد الأثرية أكثر مقاومة للصدأ وذلك بسبب احتوائها على نسبة أعلى من المنجنيز والسليكون عن سبائك الحديد المستخدم في العصور الحديثة .
وأجرى جوردون Gordon 1)) دراسة على الحديد المطاوع Wrought Iron وكيفية تداخل الخبث والشوائب فيه وتأثيرها على قوة المعدن والتركيب البنائي له وتوصل من خلال الدراسة إلى ثلاث حالات أساسية يجب وضعها في الاعتبار تؤثر على التركيب البنائي الدقيق لسبيكة الحديد المطاوع وهى : طريقة توزيع الكربون ، وطريقة وجود الفسفور بين الخبث وتوزيعه خلال الفريت Ferrite ، وكمية وحجم وتوزيع الشوائب المتداخلة مع سبيكة الحديد المطاوع ،ويعد الاختلاف في هذه الاعتبارات الثلاثة هى المتحكمة في جودة المعدن .
وقدم كيسلوسكي Kieslowski 2)) دراسة مقارنه عن محتوى الفسفور في الآثار الحديدية بهدف التوصل لإيجاد علاقة تساعد على التعرف على التحولات والتغيرات التي تحدث بالآثار الحديدية .

ثالثاً: في مجال العوامل المسببة لحدوث التلف بالمعادن الأثرية : ويحدثنا جياراج Jeyaraj و باول Paul 3)) و محمد عبد اللطيف (٤)أن هذه الأسباب متعددة وربما ترجع لطبيعة تكوين المعدن أو الطريقة التي صنع بها أو للظروف البيئية .. الخ
ويظهر هذا التنوع في العيوب باختلاف مظاهر التلف من شقوق إلى كسور أو صدأ أو تآكل أو غيرهم ، وقد تم دراسة هذه العيوب من خلال دراسة مجموعة من المعادن الأثرية لمعادن النحاس والبرونز والحديد والفضة والرصاص من خلال الفحص باستخدام الميكروسكوب الميتالوجرافي Metallographic microscope .

وعن تأثير حرارة التصنيع يحدثنا تيلكوت Tylecote ،وبلاك Black 5))عن دراسة على الآثار الحديدية كالحديد المطاوع Wrought Iron أو الحديد الزهر Cast Iron ومدى تأثير الحرارة التي تعرضت لها تلك الآثار خلال عملية التصنيع على التركيب البنائي للمعدن وتأثير الحرارة ثم التبريد على الآثار، كما تحدث حاسن Haasen 6))عن التوقيع الخاطئ في ٠٠٠البلورات وحركة التوقيع الخاطئ وما يصاحبها من تغيرات كالتزحلق وتأثيره على إحداث تلف داخلي بالمعدن .

وفي مجال تأثير البيئة المحيطة على الأثر كالرطوبة والهواء وما يحتويه من مركبات مختلفة قدم جيلينك Jelinek (1) دراسة بوضع الحديد في ظروف بيئية هوائية ودرجة حرارة مرتفعة وتوصل إلى أن وجود بعض المعادن مثل النحاس أو النيكل أو البلاتنيوم كشوائب فإنها تسرع من صدأ الحديد تحت هذه الظروف .

كذلك قدم ليدهير Leidheiser ، سزاكو ناجي Czako-Nagy (2) دراسة على عينات من الحديد الصلب steel وذلك بتعريضها لنسبة رطوبة ١٠٠% مع التعرض اليومي إلى ١٠٠ميكروليتر من ٠,٠١ محلول كلوريد الصوديوم وكبريتات الصوديوم وكلوريد الليثيوم واحتوى الصدأ المتكون على كميات من لبيدوكروسيت و هيدروكسيد الحديديك و لاحظ تكون معدن لبيدوكروسيت Lepidocrocite γ-FeOOH جاما أكسيد الحديدوز القاعدي فقط في الصدأ المتكون أثناء الصدأ الجوي مع التعرض لفترات من الرطوبة والجفاف مع الماء المقطر في المعمل ، وتحول هيدروكسيد الحديديك مع الوقت إلى معادن الجوثيت ولبيدوكروسيت وأكاجانيت وهذه المعادن وجدت بالفعل مشابهه لمكونات الصدأ بعض الآثار الحديدية.
وتناول يلريتش Ullrich (3) صدأ البرونز الناتج عن تاثير البيئة والتفاعلات الكيميائية المصاحبة للصدأ ، وعن البقع السوداء المتكونة على الآثار البرونزية ، وذكر برينتش Brinch (4) أنها تنتج عن تفاعل بين النحاس وكبريتيد الهيدروجين سواء الناتج عن البكتريا أو عن عمليات احتراق الوقود في الهواء الجوي .
أما عن تأثير الوسط المائي على الآثار المعدنية فتحدث Biek (5) عن التغيرات التي تحدث في المعادن المغمورة في المياه وكيفية علاج وصيانة بعض الآثار المعدنية ومنها الحديد والبرونز مع تقديم دراسة عن الحالة الفيزيائية والتركيب الكيميائي لبعض الآثار الحديدية المكتشفة في انجلترا ،وناقش تيلكوت Tylecote (6) عملية الصدأ التي تحدث في ٠٠٠التربة للآثار البرونزية والنحاسية ولقد وجد أن أهم عوامل التربة المؤثرة في عملية الصدأ هي درجة الحموضة PH لذا نجد أن التربة الحامضية أكثر عدائية من التربة القلوية .
وتحدث أورلوف Orlov (1) عن تركيز الأيونات والحموضة والأملاح في محلول التربة وتأثيرها المتلف على المعادن وذلك لأن الاختلاف في درجة تركيز الحموضة أو الأملاح الذائبة يساعد على تكون خلايا الصدأ، كما تقدم تيرجوز Turgoose (2) بدراسة توضح عملية حدوث الصدأ للآثار الحديدية وكيفية قياس درجة الحموضة كما تحدث عن عمليات التخزين الناجحة بلف الآثار بورق خال من الحموضة ويوضع على وسادة من البولي إيثلين وحفظ المخازن جافة ومنع وجود أي محتوى به ماء أو تعريض الرضية للبلل فترة طويلة .
أما عن التلف البشري فتناول ماتسون Mattsson (3) تعرض الآثار البرونزية لمرض البرونز عند حفظها في المتاحف بطريقة غير سليمة فيظهر عليها طبقة من نواتج الصدأ الخضراء التي تتكون على الأسطح ويزداد نمو الطبقة لتهاجم معها المعدن الأساسي ويحدث التلف أحيانا في خلال سنه أو سنتين وفي الحالات الشديدة يظهر التلف في خلال أسابيع لذا يجب مراقبة ومراعاة بعض المتغيرات في المتاحف كجفاف هواء التخزين واستبعاد وجود الكلوريدات على طبقة الباتينا وإن وجد لا بد أن يكون ثابت وكيفية علاج الآثار البرونزية منذ اكتشافها وتنظيف سطحها وخلوه من الكلوريدات للوصول إلى الهدف المطلوب وهو سطح برونزي نظيف وذو مظهر جذاب ، كذلك قدم دراسة لمواد الحماية وإمكانية تطبيقها وما يفضل استخدامه منها والذي يستغرق أطول وقت زمني لحماية الآثار .

رابعاً: في مجال طرق علاج وصيانة الآثار المعدنية : حيث قدم شيما Shima (4) دراسة عن المركبات الأساسية المتكون منها صدأ الحديد وذكر أنها تنقسم إلى معادن مختلفة تشمل الماجنتيت أكسيد الحديديك المغناطيسي والجوثيت ألفا أكسيد الحديدوز القاعدي ، لبيدوكروسيت جاما أكسيد الحديدوز القاعدي ، أكاجانتيت بيتا أكسيد الحديدوز القاعدي وناقش تكون هذه المعادن النادرة ونوع الصدأ المسبب لها والذي يشير لظروف الدفن .
أما عن فحص الآثار المعدنية فذكر ناوموفا Naumova (1) أن الدراسة التي قام بها على الآثار النحاسية والبرونزية أثبتت أن التحليل بالأشعة السينية تعطي نتائج أفضل من التحليلات الكيميائية .

كما قدمت د.فاطمة حلمي Helmi,F.M. ، د.نصر اسكندر Iskander,N.Y. (2)دراسة لموقد رمسيس الثاني بالمتحف المصري بالقاهرة باستخدام حيود الأشعة السينية وتفلور الأشعة السينية والتي ساعدت في إجراء عمليات العلاج الكيميائي والصيانة التي تم تطبيقها من خلال التعرف على مركبات الصدأ المتكونة والتي شملت الآتاكاميت والبارأتاكاميت والملاكيت كما وجدت بعض البقع من الأزوريت ويتكون الموقد من سبيكة من البرونز مع بعض كميات من الرصاص وشوائب من الحديد والتي يحتمل أنها تكون شوائب الخام كما وجد خمس اماكن للحام قديمة قام به المصري القديم .
وقام لال Lal ، نارانج Narang (3) بفحص ثلاث أنواع من الآثار المعدنية لسبائك مختلفة تعاني من اختلاف وتغيرات حدثت لأسطح المعادن عن لب المعدن الداخلي وذلك لسبائك : الفضة والنحاس ، والنحاس والقصدير ، والنحاس والزنك وتمت الدراسة باستخدام تفلور الأشعة السينية والامتصاص الذري .