الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
جامعة طاهري محمد بشار
كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية
المجلس العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Tahri Mohammed Béchar
Faculté des Sciences Humaines et Sociales
Conseil Scientifique

المرجع رقم : 08/مج .ع / ك.ع.إ.إ/ج.ط.م.ب /2025

مستخرج من محضر المجلس العلمي للكية
- اعتماد مطبوع بيداغوجي-

اجتمع المجلس العلمي لكلية العلوم الإنسانية والاجتماعية يوم:2025/01/21 على الساعة 14:00 مساءا وقد تم من خلال هذا الاجتماع:

اعتماد المطبوع العلمي الموسوم بـ: **محاضرات في مقياس صيانة وترميم المواد غير العضوية** ، الـذي تقـدم به الدكتـورة : **بقدور مريم** رتبة **أستاذ محاضر(أ)**، المطبوع موجه لمستوى السنة **الأولى ماستر صيانة وترميم** واستيفائه الشروط العلمية والبيداغـوجية المحـــددة للمطبوع.

سلم هذا المستخرج بطلب من المعني لاستعماله على الوجه الذي يسمح به القانون

بشار يوم: 2025/03/17

رئيس المجلس العلمي

د . عبـــدون المعربي
رئيس المجلس العلمي للكلية

عميد الكلية

أ . د : تـريـكـي أحـمـد
عميد كلية العلوم الإنسانية و الاجتماعية

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة طاهري محمد بشار
كلية العلوم الإنسانية والاجتماعية
قسم العلوم الانسانية

محاضرات في مقياس صيانة وترميم المواد غير العضوية

موجه لطلبة السنة الأولى ماستر تخصص صيانة وترميم

إعداد الدكتورة:

✓ **بقدور مريم**

السنـة الجـامعية: (2024-2025)

الجزء الأوّل صيانة وترميم المواد الأثرية غير العضوية

مدخل: عموميات حول المادة الاثرية صيانتها وترميمها

- مفاهيم عامة حول" الصيانة ، الترميم، المادة الأثرية، المادة غير العضوية...)
- المادة الأثرية وأنواعها وتصنيفاتها
- عوامل تلف المادة الأثرية وتقنيات صيانتها وترميمها.

الفصل الأوّل:المواد الفلزية

1. عموميات حول المعادن
   1.1. الحديد(ماهيته، عوامل تلفه ومظاهره، تقنيات الصيانة والترميم)
   1.2. النحاس(ماهيته، عوامل التلف ومظاهرها، الصيانة والترميم)
   1.3. البرونز
   1.4. الفضة
   1.5. الذهب
   1.6. الرصاص
   1.7. القصدير

الفصل الثّاني: المواد المعدنية

1.1. مواد معدنية مصنعة:

- الخزف، الفخار
- الزجاج
- الفسيفساء

1.1. مواد معدنية طبيعية:

- عالم الصخور
- صيانة وترميم الحجارة الاثرية

مقدمة

يقتضي تخصص صيانة وترميم الاثار التعرف على المواد طبيعتها وخصائصها بما أنّها الخام الذي صنّعت منه القطع الأثرية والتي تتعرض مع مرور الزمن إلى التقادم بسبب عوامل داخلية متمثلة في التركيب الداخلي للمادة الأثرية، وكذا الخارجية المتمثلة في الحرارة والرطوبة والتّلوث، والعامل البيولوجي من كائنات دقيقة وحيوانات وحشرات ونباتات، بالإضافة إلى العامل البشري الذي يؤثر سلبا بالخطأ والعمد لذا لا بد من تعلم واتباع أسس علمية بهدف الحفاظ عليها.

ويعد ميدان الصيانة خاصة إذا تعلق الأمر بالمواد الاثرية الأصل غير المتجدد أمرا في غاية التعقيد، ذلك أنّ أي تدخل خاطئ قد يؤدي إلى ضياع الاثار، فعملية التدخل العلاجي تتطلب الدّقة، تمر بمراحل لا يمكن تجاوز أي منها.

وتعود أصول الترميم إلى عصور قديمة أين كان الانسان يمارس عملية إصلاح ما تهدم من بيته وما تكسر من أوانيه ومعداته إلى أن أصبح علما قائما بذاته يمارسه مختصون وتحكمه مبادئ وقوانين ويخضع لأسس علمية فرضتها التكنولوجيا الحديثة.

ويهدف المقياس إلى إكساب الطالب خبرة معرفية نظرية وميدانية في مجال تخصصه بداية بمبادئ الترميم التي هي أمر في غاية الأهمية للوصول إلى التعرف على خصائص المواد وماهيتها إلى أبرز العوامل التي تؤدي إلى تلفها وكيفية صيانتها والحفاظ عليها؛ وقد صاحبت هذه المحاضرات أعمال تطبيقية تمثلت في ورشات ميدانية حول ترميم الفخار والفسيفساء الاثريين مما دعم المحاضرات وثمنها وكما نعرف أنّ مثل هذه التخصصات العلمية تحتاج إلى تطبيق ميداني.

وقد قسمنا المقياس إلى محورين المحور الأوّل حول المواد ماهيتها وأنواعها وتصنيفاتها بما فيها المواد الأثرية غير العضوية لنتعرف على عموميات حول المعادن، لنفصل أكثر حسب أصناف المواد الأثرية غير العضوية كالمواد الفلزية ماهيتها وعوامل ومظاهر تلفها وطرق صيانتها وترميمها، بما فيه خام الحديد والنحاس وسبائكه كالبرونز بالاضافة إلى خام الذهب والفضة والقصدير والرصاص؛ وأمّا المحور الثّاني فيتعلق بالمواد المصنعة كالزجاج والفخار والفسيفساء لنختمه بعالم الصخور بما فيها أنواع الصخور الرسوبية والنارية والمتحولة وخصائصها وطبيعتها، عوامل التلف طرق الصيانة والترميم، بالاضافة إلى المنهج العلمي في تقوية المواد الأثرية، وكذا الحجارة الكلسية عوامل تلفها وطرق صيانتها وترميمها كنموذج بمعدل سبعة عشر محاضرة خلال السنة.

مدخـل حول مفاهيم عامة حول المادة الأثرية غير العضوية وطرق صيانتها وترميمها

تمهيد:

سنحاول خلال هذا المدخل تسليط الضّوء على أهم المصطلحات العلمية التقنية التي سنتطرق إليها في مقياس صيانة وترميم المواد الأثرية غير العضوية والتي انتقينا منها مايلي:

1.ضبط المصطلحات:

1.1.الصيانة: Conservation

كلمة الصيانة من الفعل صان يصون، والذي يقابله في اللّغة الإنجليزية "**conserve**" مشتّق من الفعل اللاتيني "**conservare**" الذي يتضمن نفس المعنى، وأنّ كلمة صيانة التي تعني في اللّغة الانجليزية "**conservation**" مشتّقة من الكلمة اللاتينية "**conservation**"، والتي تعني الصيانة والحفظ والعلاج، ومع بداية القرن التّاسع عشر الميلادي، أخذ المصطلح صيانة الاثار "**conservation of antiquities**" يطلق على الأعمال والدراسات العلمية التي يقوم بها المختصون في صيانة الآثار، الهدف منها هو علاج الاثار مما ألم بها من مظاهر تلف مختلفة وصيانتها بتوفير وسط حفظ ملائم[1].

يطلق هذا المصطلح أيضا على الأعمال التطبيقية والبحثية التي يقوم بها المتخصصون في صيانة الاثار من اجل المحافظة عليها وصيانتها من التلف في الحاضر والمستقبل، مستعينين في سبيل تحقيق هذا الهدف بما وفرته لهم العلوم التجريبية من نتائج علمية، وأجهزة حديثة تستخدم في فحص وتحليل مكونات المادة الأثرية قصد تحديد تركيبتها ، ونوع ونسبة تلفها، على أسس علمية واضحة لاختيار أفضل المواد الكيميائية وأنسب طرق العلاج لحفظها أطول مدّة ممكنة[2].

---

[1] السيد محمود البنا، ترميم وصيانة الاثار والمواقع التاريخية في القوانين المصرية وفي المواثيق والمؤتمرات الدولية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة ، الطبعة الأولى، 2017، ص22

[2] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم الأثار، مكتبة نابلس ، فلسطين.، ص105؛ محمد عبد الهادي، دراسات علمية في ترميم وصيانة الاثار غير العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، 1997م، ص20-21

فمصطلح الصيانة في علم الاثار يطلق على الدراسات العلمية والأعمال التطبيقية التي يقوم بها المتخصصون من فحص، وتنظيف، وتقوية، لعلاج مظاهر التلف الحاصلة على القطع الأثرية، باختيار الطرق والوسائل والمواد المناسبة للحصول على نتيجة فعالة وايجابية.

2.1.**الترميم: Restauration**

الترميم من الفعل رمم يرمم ترميما، فهو مرمّم والمفعول مُرَمَمْ؛ ورمم المنزل القديم بمعنى أصلحه وقد فسد بعضه، وترميم الاثار، رمم اللّوحة الفّنية[1].

وكلمة **Restauration** بالفرنسية والانجليزية قد اشتّقت من الكلمة اليونانية **Stauros** والتي تعني إصلاح وتدعيم، كما تؤكد كلمة **Stauros** على معنى قومي وهو"حماية الوطن من الاعتداء"، وقد ورد ذكر فعل" **Restauros**" بمعنى يصلح ويرمم شيئا ذا قيمة تعرض للتلف، وفي العديد من القواميس والمعاجم اللّغوية التي قام بإعدادها اللّغويين الأوربيين إبان القرنين السّابع والثّامن عشر الميلاديين، ومعظمها كانت تعرف الفعل **Restauros** بفعل آخر قريب منه في المعنى والمضمون ألا وهو الفعل **Repair** الذي يعني هو الآخر "يصلح ما قد تلف"[2].

والترميم اصطلاحا هو عملية معالجة القطع الفّنية لإعادة مظهرها وشكلها الأصلي ووظيفتها التي كانت تؤديها من قبل، وذلك بعمل صيانة جزئية أو كاملة، كما تستخدم أيضا للتّعبير عن عملية ملء الفجوات والأجزاء المفقودة[3].

والترميم هو مجموع التّدخلات المباشر ة التي يقوم بها المرمم* على القطع الأثرية لإصلاح ما تكسر وتجميع الأجزاء المنشطرة وكذا تكملة الأجزاء النّاقصة أن تطلب الأمر ذلك، ومع إنشاء المعاهد المتخصصة في الكثير من بلدان العالم ومع ما شهده التّطور التكنولوجيا عرف ميدان

---

[1] أحمد عمر وآخرون، معجم اللّغة العربية المعاصرة، عالم الكتب، القّاهرة، الطّبعة الأولى، 2008م، ص944-945

[2] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم الأثار، دار المعرفة الجامعية طبع، نشر، توزيع ،جمهورية مصر العربية.،2016، ص41

[3] سعيد عبد الحميد حسن، معجم لأهم المصطلحات المستخدمة في مجال ترميم الاثار، الأحجار ةالرسوم الجدارية، المؤسسة الدولية لصيانة التراث الثقافي ، ج1، ط1، القاهرة، 2012م،ص38

* **المرمم:** شخص متخصص يرتكز عمله أكثر على الصيانة الوقائية مثل التحكم في البيئة، تناول القطع الاثرية وتغليفها وتعبئتها وتخزينها وتنظيفها وتجميع الاجزاء المنشطرة منه والقيام بالصيانة الدورية لها. ينظر: سعيد عبد الحميد حسن، معجم لأهم المصطلحات المستخدمة في مجال ترميم الاثار، الأحجار ةالرسوم الجدارية، المؤسسة الدولية لصيانة التراث الثقافي ، ج1، ط1، القاهرة، 2012م،ص 14

صيانة وترميم الاثار تقدما ملحوظا، فأصبحت نتائج الفحص وتحديد العلاج دقيقا وفي وقت وجيز بعدما كان يستغرق وقتا أطول مع وقوع أخطاء كثيرة في الترميم وغيرها.

كما أنّ مصطلح الترميم تطور بتطور التقنيات المستخدمة فيه، فأصبح الترميم يحمل عدّة مصطلحات منها الترميم الايحائي، الترميم الرقمي. الترميم الهندسي، الترميم المعماري، الترميم الدقيق..الخ

3.1.تعريف المادة: Definition of the material

هي كل جسم أو جزيء يشغل حيّز وهي الخامات والعناصر التي تشكل الكرّة الأرضية.

4.1.تعريف المادة الأثرية:Defintion of archeological material

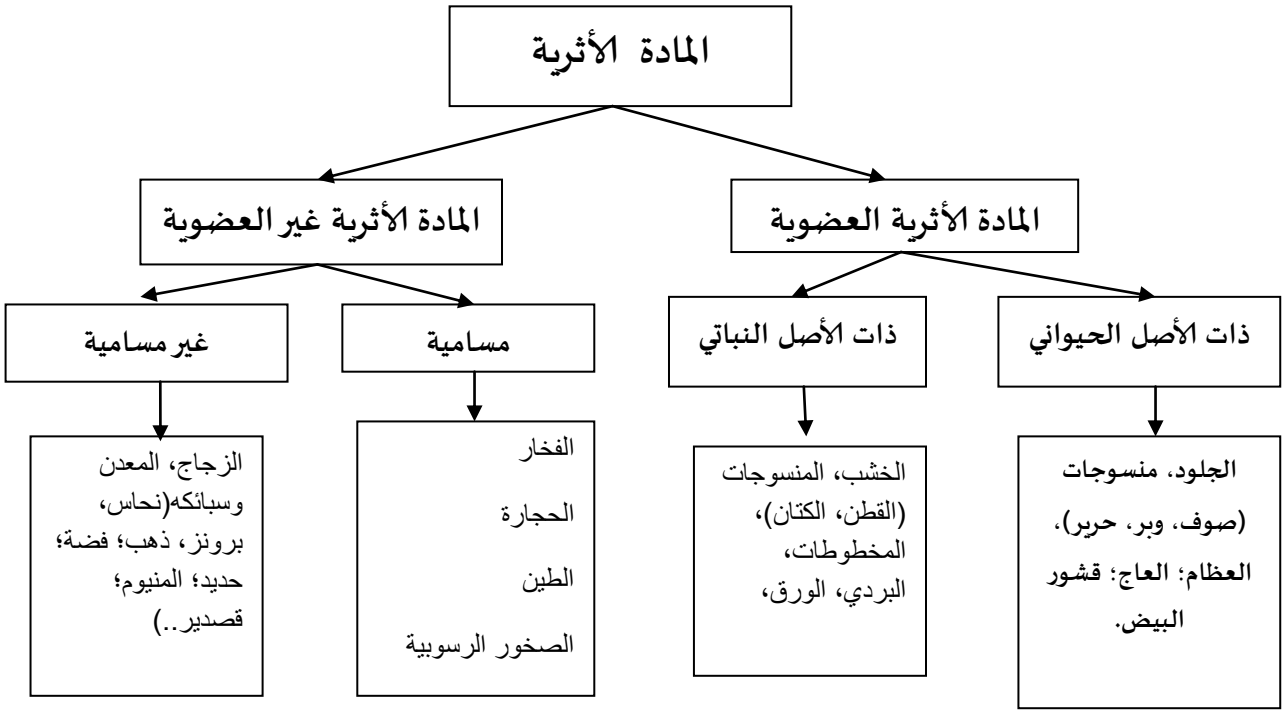
هي الخامات الطبيعية والمصنعة ذات المصدر العضوي أو غير عضوي والتي شكلت منها مختلف التحف والصناعات عبر مختلف الحضارات، كالخشب، والمعادن، والمخطوطات، والخزف وغيرها.

وهي مجموع الخامات الداخلة في تكوين وتشكيل الاثار والمقتنيات المتحفية والتي استعملها الانسان في شكل خام أو سبائك بخلط أكثر من عنصر بواسطة الحرارة أو التبريد أو الطرق وغيرها، لتصبح ملائمة لحاجياته ورغباته.

2.أنواع المادة الأثرية: تصنف المادة حسب أصلها ومصدرها إلى صنفين رئيسيين هما: (ينظر المخطط 01)

1.2. مواد عضوية: ORGANIC MATERIAL هي كل الخامات ذات المصدر النباتي أو الحيواني.

2.2.مواد غير عضوية:INORGANIC MATERIAL هي المواد التي لا يدخل الكربون كجزء في تكوينها وليست ذات طبيعة نباتية أو حيوانية؛ وهي مواد خام متواجدة في القشرة الأرضية، وتتمثّل في المعادن الفلزية والصّخور والطين والرمل وغيرها، والتي استخدمها الانسان كمادة خالصة كالذهب أو صنعها بخلط عنصرين أو أكثر ليستخرج سبائك كالبرونز بعد اكتشاف القصدير والنحاس.



المخطط01: أنواع المادة الأثرية. نقلا عن:(لخضر سليم قبوب، علم المواد الأثرية مفهومه، آليات التلف،تقنيات الفحص والتأريخ، نور للنشر، 2017، ص33)

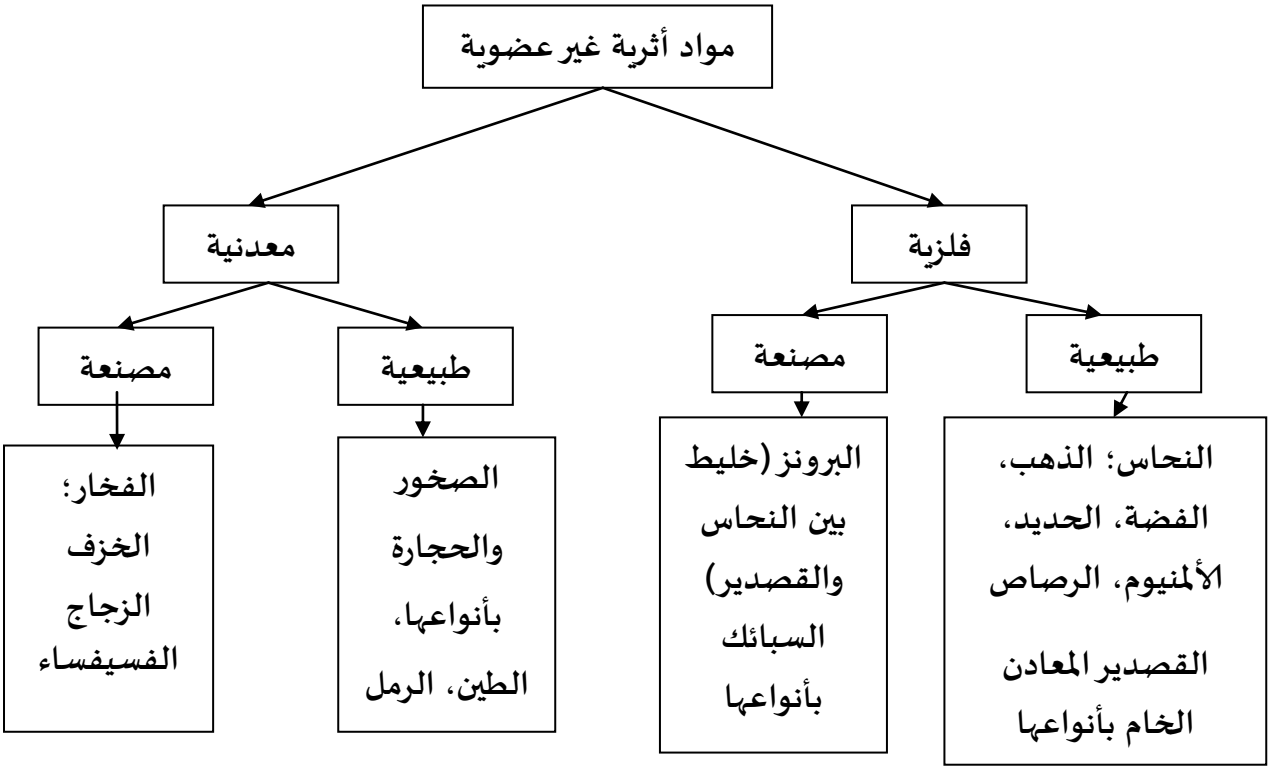
3.تصنيفات المادة الأثرية غير العضوية:

كما تصنف المواد غير العضوية المشكلة للآثار إلى مجموعات حسب طبيعتها ومصدرها وهي كالآتي:

1.3.مواد فلزية: عناصر كيميائية يتميّز بالبريق المعدني والقابلية للسحب والطرق وتوصيل الحرارة والكهرباء والصلابة ما عدا الزئبق وتوجد الفلزات بصورتها الطّبيعية في الصخور والجبال[1]؛ وهي مجموع الخامات المتمثلة في النحاس، الذهب، الفضة، الحديد، الرصاص، الالمنيوم، والسبائك كالبرونز والفولاذ وغيرها.

2.3.مواد معدنية: هي العناصر المشكلة للقشرة الأرضية والمتمثلة في انواع الحجارة والصخور بما فيها الرسوبية والنارية والمتحولة والرمل والطين والجير وغيرها.(ينظر المخطط 02)

[1] عمر مختار وآخرون، المرجع السابق، ص1739.



4.خصائص المادة الأثرية غير العضوية:

1. معدنية المصدر.
2. لا تحترق إذا سخنت.
3. لا تتحسس للضّوء بشكل عام.
4. لا تنمو عليها الكائنات الدقيقة.
5. صلبة.
6. مسامية مثل الفخار والطين .
7. غير مسامية مثل المعادن والزجاج[1].

[1] بيرخينيا باخة ديل بوثو، علم الاثار وصيانة الأدوات والمواقع الأثرية، تر.خالد غنيم، بيرسان، بيروت، الطبعة الأولى، 2002م، ص48

الفصل الأول عموميات حول المعادن (ماهية المعدن، عوامل التلف، مراحل وطرق الصيانة والترميم)

تمهيد:

استغل الانسان ما وفرته الطبيعة من مواد ي صناعة أدواته وحاجياته اليومية على عدّة مواد كان من أبرزها على الاطلاق المعادن التي صنعها وشكلها بالطرق والصب والنحت، فمنها الحلّي والأواني والأسلحة والتّماثيل والتي مازالت شاهدة على انجازاته وإبداعاته.

1. تعريف المعادن:

لقد شاع خطأ استعمال لفظ معدن مقابل الكلمة الانجليزية Metal التي تعني فلز، وهي مواد مصنوعة من الفلزات وسبائكها، أمّا لفظ معدن فيقابله في الانجليزية كلمة Mineral أي بمعنى مركبات العناصر الفلزية.

والفلزات: عناصر كيميائية لها تركيب بلوري محدد وتشكل أيونات موجبة دون محاليل، وتمتاز بقوة الروابط بين الذرات وانخفاض عدد الالكترونات في المدار الخارجي.

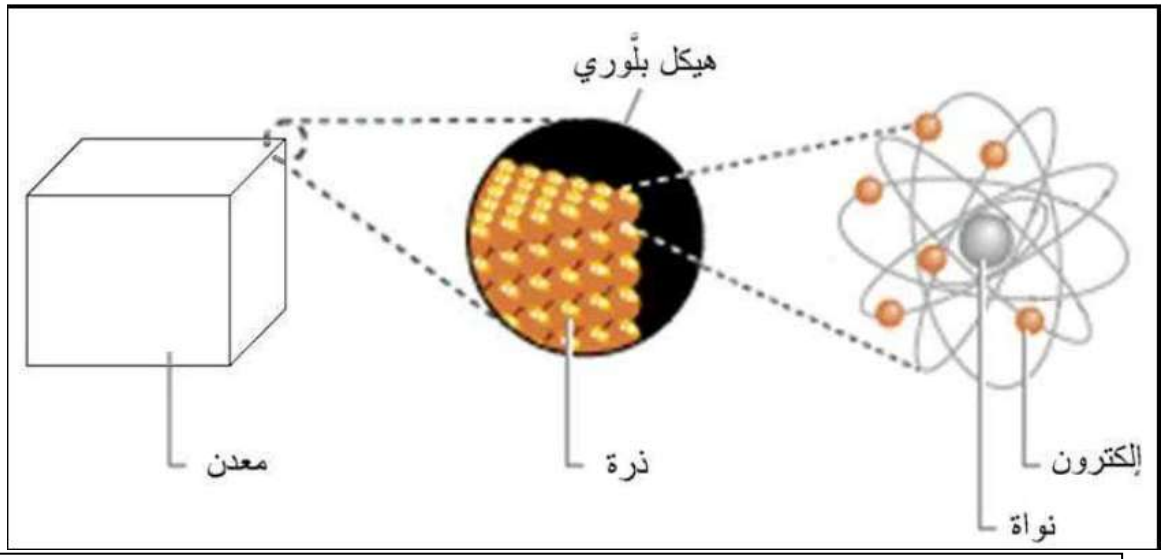
السبائك:مواد ناتجة عن خلط فلز مع عنصر أو أكثر بهدف الوصول إلى خواص ميكانيكية أو كيميائية أفضل مثل ارتفاع مقاومة الشّد، زيادة الصلادة، مقاومة التآكل.

بمعنى آخر هي وحدات بناء القشرة الأرضية، وهي عناصر أو مركبات كيميائية تكونت بطريقة طبيعة في القشرة الأرضية، وهي غير عضوية المنشأ ولها تركيب كيميائي محدد، وترتيب داخلي منتظم للذرات أي تركيب بلوري بالإضافة إلى صفات فيزيائية أخرى؛ وبعض المعادن مثل الكالسيت والكوارتز والفلسبار يكون تواجدها شائعا في الصّخور لدرجة أنّنا نسميها "المعادن المكونة للصّخور"، أمّا المعادن مثل الذهب والألماس ومعادن اليورانيوم والفضة فإنّها توجد نسبيا في صخور قليلة، وتختلف المعادن بدرجة كبيرة في تركيبها الكيميائي وصفاتها الفيزيائية[1].

[1] وليام هـ.ماثيوز، ماهي الجيولوجيا، ترجمة: مختار رسمي ناشد، الهيئة المصرية للكتاب، 1995م، ص44

وهي مادة صلبة غير عضوية توجد في الأرض بصورة طبيعية، لها تركيب كيميائي مميز أو متغير في نطاق محدود وله تركيب بلوري داخلي ثابت ويظهر أحيانا علي شكل بلورات* ويظهر على شكل متبلور في غالب الأحيان[1].

2. **التركيب الفيزيائي للمعدن[2]:**



الشّكل 01: تبين التركيب الفيزيائي للمعدن معمر بساطة مرروان، الصيانة الوقائية للقى الاثرية الحديدية المستخرجة من الحفرية، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر 2، 2007-2008. ، ص2

3.خواص المعادن:

1.3.الخواص الفيزيائية للمعادن:

- ✓ الصلادة

* علم البلورات: توجد في الطبيعة إما في حالة حبيبات من فردة أو مجموعات، والبلورة عبارة عن جسم صلب متجانس يحده أسطح مستوية تكونت بفعل العوامل الطبيعية وبتأثير عوامل التجوية (الضغط والحرارة) والأسطح المستوية التي تحدد البلورة تسمى بالأوجه البلورية. ينظر : عماد محمد ابراهيم الخليل، علم المعادن، جامعة الزقازيق، جمهورية مصر العربية، 2014م، ص9

[1] عماد محمد ابراهيم الخليل، علم المعادن، جامعة الزقازيق، جمهورية مصر العربية، 2014م، ص8

[2] معمر بساطة مرروان، الصيانة الوقائية للقى الاثرية الحديدية المستخرجة من الحفرية، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر 2، 2007-2008.، ص2

- ✓ اللّون
- ✓ المخدش
- ✓ البريق
- ✓ الوزن النّوعي
- ✓ التشقق والكسر
- ✓ التّماسك (معدن هش، معدن مرن قابل للثني، معدن لدن، قابل للطرق(الذهب والنحاس)، قبل للقطع،قابل للسحب حتى يصبح اسلاكا (الذهب الفضة النحاس)
- ✓ مغناطيسية[1].

2.3.الخواص الكيميائية:

- ✓ كهروجابية .
- ✓ تفقد الكترونات الطبقة الخارجية للذرة.
- ✓ لها أكسيد أساسي على الأقل.

3.3.الخواص الميكانيكية:

- ✓ قابل للتشكيل.
- ✓ سهل الطرق والتّصفيح .
- ✓ قابلية للانصهار .

2. استخلاص المعادن:

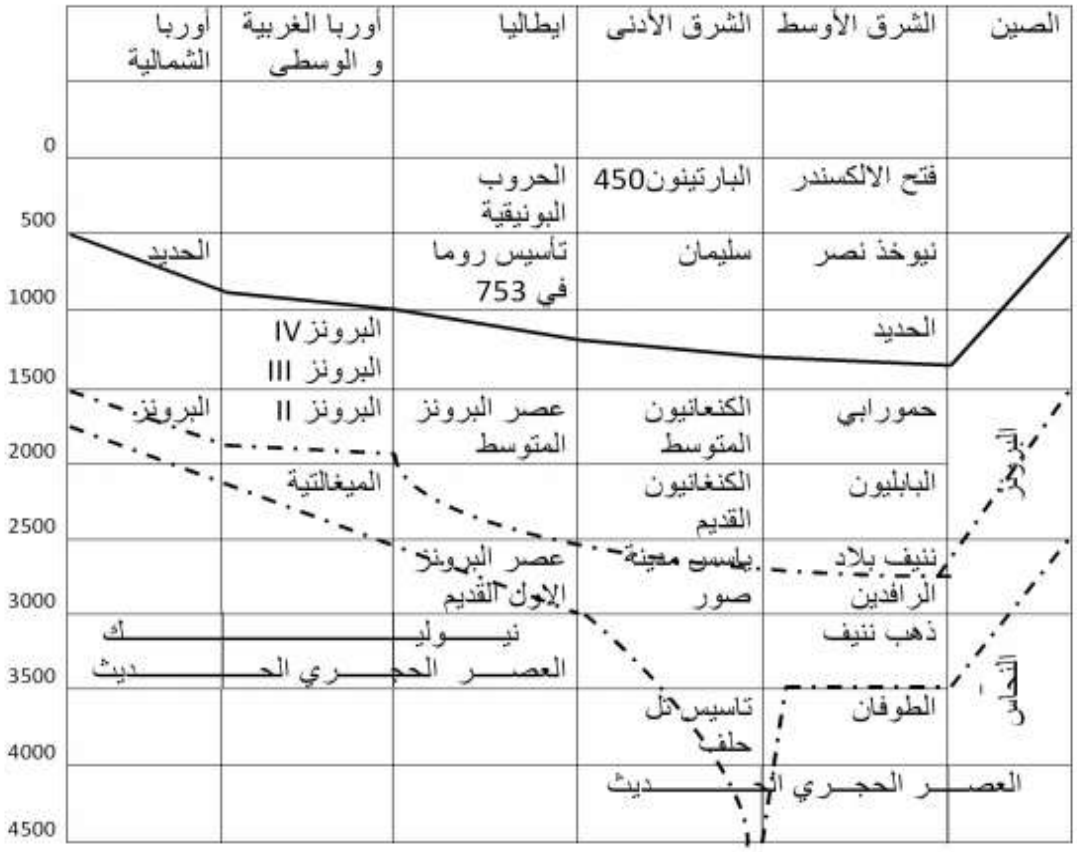
يتم استخلاص المعادن من خاماتها الأصلية بطريقة معقدة وذلك لاختلاف المواد الترابية واختلاف كثافتها، وضرورة إزالة الشوائب الموجودة بها من الصّخور والمعادن الأخرى، وتتم هذه العملية بغسيل الخامة لتحويلها إلى أكاسيد المعدن نفسه، ثّم يحول الأكسيد إلى المعدن بالحرارة

[1] وليام هـ. ماثيوز، المرجع السابق، 49-55

العالية، وهناك طرق بدائية لاستخلاص المعدن، تصل فيها درجات الحرارة إلى 1000 أو 1200 درجة فهرنهيت ومع ذلك لا يمكن استخلاصه نقيا، إذ تعلق به بعض المواد والخبث.

ونجد اختلافا في حجم ذرات المعدن عند كسر قطعة منه، فجميع المعادن-تنضم إلى مجموعة من المواد المتبلورة لها تنظيم خاص ذو وحدات أساسية تختلف من معدن إلى آخر وهي مرتبة في أسطح بينها مسافات ثابتة مثل جميع المواد على وجه الأرض، ويتكون المعدن من ملايين البلورات، ونستطيع تمييز الحبيبات وشكلها وحجمها باستخدام العدسات المبكرة والميكروسكوبات.[1].

3. التّسلسل الزمني في اكتشاف المعادن واستخدامها:



الرسم البياني يوضح التسلسل الزمني لاستخدام المعادن عبر مختلف حضارات العالم نقلا عن، براهيمي فايزة، ص24

[1] ابراهيم عبد القادر حسن، وسائل واساليب ترميم وصيانة الاثار ومقتنيات المتاحف الفّنية، عمادة شؤون المكتبات، جامعة الرياض، 1979م، ص101

4. استخدامات المعادن في الاثار:

استخدمت المعادن في أغراض شتة :

- ✓ الآلات والأسلحة الحربية.
- ✓ الأواني للأكل(صحون،اباريق، فناجن) وأخرى للزينة(كالمزهريات).
- ✓ العجلات .
- ✓ الحلي والمجوهرات للزينة.
- ✓ التماثيل والمنحوتات.
- ✓ النقود والمسكوكات.
- ✓ في البناء .

5. عوامل تلف الاثار المعدنية

يقصد بعوامل التلف **Demage factors** هو التّقادم الزّمني للنموذج الأثري وتأثير هذا القدم على مظهره وتركيبه[1]، نتيجة تعرضه للتّغيرات البيئية المحيطة به؛ فالمواد الأثرية وهي متواجدة في محيطها تتعرض للعديد من التلف والضرر بسبب تأثرها بعوامل طبيعية أو بشرية أو بيولوجية التي تظهر في شكل مظاهر كالتشقق والصدأ والتآكل وبهتان الألوان والهشاشة وغيرها والتي إن لم يتم التّدخل لمعالجتها ستفقد المواد مع مرور الوقت .

1.6.العامل الفيزيوكيميائي:

يقصد بالعامل الفيزيوكيميائي كل ما ينتج عنه تغيّر في البنية التحتية للمادة الأثرية أو مظهرها الخارجي كاللّون والشّكل والتي تتسبب فيها عوامل مختلفة منها:

1.1.6.التّغيرات في نسب الرطوبة:

[1] تقي دباغ، طرق التنقيبات الأثرية، جامعة بغداد، 1983م، ص227

يعبر عن الرطوبة بأنّها جزيء الماء الذي يتخذ شكل بخار غير مرئي متغلغلا في الهواء الجوي ويعرف بكمية بخار الماء في الهواء بأنّها وزنه في حجم معين من الهواء، لذلك تكون وحدة القياس هي الغرام لكل متر مكعب.

أمّا الرطوبة النسبية وهي أكثر أنواع الرطوبة شيوعا يشير إليها بالنسبة المئوية لبخار الماء الموجود في الهواء عند درجة حرارة معينة، فعندما تكون درجة الحرارة مرتفعة فمن الممكن أن يحتوي الهواء على مقدار كبير من الماء على شكل بخار ولكن بانخفاض درجة الحرارة يتكثف البخار إلى ماء بمعنى آخر ترتبط الحرارة ارتباطا وثيقا بالرطوبة النسبية[1].

الرطوبة النسبية (Relative Humidity) هي كمية بخار الماء الموجود في الجو عند درجة حرارة معينة، ولكن التعبير عن هذه الكمية من بخار الماء لا يجب أن يكون تعبيرا مطلقا، وإنّما تنسب كمية بخار الماء الموجودة في حجم معين من الهواء في درجة حرارة معينة إلى ما يمكن أن يحمله الهواء من بخار الماء، في نفس درجة الحرارة مضروبا في 100 لنحصل على الرطوبة النسبية في الهواء[2].

وتوجد أجهزة لقياس المحتوى الرطوبي للمواد مثل أجهزة(Moisire Meters)، وفيه يتم تحديد كمية المحتوى الرطوبي للمادة الأثرية سواء في فصل الصيف أو الشّتاء، ومن المواد التي يمكن قياس المحتوى الرطوبي لها الأحجار والطوب والملاط؛ والرطوبة عامل له تأثير كبير في تَكَون الصدأ، ويتضاعف تأثيره إذا وجدت عوامل أخرى كالأملاح المعدنية ودرجات الحرارة المختلفة، ويتكون الصدأ تبعا لمعدلات كيميائية ثابتة تختلف من حالة إلى أخرى[3].

2.2.6.التّغيرات في درجات الحرارة:

نتيجة لاختلاف درجات الحرارة عند تصنيع السبيكة المعدنية يحدث لها إجهادات داخلية عبارة عن شحنات كامنة موجودة داخل حبيبات السبيكة، تنشط في حالة عدم الثّبات، وتخلق

---

[1] عبد الصمد رقية، أثر الرطوبة والاملاح على الصخور الكلسية في المباني الأثرية (برج تامنفوستكنموذج)، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر2، 2008-2009، ص56-57

[2] ممحمد معتمد مجاهد، المخاطر البيئية المهددة للتراث الأثري وطرق الصيانة الوقائية، دار العالم العربي، الطبعة الأولى 2020م، ص281

[3] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ص100

من نفسها طاقة تتحرك من مكان إلى مكان داخل المعدن، فتختلف قابلية المعدن للصدأ باختلاف طبيعة التفاعل[1].

يتوقف تأثير درجة الحرارة على الدور المشترك الذي تلعبه الحرارة والرطوبة النسبية للمواد الحساسة للرطوبة بما يعرف بالمحتوى المائي، فإذا تم تثبيت الرطوبة ورفع درجة الحرارة تفقد المواد محتواها المائي ويصيبها الجفاف يصحبه تغيّر في الأبعاد ويستمر هذا الفقد إلى أن تصل إلى حالة الاتزان. كما تعتبر الحرارة بكل مصادرها الحافز الأساسي لكل أنواع التلف الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية[2]؛ ويعتبر تأثير عامل اختلاف درجات الحرارة على المعادن الأثرية أقل تأثيرا مقارنة بالرطوبة والتّلوث.

3.2.6.الأملاح:

الأملاح القابلة للذوبان في الماء والتي من الممكن أن توجد في التربة والمياه بصورة طبيعية والتي تنتقل إلى القطع أثناء عملية الدفن؛ الأملاح أيضا من الممكن أن توجد كعناصر طبيعية في الحجارة الرسوبية بما أنّها من الممكن أن تتفاعل مع أسطح القطع بفعل التّلوث البشري ومن الأملاح الشائع تواجدها في المواد الأثرية الكلوريدات والنترات والكبريتات[3].

وتعمل الأملاح الذائبة على تآكل المعادن بشكل كبير بحيث تظهر عليها طبقات بيضاء مترسبة أو مختلطة مع نواتج الصدأ والتآكل في المعدن الناتجة عن تفاعل المعدن مع الجو المحيط.

4.2.6.الملوثات:

يظهر التّلوث الجّوي على شكل جسيمات عالقة في الهواء في صورة سناج أو دخان أو أتربة أو على شكل غازات في صورة كبريتيد الهيدروجين أول وثاني أكسيد الكربون، ثاني أكسيد الكبريت والكلور والأوزون، وتقاس الجسيمات بالميكرون (ميكرومتر) وهو يساوي واحد على مليون من المتر[4].

---

[1] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع نفسه، ص100

[2] ممحمد معتمد مجاهد، المرجع السابق، ص283

[3] سعيد عبد الحميد حسن، معجم لأهم المصطلحات المستخدمة في مجال ترميم الاثار، الأحجارةالرسوم الجدارية، المؤسسة الدولية لصيانة التراث الثقافي ، ج1، ط1، القاهرة، 2012م،ص41

[4] ممحمد معتمد مجاهد وآخرون، المرجع السابق، ص46

1.4.2.6.الملّوثات الغازية:

التّلوث الغازي يكون أكبر خطورة على المواد الأثرية وخصوصا كبريتيد الهيدروجين ويكون فعل التآكل الناتج مدمرا، كذلك فإنّ ثاني أكسيد الكربون يعطي حمض الكربونيك في الوسط الرطب، أمّا أكاسيد النتروجين فهي تترسب داخل أسطح المواد وينتج عنها مجموعة من التفاعلات التي تؤدي إلى وجود النيتريت والنترات، وتزيد الحموضة للأسطح الأثرية، حيث نجد أن النترات تظهر وكأنّها جزء أساسي من المادة الأثرية ويظهر ذلك واضحا على بعض المواد مثل الجبس والمواد المتحجرة، كما أنّ النترات والحموضة تؤدي إلى الأكسدة، التي من شأنها أن تؤدي إلى تدمير المواد الأثرية والتي تتأثر بكيمياء الغلاف الجّوي[1].

وللتّلوث -خاصة بخار الكبريت- تأثير سيئ على المواد المعدنية ويختلف هذا التأثير بحسب المادة فالذهب قليل التأثر مقارنة بالفضة ثّم النّحاس ثّم الرصاص ثّم القصدير وأخيرا الحديد الذي يعتبر أكثر المعادن تأثرا بهذا العامل إذ يتعرض للتآكل والصدأ[2].

ومن أبرز أنواع التّلوث الغازي التي تسبب التلف للمواد الأثرية غير العضوية مايلي:

- ✓ **ثاني أكسيد الكبريت:** يعتبر غاز ثاني اكسيد الكبريت من أهم غازات التّلوث الجوي وأكثرها خطورة على مواد الأثرية المختلفة، وهو يتولد من احتراق الكبريت والمواد المحتوية عليه مثل الفحم الذي تتراوح فيه نسب الكبريت بين 1.3-1.5 %، والبترول بنسبة 1% وزيت الوقود بنسبة 1.2- 2.6 % والغاز الطّبيعي بنسبة 0.02 %، كما يتولّد هذا الغاز من مخلفات الأفران والمداخن ومصانع الكيماويات وتزداد نسبته بصفة عامة في المدن الصناعية.[3]
- ✓ **ثاني أكسيد الكربون:** يوجد في الهواء وفي صورة ذائبة في المياه، سواء الجوفية أو مياه البخار، ويعتبر ثاني أكسيد الكربون بنسبته الموجودة في الجوّ الجاف غير ضار للاثار المعدنية، أمّا في الجوّ الرطب فالوضع يختلف إذ أنّه يُكَوِنْ حامض الكربونيك الذي يغيّر من قيمة الأس الهيدروجيني، وهو التالي يؤثر على سير التفاعلات الكهروكيميائية ووجود الأكسجين بنسبة

[1] محمد معتمد مجاهد وآخرون، المرجع نفسه، ص46-47

[2] تقي دباغ، طرق التنقيبات الأثرية، ص241

[3] إبراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2011م، ص109

تصل إلى حوالي 20%، يؤدي إلى تحول طبقة الكوبرايت الحمراء (أكسيد النحاسوز) إلى التينورايت ذو اللّون الأسود[1].

- ✓ **أكاسيد النيتروجين Nitragin Oxides:** يحتوي الهواء الجوّي على مركبات نيتروجينية عضوية مختلفة نصفها تقريبا يكون في حالة غازية والباقي يكون في حالة تكثف وتشمل الأولى أكاسيد متعددة للنيتروجين منها أكسيد النيتروز NO2، وأكسيد النيتريك NO2،ويعتبر ثاني غاز ثاني أكسيد النيتروجين عامل مؤكسد قوي ويعمل على تآكل المعادن[2].
- ✓ **الأكسجين:** نتيجة الألفة بين فلزات المعادن واللافلزات، يتعرض المعدن لأجواء تحتوي على الأكسجين، فإنّ ذرة الأكسجين تصطاد بسهولة الالكترونين من ذرة المعدن ليتحد أيون الأكسجين السالب بأيون الفلز الموجب ويتكون أكسيد المعدن على سطح الفلز أو المعدن، وتسمى طبقة الأكسيد على سطح المعدن بالطبقة الأحادية (فيلم رقيق)، وهي طبقة مرئية من الأكاسيد[3].

2.4.2.6.الملّوثات الصلبة: هي جزيئيات التربة والغبار التي تذروها الرياح إذ أنّ قطعا يصل حجمها إلى 15 ميكرومترا تظل عالقة في الهواء بينما تترسب القطع الكبيرة، ويعد تلّوث المواد الأثرية بالتّراب خطرا واضحا، حيث يثبت التراب عليها خلال تفاعل الشحنات الكهربائية الصّغيرة، كما في الطين وغيره، أو بواسطة الالتصاق نتيجة لمواد القطران أو الطلاء اللزج أو المقوي، أو عن طريق المسح أثناء رعايتها وأكثر المواد الأثرية تأثرا هي المواد المسامية مثل الفخار والفسيفساء والحجارة والطين[4].

3.6.العامل البيولوجي: ناتج عن الكائنات الحيّة الدقيقة مثل الحشرات والفطريات والنّباتات أو الحيوانات الفقارية التي من الممكن أن تؤدي إلى فقد طبيعي للمواد أو تلف كيميائي نتيجة لإفراز

---

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2011م، ص99

[2] محمد عبد الرحمن الوكيل، حقائق علمية عن أكاسيد النيتروجين، جامعة المنصورة، اغسطس2020، ص3 نسخة الكترونية: https://www.reseachegate.net/publication329371826

[3] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص97

[4] كرونين ج.أم.، روبنسون و.س.، أساسيات ترميم الأثار، النشر العلمي والمطابع، السعودية، 2006م،55-56

مواد كيميائية[1]، غير أنّ هذا العامل ليس له تأثير واضح أو ضار على المواد الأثرية غير العضوية خاصة إذا تعلق الأمر بالمعادن.

4.6.العامل البشري: الاتلاف البشري ناتج عن أفعال الإنسان كالتدمير جراء الحروب والحرائق أو الاعتداءات أو ما ينتج من أخطاء أثناء التعامل وعلاج القطع الأثرية منذ الوهلة الأولى من الكشف عليها واثناء الاستخراج والرفع والتغليف والتعبئة والنقل والتخزين والعرض وأُناء التحويل والنقل دون اتخاذ التدابير الوقائية المصاحبة لكل عمل.

6. آلية ومظاهر تلف الاثار المعدنية:

تتعرض الأثار المعدنية بسبب المخاطر البيئية المحيطة بها إلى التّلف، ويقصد بتلك المخاطر العوامل التي تحيط بالأثر وتفرض نفسها عليه وتؤثر فيه وتوجه التفاعلات الفيزيوكيميائية من حيث السرعة أو البطء ومن حيث الاستمرار والتّوقف، وكذلك تتوقف عليها نوعية مركبات الصدأ الناتجة، وهذه العوامل إمّا أن تكون غازية أو سائلة أو صلبة، وينجم عن الاتصال بين هذه العوامل وبين الأثر ادمصاص كيميائي لجزيئات الوسط المحيط على سطح الأثر نتيجة للاتحاد الذي يحدث بين فلز الأثر أو فلزات السبيكة المكونة له أو اللافلزات المحيطة به، أو امتصاص ذرات وأيونات من البيئة المحيطة على سطح الأثر بواسطة قوى درفال فيما يسمى بالادمصاص الفيزيائي؛ وبفعل الادمصاص الكيميائي والفيزيائي يصبح فلز المعدن على اتصال بعناصر أخرى تؤثر في جهد التأين له، مما يجعل الفلز مستعدا لفقد الالكترونات من الطاقة الأعلى له، كما تؤثر في الألفة الالكترونية والتي تشير إلى ميل الذّرة غير الفلزية لاستيعاب الإلكترونات، فلو أنّ ذرات لا فلزية امتصت عبر سطح المعدن وكانت قابليتها الإلكترونية أقل من جهد التأين لمعدن (أي ان المعدن على إزالة الالكترونات من مستويات الطاقة له عالية)فإنّ الالكترونات سوف تهجره إلى المادة الممتصة، وبالتّالي سوف يزيد فقد المعدن للإلكترونات حتى يكتسب طبقة ذات شحنة سالبة من الأيونات الممتصة، ومن الناحية الكهروكيميائية فإنّ هذا

[1] سعيد عبد الحميد حسن، معجم لأهم المصطلحات المستخدمة في مجال ترميم الاثار، الأحجار ةالرسوم الجدارية، المؤسسة الدولية لصيانة التراث الثقافي ، ج1، ط1، القاهرة، 2012م،ص 9

التبادل للالكترونات هو الجزء الأساسي لعملية الأكسدة والاختزال، ويمكن دراسة التفاعلات التي تحدث بين المعدن والوسط المحيط حسب ظروف تواجد الأثر في تلك الأوساط[1].

يظهر التلف الذي يسمى عادة تآكل أو تأكسد أو صدأ عند تحويل قسم من المعدن إلى غشاء عتيق أخضر أو أزرق أو برتقالي أو أحمر أو رمادي اللّون، أو حين تكسو المعدن قشرة خارجية لها نفس لون المعدن، وبالتدريج يتحول المعدن الأثري إلى خاماته الطبيعية وبهذه الطريقة تعكس الطبيعة عملية صنع المعادن[2].

8.أنواع التآكل المعدني:

التآكل تبادل فيزيوكيميائي بين المعدن والوسط الذي يكون فيه، فيؤدي هذا التفاعل إلى إحداث تغييرات في خصائصه وبالتالي تلفه ومن بين أنواع تآكل المعدن الأثري ما يلي:

1.8.تآكل منتظم: تكون فيه نواتج التآكل تغطي كامل مساحة المعدن الأثري؛ حيث تتواجد طبقة من التآكل ذات سمك منتظم ويتواجد هذا التآكل في الفضة والرصاص وسبائك النحاس[3].

2.8.التآكل المتمركز أو الموضعي: يكون الصدأ أو نواتج التآكل في مواضع معينة من سطح المعدن وغير متجانسة.

3.8.التآكل النشط: وهو التآكل الذي ينشط في كامل المعدن ويتسبب في صدأ يتغلغل إلى الداخل مسبب تلفا كبيرا للقطعة الأثرية المعدنية[4]. ويطلق عليه التآكل الجلفائي[5].

[1] محمد معتمد مجاهد، المرجع السابق، ص326-327

[2] تقي دباع، المرجع السابق، ص241

[3] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص 109

[4] معمر بساطة مرروان، المرجع السابق، ص 30

[5] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص 109-110

المحاضرة الثّانية: قواعد عامة لصيانة وترميم الاثار المعدنية:

1.مرحلة الفحص والتّشخيص:

لا يمكن إجراء التدخلات على القطعة الأثرية دون معرفة مجموعة من النّقاط المتعلقة بالمادة:

- ✓ معرفة المواد المكونة للقطعة الأثرية.
- ✓ معرفة حالة القطعة الأثرية (نسبة ودرجة التلف)
- ✓ معرفة اسباب تلف القطعة الاثرية.

قبل ازالة الصدأ يجب:

1.فحص القطع الأثرية فحصا جيّدا

2.تحليل الصدأ كيميائيا لاختيار طريقة التنظيف.

3.تقدير كثافة القطع الأثرية للتأكد من عدم تحوله كليا إلى منتجات صدأ.

وتتم بعدّة طرق منها:

1.الفحص بالعين المجردة بالعدسة المكبرة أو باليد من خلال لمس خشونة ونوعومة نواتج الصدأ مثلا.

2.طرق التحليل العلمي للمواد كالفحص بالأشّعة السينية أو باستخدام الميكروسكوب المستقطب أو الإلكتروني الماسح أو بجهاز الفحص بالرنين المغناطيسي وغيرها[1].

2.مرحلة التّقوية والتنظيف:

1.2.التّقوية: هي محاولة المحافظة على التّكوين البنائي الضعيف للمادة بإضافة مادة تزيد من متانتها، غالبا ما تكون راتنج صناعي يطبق كمحلول مخفف وبعد تجمده يملأ الفراغات أو العيوب الموجودة بالمادة الاثرية؛ وتطبق أعمال التّقوية والتنظيف بعدّة طرق حسب حالة حفظ المادة الأثرية:

[1] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ص26-51

- ✓طريقة الرّش.
- ✓طريقة الغمر.
- ✓طريقة تطبيق المادة المقوية بالفرشاة.

2.2.. التنظيف بالطرق الميكانيكية واليدوية Mechanical cleaning

الحالات التي يستخدم فيها الصائن للقطع الأثرية المعدنية التنظيف الميكانيكي هي:

- ✓ عندما يكون السطح الأصلي مغطى بترسبات ضعيفة الإلتصاق.
- ✓ عندما تكون نواتج التآكل غير متجانسة ومسامية مثل كلوريد النحاس.
- ✓ في حالة احتواء القطعة الأثرية المعدنية على مواد مضافة كالأحجار الكريمة أو الزجاج أو المينا.

وتتمثل أنواع التنظيف الميكانيكي المستعملة في حقل صيانة الاثار في:

1.2.2.النقر:

يستخدم في هذه العملية إبر رفيعة مدببة Needles من الصلب ويدق عليها بدقماق خشي برفق، وبعيد عن مناطق الشروخ، ويجب إزالة كميات الصدأ أولا بأول حتى لا تحجب ما تحتها، ولبيان مدى الدقة التي تحتاجها هذه العملية فقد ثبتت التجربة أن ضغطا مقداره رطلا على سن الأبرة الرفيعة يوازي ضغطا مقداره عدّة أطنان على البوصة المربعة.

ويمكن في بعض الحالات عمل بلل للأثر بالماء، مع استخدام الطرق الميكانيكية، وذلك لأنّ حالة البلل تخفض قوّة مركبات الصدأ وتقل متانتها، وبالتالي يسهل إزالتها، ولكن ذلك لابد من حسابه في الجانب التجريبي قبل إجراء الجانب التطبيقي على الأثر، لأنّه قد يؤدي إلى مزيد من تلف الأثر[1].

[1]ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص132

2.2.2..الشطف: Chipping and Scraping

وتستخدم في هذه العملية أزاميل صغيرة Chisels، أو أدوات حفر صغيرة مدببة يعدها المرمم بنفسه وبأحجام مختلفة، وعندما يكون الأثر رقيقا وهشّا فإنّ الأزاميل لا تستخدم، لأنّه في هذه الحالة تكون العينة عرضة للخدش.

النظافة الالكتروكيميائية باستخدام بودرة الألمنيوم وهيدروكسيد الصوديوم للآثار المعدنية (لنظافة القطع المصنوعة من الفضة) باستخدام الفرش لإزالة نواتج الصدأ (الطرق الميكانيكية)، النظافة الميكانيكية باستخدام القطن والفرش ذات النّهاية المربعة أو الكسر، وجب الحرص الشّديد عند استخدام هذه الأدوات حفاظا على طبقة الباتينا وشطف طبقة الصدأ فقط[1].

3.2.2..الصحن:

يقصد بالصحن هنا هو تفتيت طبقات الصدأ الصلبة القوية، ويستخدم لهذا الغرض أشكال مختلفة من رؤوس معدنية تأخذ أشكالا مختلفة، منها ما هو قرص أو مخروطي، أو ذات سن مدبب، ولكل غرض معين، وتركب هذه الأقراص على ماكنة أو موتور حفر "الفريزة"، والتي تشبه إلى حد كبير ماكنة تنظيف الأسنان على أنّه في حالة ما إذا كان الأثر هشّا ضعيفا، فإنّه يستحسن عدم استخدام هذه الطريقة كما أنّه يجب وقف العمل بها عند الاقتراب من سطح الأثر[2].

4.2.2..القطع Cutting:

وتستخدم هذه الطريقة كوسيلة لفصل قطعتين ملتصقتين تماما بواسطة نواتج الصدأ وتستخدم لهذا الغرض في غالب الأحيان منشار معدني Hack-Saw، وذلك عندما تكون طبقة الصدأ كثيفة وصلدة.

5.2.2..الصدمات الميكانيكية Shot-Blasting

تعتمد هذه الطريقة على تعريض الأثر المراد تنظيفه إلى تيار شديد الاندفاع من حبيبات معدنية دقيقة، ويستخدم لذلك مواد تتفاوت درجة صلابتها من منخفضة إلى قوّية مثل مادة

---

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص133

[2] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع نفسه، ص133

كربونات الصديوم أو الكالسيوم أو مادة الكوارتز أو الكربيد أو البوكسيت على حسب حالة مركبات الصدأ ودرجة تماسكها مع تيار من الهواء المضغوط، وينبغي عند العمل بهذه الطريقة أن تضبط زوايا التصادم هذه الحبيبات مع الأثر، وكذلك المسافة بين الفتحة المندفع منها الحبيبات الدقيقة حسب حالة الاثر وصلابة طبقة الصدأ؛ على أنّه يجب أن يراعى عدم استخدام هذه الطريقة عندما يكون الاثر مبتلا، حيث أنّ ذلك من شأنه إعطاء شكلا غير مستحب للأثر؛ ولا تستخدم هذه الطريقة عادة في حالة تنظيف الفضة والذهب والرصاص، ولكنها من أفضل الطرق المستخدمة في تنظيف الاثار البرونزية[1] .

6.2.2..الموجات فوق الصوتية Ultrasonic Wares

هي إحدى الطرق الحديثة المستخدمة في مجال الاثار ، وهذه الموجات شديدة التردد وتقع في المنطقة فوق قدرة السّمع الإنساني، فهي أعلى من 16 كيلوسايكل في الثّانية وقد تصل إلى تردد 30-40 سيكل في الثّانية، حيث يحدث تولد للموجات ومرورها في سائل ممكن أن يكون الماء البارد أو الماء السّاخن أو محاليل حمضية أو قلوية على حسب مكونات الصدأ الموجودة على الأثر، حيث يتولد فقاقيع صغيرة جدا تتحرك حركات سريعة حتى تصطدم بسطح الأثر المعدن وتنفجر مولدة احتكاك له قوّة ميكانيكيةمن جراء الاصطدام والانفجار الذي يؤدي إلى تفتيت مركبات الصّدأ الموجودة على سطح الأثر، ولذا فإنّ هذه الطريقة تحتاج إلى أن يكون الأثر بحالة جيّدة وعليه طبقة خفيفة من مركبات الصدأ و إلاّ سوف يؤدي إلى ضياع الاثر كلية إذا كان الاثر كله متحولا إلى مركبات صدأ، كما لا تحتاج إلى زمن تطبيق طويل بل يجب أن يكون قليلا وإلاّ سيؤثر على سطح الأثر نفسه غير أنّ هذه الطريقة لا تفرق بين ما هو معدن وبين ما هو صدأ، وبالتّالي فإنّها تخلق بعض العيوب نتيجة للتعرض الطويل، ولا تستخدم هذه الطريقة في حالة ما إذا كان الاثر ضعيفا هشّا. أمّا عن استخدام هذه الطريقة مع معدن النّحاس وسبائكه فإنّها تفقده بعضا من قوته هذا إلى جانب أنّها تؤدي إلى إزالة طبقة الباتينا[2].

7.2.2.التلميع: Polishing

[1] إبراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص134

[2] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص134

تأتي كآخر مرحلة بعد الفراغ من الطرق الميكانيكية السابقة وتعتمد على استخدام فرشاة معدنية في شكل القرص أو أقراص جلدية أو من القماش، ويتم تركيب هذه الأقراص على موتور حفر الأسنان وتتم هذه العملية والاثر جاف مع استخدام قطرات ضئيلة من الماء مع مراعاة المحافظة على تفاصيل الاثر والنّقوش الزخارف الموجودة عليه[1]؛ ولو أنّ هذه العملية حسب رأينا ليست بالضرورية لأنّها تأتي على عامل القدم في الأثر.

3.2..الطرق الكيميائية: Chemecal Methods

يقصد بالطرق الكيميائية استخدام المحاليل الكيميائية من أجل إزالة بقايا نواتج الصّدأ التي لا يمكن ازالتها ميكانيكيا.

1.3.2.الحالات التي يكون فيها التنظيف الكيميائي مناسبا:

1. عندما يكون السطح الأصلي مغطى بطبقة من الرواسب.
2. عندما يكون السطح المعدني مغطى بطبقة رقيقة من الأكاسيد .
3. عندما تكون طبقة التآكل كثيفة وسميكة وتحتاج لتليينها قبل البدء بأي تنظيف ميكانيكي.
4. عندما يكون السطح طبقتين مختلفتين من نواتج التآكل (مثلا: كربونات وأكسيد النّحاس).

2.3.2.شروط استخدام المحاليل الكيميائية: عند استخدام المحاليل الكيميائية يجب مراعاة:

1. التقيّد الشّديد بنسب تركيز المحاليل المستخدمة.
2. لابد من الملاحظة المستمر لتفاعل المحلول مع نواتج الصدأ ومدى تغير لون المحلول ورفع الاثر بين حين وأخر لمعرفة حالته ومدى تفاعل المحلول مع سطح الأثر.
3. يجب رفع الأثر من حين لآخر لإزالة بقايا الصدأ الطرية بمشرط.

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص132-134

4. يجب غسل الأثر جيّدا بعد عملية التنظيف لإزالة بقايا المحاليل الكيميائية والقيام بتجفيفه لتجنب تضرره على المدى الطويل[1].

3.3.2.عيوب التنظيف بالطريقة الكيميائية

1. إنّ المحاليل تعطي نتائج غير مضمونة عند الملاحظة غير الدقيقة.
2. قد تؤدي المحاليل إلى إزالة الشّكل الأثري للتحفة (تأتي على ملامح القدم ويظهر الأثر في صورة لامعة).

ولتجنب هذه العيوب يجب:

1. الملاحظة الدقيقة مع ماهو مناسب.
2. التقيّد بنسب المحاليل المستخدمة واستخدام المحاليل بنسب دقيقة مع ما هو مناسب للتفاعل.

4.2.الطرق المعتمدة على الماء الساخن والبارد

تعتمد هذه الأخيرة على الماء المقطر باعتباره من المذيبات الخالية من الأملاح التي تزيل الأتربة والاتساخات القابلة للذوبان فيه، وتطبق حسب حالة حفظ المادة الأثرية وحجمها، فتبطبق بتقنية الغمر في حالة المعادن الصّغيرة والقوّية، وتقنية الرّش في حالة المعادن الهشّة والضعيفة والكبيرة الحجم، وتطبق عملية الرّش تحت ضغط عال أو منخفض يؤدي إلى نزع القشور من سطح المعدن.

ويعتبر الماء من أهم السوائل المنظفة لتميّزه بعدّة خصائص تتمثّل في رخص ثمنه وسهولة تطبيقه بدون مخاطر؛ وخواص الشّد السطحي له، ومقدرته على إذابة المركبات الأيونية، وإذابة عدد كبير من المواد الدهنية والزيتية والأملاح والاتساخات الترابية؛ كما أنّ وجوده يقلل من خواص الميكانيكية للمركبات مما يجعله يعتبر مذيبا عالميا لطبيعته الكيميائية واحتوائه على مجموعة الهيدروكسيل ومجموعة الهيدروجين، ولذا يجب استخدام الماء بارد أول الأمر عندما لا يعطي نتيجة يمكن رفع درجة حرارته إلى 60 م°، ذلك أنّ رفع درجة الحرارة للماء تجعله أكثر فاعلية ومؤثرة في عمليات الإزالة للإتسخات والمواد الغريبة الموجودة على الأثر المعدني، ويمكن

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص135

الانتقال إلى الدرجة الأعلى للماء وهي استخدامه في الحالة البخارية[1]؛ وتجدر الإشارة هنا بضرورة تجفيف الأثر المعدني جيّدا لتجنب تلفه في بيئة حفظه.

5.2..استخدام الصابون والمنظفات :Use of Soaps and detergents

ويمكن استخدام محلول مائي مخفف مع صابون ذو جودة عالية ومحضر في أواني زجاجية، ومراعاة مسح الجزء المنظف جيّدا بواسطة قطعة قماش نظيفة وناعمة قبل الانتقال لغسل جزء آخر، ثّم يغسل بالماء لإزالة آثار الصابون مع مراعاة عدم استخدام الصابون الملون أو القماش أو الإناء الملون تجنبا لرواسبها المكونة لأملاح الصوديوم التي تنشأ خاصة في أماكن الربط بعد تطبيقات كثيرة، يمكن استخدام صابون من نوع Methyl Cyclothexyloleate في الماء مع الكحول الأبيض أو التراى كلور وايثيلين والقادر على إزالة معدل واسع من الأتربة والاتساخات وهذا الصابون لا يملك رغوة ويظل نشط عند وجوده على سطح الاثر عادة الى حوالي 5 دقائق وبعد التنظيف يجب الغسيل بالماء لازالة كل اثار الصابون، والنسبة الملائمة تتراوح من 3-9 أجزاء من الماء والكحول إلى أجزاء من الصابون ثّم ينظف مكانه بالكحول ثّم الماء، كما أنّ استخدام الكحول الأبيض مع Liminet of shoap والأمونيا وعجينة الشّمع تعطي نتائج جيّدة في التنظيف.

6.2..التنظيف بالمذيبات العضوية Organic Solvents

تستخدم المذيبات العضوية في التنظيف لإزالة البقع العالقة بأسطح المعادن والأتربة التي فشلت معها طرق التنظيف الميكانيكي، يراعي عمل اختبارات لاّزمة للتّعرف على طبيعة الاتساخات وأنسب المذيبات العضوية أو محاليلها أو خليط منها لازالتها، وتستخدم المذيبات العضوية في ازالة البقع بشكل موضعي حيث تتميّز هذه المذيبات بقدرة كبيرة على إزالة العديد من البقع التي تشّوه أسطح المعادن الأثرية هذا بالاضافة إلى سرعة تطاير هذه المذيبات ويعتمد الأساس العلمي لإستخدام هذه المذيبات على إذابة الاتساخات في المراحل الأولية في الانتفاخ والتّحول إلى مادة هلامية ثّم الإذابة.

[1] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص136

يشترط عند استخدام المذيبات العضوية أن تتخذ الإجراءات الأمنية اللاّزمة التي توفر الوقاية للقائمين بأعمال الصيانة وكذلك الاثر لما لهذه المواد من خطورة، فهي سريعة الاشتعال وسامة ومن المذيبات المستخدمة في عمليات التنظيف زيت التربنتين المعدني، بنزين، طولوين، زابلين كتيرين، الكحول الايثيلي، كحول ميثيلي، أسيتون، تراي كلوروايثيلين، رابع كلوريد الكربون، بيرديين، ايثيل ايثير يفضل استخدام خليط من هذه المذيبات بنسب متفاوتة أو متساوية حسب قوّة إلتصاق البقع بالسطح حيث أنّ خليط المذيبات يعتبر أكثر فاعلية كم أنّه ينظم عملية البخر[1].

7.2.المحاليل الحمضية Acids solution

تعتبر المحاليل الحامضية من المواد التي تزيل بعض مركبات الصدأ المتكونة على أسطح الاثار المعدنية، ولكنّها أيضا تعتبر مواد خطرة ومن خلال دراسة عوامل تلف الاثار المعدنية وتأثير الأكاسيد والمركبات الكيميائية على تكوين ناتج الصدأ على الاثار المعدنية وكيف تؤثر الأحماض كمنشط للتفاعلات الكيميائية وتكوين المزيد من مركبات الصدأ، بل إنّ تأثير الماء بمجموعة الهيدروجين أو الهيدروكسيل وكيفية قيامها بدور منشط في التّفاعلات التي تحدث بين الأكسجين وسطح المعدن وتكوين أكاسيد معدنية، كل ذلك يعطينا فكرة استخدام المحاليل الحمضية لا بد أن يقنن استخدامها لتأثيرها على سطح المعدن ولا بد من عمل الاختبارات اللازمة للتعرف على أنواعها ودرجة تركيزها الملائمة لعملية العلاج، وهناك العديد منها سواء الأحماض العضوية أو المعدنية مثل حمض الستيريك، والخليك، والفورميك، بالإضافة إلى حمض الكبريتيك والهيدروكلوريك والنتريك، والارثوفوسفوريك والهيدروفلوريك، ويجب أن يتم اختبار الأحماض العضوية أولا مع التّدرج في درجات تركيزها، الرفع التدريجي في درجة حرارتها، ثّم اختبار الأحماض المعدنية ودرجات تركيزها وحرارتها أيضا، والوقت اللازم لعملية العلاج، مع تأكيد التّخلص من بقايا الحمض بعد مرحلة العلاج من خلال عمليات الشطف للأثر المعدني في حممات متتالية في الماء المقطر، يليها حمامات في المذيبات العضوية للتّخلص من بقايا الماء مع إجراء عمليات العزل للأثر المعدني بعد تعرضه لتيار هوائي ساخن لضمان عدم وجود قطرات مائية في الشّقوق والشّروخ أو التّجاويف النحتية للاثر المعدني وتطبيق المادة العازلة مباشرة على

[1] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص 137

الأثر المعدني وهو جاف وساخن حتى نضمن عدم وجود أي قطرات ماء عليه، وذلك لإنّ بمجرد تبريده سوف يكون عرضة لوجود قطرات مائية عليه من خلال ظاهرة التكثّف التي تحدث لتحول بخار الماء الموجود في الحالة الغازية إلى قطرات ماء على السطح المعدني، وإذا ما أجريت عملية العزل في مثل هذه الظروف تؤدي إلى وجود محلول اليكتروليتي لبدء عملية الصدأ من جديد، وهو ما قد يفسر استمرار عملية الصدأ بالرغم من إجراء عملية العزل، وهذا يرجع إلى ظروف تطبيق المادة العازلة في الأجواء الرطبة وليس إلى ملائمة مادة العزل نفسها على الأثر المعدني، ويجب أيضا عند الإنتهاء من أعمال التنظيف للاثر المعدني من سرعة إجراء عملية العزل، وذلك لأنّ طبقة الصدأ تعتبر إلى حد ما طبقة حامية وخط دفاع للاثر المعدني من مهاجمة الاكاسيد والمركبات المحيطة، كما أنّها تمنع الإتصال المباشر بين السطح المعدني والبيئة المحيطة، ولذا فعند التّخلص من هذه الطبقة يصبح الأثر المعدني في اتصال مباشر معها، ولذلك فإنّ السّرعة في إجراء العزل للأثر المعدني تقلل من استهلاكه في تفاعلات مع عناصر البيئة المحيطة[1].

8.2.التنظيف بواسطة ا اختزال الكهروكيميائي:

تقوم عملية الاختزال على إعادة الاليكترونات لأيونات المعدن التي فقدها أثناء عملية الصدأ وتعتمد عملية التنظيف الكهروكيميائي على بناء خلية كهربية أو خلية جلفائية دون استخدام أي تيار خارجي، ويتم تحويل الطاقة الكيميائية إلى طاقة كهربائية، وحيث أنّ المعادن لها سلوك خاص عند اتصالها بالمحاليل الالكتروليتية عند مقارنتها باللافلزات، فإنّ من النّاحية الكيميائية عند توصيل فلزين مختلفين في الجهد الكهربي ومتواجدين في محلول الكتروليتي فإنّ تيارا من الالكترونات يسري من الفلز الأكثر نشاطا إلى الفلز الأقل نشاطا، ويكون الفلز الأكثر نشاطا هو القطب الذي تحدث عنده تفاعلات اختزال القطب الموجب بالخلّية الكاثود بينما الفلز الأقل نشاطا وهو الفلز الذي يحدث عنده تفاعلات الأكسدة ويكون القطب السالب بالخلية الأنود وقد أمكن ترتيب الفلزات المختلفة تبعا للجهد القياسي لها في سلسلة كهروكيميائية، ومن خلال معرفة موقع الفلزين يتم استنتاج سلوكها عند اتصالها بمحلول الكتروليتي، وان يعمل القطب كانود او كاثود حسب القطب المرافق له والعكس بالعكس، وهناك العديد من العوامل التي تؤثر

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في صيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص 138

على كفاءة الخلية الكهروكيميائة، منها ما يتعلق بطبيعة الفلز المستخدم الانود او الكاثود ومنها ما تعلق بالالكتروليت.[1]

3.مرحلة الترميم: ترمم القطع الأثرية بمراحل ترميم هي:

1. الفرز والترقيم وتجميع الأجزاء المنفصلة من خلال تطبيق مادة صمغية مناسبة أو عن طريق التلحيم بمادة مشابهة .
2. تسوية الأعوجاج باستخدام الطرق الخفيف الدقيق بواسطة مطرقة خشبية أو بأحد أدوات الحرفي في موضع التّشوه دون الضغط.
3. استكمال الأجزاء الناقصة بمواد متجانسة لها خصائص تناسب المادة الأثرية المراد تكملتها مع الحرص على التّمييز بين الجزء الأصلي من المضاف.

ولنجاح عملية اللّصق يجب استخدام مادة الراتينج الإيبوكسي المزودة بمواد إضافية تعطي نتائج ممتازة، ويمكن استخدام طبقة التآكل نفسها التي كنا قد نزعناها بواسطة المثقب السني أو المرملة كمادة إضافية، حيث إنّنا باستخدام هذه سنحصل على ترميمات ذات مظهر مماثل للمظهر الأصلي للمعدن، أمّا المسحوق النّاتج عن عملية التآكل فيجب غربلته قبل القيام بمزجه بالراتنج، وبهذا الشّكل نقوم بإزالة الحبيبات الثخينة ومن الممكن استخدام هذه العجينة أيضا لملء الشقوق والتّصدعات وهو ما سيمنح المعدن الكثير من القّوة[2].

1.3.الترميم الكهروكيميائي: وقد عرف في الآونة الأخيرة بالترميم بالترسيب الكهروكيميائي للمعادن، وهي إحدى عمليات اللحام للاجزاء المعدنية المتآكلة أو الناقصة في القطع المعدنية الأثرية بسمك طبقات قد تصل إلى عدّة ميكرونات أو مليميترات بتكلفة مناسبة وجودة عالية.

الترميم الكهربائي هو عملية تشكيل بعض أجزاء الناقصة (مواضع التلف) في القطع الأثرية المعدنية عن طريق التّرسيب الكهربائي لمعدن أو سبيكة على مكان محدد قد أثرت بالعوامل المناخية بالتآكل، كما تعتبر عملية ترميم مثالية لتصنيع الأجزاء المعقدة في بعض النماذج الأثرية في مواضع يصعب الوصول إليها بالطرق التّقليدية الأخرى مثل الفوهات الدقيقة والشّقوق

[1] ابراهيم محمد عبد الله ، المرجع نفسه، ص144

[2] برخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص183-184

العميقة ويمكن تعريف الترسيب الكهربي بأنه عملية تشكيل دقيقة بالإضافة للقطع المعدنية ثنائية وثلاثية الأبعاد بترسيب المعادن كهروكيميائيا[1].

4.الصيانة الوقائية المتحفية:

تتوقف الصيانة الوقائية على المدى البعيد توفير وسط حفظ ملائم وكما هو معروف أنّ المواد المعدنية لا تتأثر بالضّوء أو العامل البيولوجي، غير أنّها تتأثر بالرطوبة والتّلوث لذا يجب المحافظة عليها بتوفير نسب رطوبة مابين 45- 65 % ودرجة حرارة ما بين 19-22 °م[2]، وشدّة ضوء 300 لوكس[3].

[1]السيد أنور الملقى وآخرون، الاعتبارات التقنية للترميم الكهروكيميائي في المنتجات المعدنية التاريخية، مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية، المجلد التاسع، العدد الثالث والاربعون، يناير 2024م، ص2

[2]محمد معتمد مجاهد وآخرون، المرجع السابق، ص349

[3]أحمد ابراهيم عطية، عبد الحميد الكفافي، حماية وصيانة التراث الاثري، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، ط1، 2003م، ص273-274.

المحاضرة الثّالثة: الحديد الأثري (ماهيته-عوامل تلفه وتقنيات صيانته وترميمه)

1. ماهية الحديد:

1.1.تعريفه

يرمز له بالحرف اللاتيني Fe(من كلمة Ferrum) ويمثّل ذرة الحديد، يمكن الحصول عليه من خامات عديدة منها الهيماتيت والمجنيتيت والليمونيت[1]، ويقال أنّ ما يوجد من الحديد على صورة فلز ليس مصدره الأرض ولكنه يتساقط من الشّهب مختلطا بنسب قليلة من النيكل والكوبالت والنّحاس، ويعتبر من أكثر المعادن تعرضا للصدأ مما يعقد عملية علاجه مقارنة بالمعادن الأخرى[2].

يقع الحديد في المجموعة الثّامنة، الدور الرابع من الجدول الدوري حيث أنّه يملك عدد ذري يساوي 26، يشكل 35%من مكونات الأرض، أكثر المعادن ثبات وقوّة ومرونة وشدّة تحمله للضغط وكثافته تصل إلى 7874 كغ، يتميّز بخصائص مغناطيسية، ويوجد الحديد في الكثير من الصّخور البركانية والبازلتية ويأتي بعد الألمنيوم من حيث سعة انتشارها، إذ يشكل 4.2 من القشرة الأرضية وزنا؛ وقد عرفه الإنسان منذ أقدم العصور وهو آخر المعادن المكتشفة تاريخيا بعد النّحاس والذهب والبرونز، واستخدم في عدّة صناعات أبرزها الأسلحة والبناء، وعامة يدخل في الصناعات الثقيلة والخفيفة، استخدمه المصريون قبل 5000 سنة قبل الميلاد، واستعمل الصينيون الفولاذ حوالي 2550 ق.م، ونقله الآريون إلى أوروبا وتطورت صناعته في عهد الإمبراطورية الرومانية بإسبانيا وانتقل إلى فرنسا وألمانيا. وبذلك احتل مكانة كبيرة بين المعادن عبر التّاريخ وذكر في القرآن الكريم[3].

---

[1] وليام ه.ماثيوز، ماهي الجيولوجيا، ترجمة: مختار رسمي ناشد، الهيئة المصرية للكتاب، 1995م، ص46

[2] دحمان ربوح، محاولة صيانة وعلاج المعادن دراسة حالة المجموعة النقدية البرونزية الموجودة في مخزن متحف شرشال الجديد، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في الاثار الصيانة والترميم، معهد الاثار الجزائر 2، 2011-2012م، ص36

[3] رانية عبد الظاهر نوايا، عنصر الحديد وجوده- مركباته- استخداماته، جامعة البعث كلية العلوم، الجمعية الكيميائية السورية،ص 3-5 http://tarek.kakhia.org

2.1.خامات الحديد:

1.2.1.الهيماتيت: أهم خامات الحديد وتركيبه اكسيد حديدكFe_2O_3، وهو أكثر المعادن انتشارا في الكرّة الأرضية، ويوجد على شكل طبقات كتلية سوداء أو على هيئة قشور في الصّخور الصفائحية(الشيست)، ومعظم رواسبه حدث لها تغيّر واغتناء بواسطة المحاليل اللاحقة، وصفاته الفيزيائية هي اللّون رصاصي أو بني محمر أو أسود بلون الحديد، والبريق فلزي إلى ترابي ومخدش أحمر والصلادة من 5-6.5 ، والوزن النوعي 4.9 إلى 5.3 ، والمكسر مسنن إلى غير مستمر.

2.2.1.الماجنيتيت: هو أكسيد مزدوج للحديدوز والحديديك، وهو ينجذب بسرعة للمغناطيس، وهناك نوع من الماجنيتيت يعمل كمغناطيس ويعرف بإسم لودستون وصفاته الفيزيائية هي اللّون الأسود، البريق الفلزي إلى نصف الفلزي والمخدش أسود، الصلادة 5.5 إلى 6.5 والوزن النّوعي 4 إلى 5.2 والمكسر محارى إلى غير مستمر.

خام الليمونيت: (أكسيد الحديد الأصفر)

3.1.خصائصه:

- ✓ معدن صلب مكون من بلّورات (تشكل البنية البلّورية للحديد)
- ✓ قابل للتطريق والسحب حيث يمكن تشكيله كأسلاك.
- ✓ يصدأ بسرعة إذا ما تعرض للهواء الرطب المحتوي على بخار الماء.
- ✓ مقاوم للحرارة.
- ✓ قوّة الشّد ويتحمل الأحمال والأثقال.
- ✓ درجة انصهاره في حدود **1535 أو 1539**د.م.
- ✓ يغلي عند حوالي 3000°م.
- ✓ موصل وممغنط[1].

[1] رانية عبد الظاهر نوايا، المرجع السابق، ص19-20

4.1.مبدأ استخلاص الحديد من فلزاته:

المصدر الرئسي لإنتاج الحديد هو الهيماتيت وكربونات الحديد، ويتلخص مبدأ استخلاص الحديد بإرجاعه إلى أكاسيده بالفحم، وتتم العملية في أفران لافحة حيث يضاف فلز الحديد مع الكوك والحجر الكلسي من أعلى الفرن ويرسل من أسفله هواء حار فيحترق الفحم ويتصاعد غاز الكربون الذي يرجع بطبقات الفحم التي يصادفها متحولا إلى غاز أول أكسيد الكربون وهذا الأخير يرجع بدوره إلى أكاسيد الحديد[1].

2. **مظاهر تلف الحديد الأثري:**

يعتبر الحديد من أكثر الفلزات قابلية للصدأ، لذا يمثل الحديد أعقد المشاكل التي يقابلها القائمون بأعمال الترميم والصيانة للمعادن، وذلك للتّنوع الكبير في نواتج الصدأ، وشدّة التلف التي يوجد عليها الاثار المصنوعة منه؛ فالقطع الأثرية الحديدية لها قابلية كبيرة للتأثر بغاز الأكسجين والرطوبة، إذا ما كانت تلك الاثار مدفونة في تربة ملحية، فإنّ النّاتج بسبب هذه العوامل هو تحول الحديد من فلز إلى مركبات معدنية وهذا التّحول يصحبه زيادة في الحجم مما يؤدي في النّهاية إلى تآكل الاثار وتفتتها[2].

إنّ ترك الحديد الأثري في محيط به رطوبة عالية وملوثات مثل غاز ثاني أكسيد الكربون أو الأكسجين أو ثاني أكسيد الكبريت يتسبب في تشكل طبقات متعددة من الصدأ ومع استمرارية هذا التفاعل يتلف الحديد كليا.

تتميّز طبقات صدأ الحديد بميلها إلى اللّون الطوبي الأحمر وتكون هشّة غير متماسكة بالسطح، تسقط على هيئة قشور، ويتركب الصدأ أساسا من أكسيد الحديديك المائي $2Fe_2O_33H_2O$، مع قليل من كربونات الحديدوز $FeCO_3$[3].

يتعرض الحديد في الغالب للتآكل النشط: على سبيل المثال كلوريد الحديد، تتولد هذه المنتجات ذاتيًا في وجود الرطوبة بعد دورة التآكل وتستمر في هجومها عن طريق الحفر في

[1] رانية عبد الظاهر نوايا، المرجع السابق، ص6-9؛ ينظر أيضا: Leroy M. , Cabboi L., Produire et travailler le fer les atelier de l'est du bassin parisien du V^e siécle av.J.C.au X^e siecle apr.J.C.,INRAP,CNRPS EDITION.Pris,2019.

[2] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص123.

[3] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص124.

الجزيئات على حساب المعدن، وهذا حتى تحت الزنجار أو الباتينا (حالة أمراض البرونز) يمكنها أيضًا في حالة كلوريد الحديد بتكسير الجسم[1].

3. طرق فحص الحديد الأثري:

تعتبر مرحلة الفحص والتّشخيص ضرورية قبل تقرير طريقة علاج الحديد الأثري، وهذه الفحوص الغرض منها هو معرفة هل الأثر تحول تماما إلى نواتج الصدأ أم أنّ الهيكل ما زال قويا، وهذه الفحوص يمكن أن تتم بواسطة التّصوير بالأشّعة السينية أو باستخدام مغناطيس إذ أنّ شدّة المغناطيس تتناسب مع وجود كتلة الأثر والتي لم تتحول إلى نواتج الصدأ؛ أو عن طريق تعيين الكثافة النسبية، وإذا ما تعذرت كل هذه الوسائل فيمكن الفحص يدويا باستخدام إبر معدنية لكشف جزء صغير من سطح الأثر[2]. فبالإضافة إلى الطريقة الميكانيكية السابقة فيمكن الفحص عن طريق وزن الاثر وشكل النواتج وألوانها ولكن تبقى نتائجها نسبية لذا سنتطرق في هذه المحاضرة لطريقة الفحص بالتصوير الطيفي كمثال لطرق الفحص العلمي لمادة الحديد الأثري.

1.3.الفحص بالتّصوير الطيفي:

يستخدم التّصوير الطّيفي لتحليل التّركيب الكيميائي للمواد الأثرية مثل المعادن يساعد في معرفة مصادر المواد الخام وتقنيات التّصنيع التي استخدمت في تصنيعها.

تعتمد وسائل الترميم الناجحة على معرفة خصائص ومركبات المواد الأثرية المزمع ترميمها وصيانتها حتى لا تستخدم مواد ترميم خاطئة يؤدي إلى تفاعل أو نشاط غير مرغوب فيه بين مواد الترميم والصيانة والعلاج وبين المواد والعناصر الأثرية ذاتها مما قد يساعد على زيادة التّلف في الأثر أثناء العلاج؛ لذا أصبح التّحليل الطّيفي للمواد أحد الوسائل الناجحة في الكشف عن نوعية التلف في الاثار بتحليل مركبات المواد وله صلّة مباشرة في هذا المجال، فعندما نعرف التركيب الدقيق للمادة يمكننا تحديد مواد الصيانة المناسبة وكذلك تحديد طرق العلاج[3].

---

[1] Régis Bertholon, Les métaux ferreux et non ferreux, 13/02/2017, p63

[2] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص124

[3] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ص45

يجرى التّحليل الطيفي للمواد باستخدام جهاز مطياف الانبعاث؛ بحيث أنّ الأضواء الصادرة عن احتراق المادة يمكن تحليلها إلى ألوان الطيف المختلفة، فعند وضع عينة من أي مادة بين القطبين من الكربون لحرقها، ينتج عن ذلك لهب شديد يحتوي على ألوان مميزة، يمكن الحصول عليها من خلال منشور زجاجي، وتظهر بالترتيب الآتي من ناحية اليمين: بنفسجي، أخضر، أصفر، أحمر، وما بينهم من درجات للألوان، والتي تختلف من مادة إلى أخرى ويمكن تمييزها تبعا للجداول الثّابتة الخاصة بذلك أو بمقارنتها باحتراق مادة نقية من نفس النّوع على قطبين من الكربون في جهة أخرى[1].

4. التنظيف:

لا يستحب غسل الآثار الحديدية إذ أنّ الماء والأكسجين يؤديان إلى تآكل المعدن، ومن الأفضل أولا القيام بتنظيف المعدن بالفرشاة بنعومة، وذلك لتحريك الأتربة والجذور الصّغيرة الناتجة عن أعمال الحفر، وعند تنفيذنا لهذه العملية علينا أن نتخذ الاحتياطات اللازمة لأنّه في كثير من الأحيان نعثر على اثار حديدية تكون حالتها ضعيفة جدا، إضافة إلى إمكانية وجود الكثير من التصدعات فيها، وفي كثير من الحالات فإنّ الأتربة العالقة والمتصلبة هي التي تحافظ على وحدة القطع مع بعضها البعض بالفعل، وعند قيامنا بإزالتها فإنّها تتقشّر بسهولة، لذا ننصح بترك إزالة الأوساخ للمعالجة المخبرية من طرف المختّص وهناك عدّة طرق في التنظيف نذكر منها:

1.4.التنظيف الكهروكيميائي للقطع الأثرية الحديدية:

توضع القطعة الأثرية الحديدية في وعاء أو حوض وتغطى بمسحوق الزنك ويصب فوقها محلول الصودا كاوية بتركيز 5أو10%، ويسخن المحلول فيتصاعد غاز الهيدروجين نتيجة هذا التفاعل مما يجعل طبقة نواتج الصدأ طرية يمكن نزعها بالفرشاة، لتغسل بعدها بماء مقطر وتجفف في حمامات من الكحول ثّم الإثير، وتستخدم هذه الطريقة عندما تكون القطعة الأثرية الحديدية محتفظة بنواة المعدن؛ أمّا القطع المتأكسدة بالكامل فلا يكون هناك داعي لتنظيفها،

[1] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ، ص45

وإذا تم اكتشاف نواة المعدن نكتفي بالتنظيف الميكانيكي الآلي[1]. والتي ذكرناها في المحاضرة السابقة وأحيانا نلجأ لترطيب وتطرية النواتج ليتم ازالتها بالفرشاة أو المشرط.

5. **ترميم الحديد الأثري:**

يمكن استخدام مادة الراتنج الإيبوكسي من أجل ترميم معدن الحديد الأثري لوصل القطع وملئ الفجوات وتكملة الأجزاء الناقصة فيه، ولترميم الفجوات ذات المساحات الكبيرة ، نقوم بتحضير قالب في شكل مسبق، أمّا الزائد من الراتنج فيتم ازالته بعد جفافه بالمشرط، وإنّ استخدام المثقب السنّي مع السنبلة الملائمة هي طريقة عميلة أكثر، وفي هذه الحالة نراعي إزالة الفائض عندما يصبح راتنج متصلبا تماما، وعدم الإبقاء على السنبلة في المكان نفسه لمدّة طويلة حيث أنّ الحرارة النّاتجة عن الدوران تحرقه وتطريه ومن ثّم لا يمكنه أن يكون فعالا في النّزع لذا لابد من تركه يبرد ثّم ليتصلّب، وفي الأخير نقوم بتغطية القطعة الحديدية بالشّمع البلوري الدقيق في الأكسيلول وبيداكريل ومن المناسب تطبيقه ساخنا لينفذ بشكل جيّد، مع الأخذ بعين الاعتبار اتخاذ الإجراءات الوقائية كوضع القفازات والنظارات والأقنعة الواقية[2].

[1] بيرخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص189

[2] نفسه، ص190

المحاضرة الرّابعة : صيانة وترميم النّحاس الأثري

1.ماهية النّحاس:

1.1.تعريف النّحاس:

اشتّقت كلمة النّحاس من اسم جزيرة قبرص التي اشتّهرت بمناجم النّحاس، أطلق الرومان على النّحاس اسم: "Cyprium-aes"، والتي أشتّقت منه فيما بعد" cuprum" والتي تعني باللاتينية النّحاس[1]؛ رمزه الكيميائي **Cu**.

النّحاس الأثري: مادة أثرية غير عضوية غير مسامية تشّكل مجموعة القطع الأثرية النّحاسية كالأواني المحفوظة في المتاحف مزخرفة بنقوش محفورة أو معشقة أو في تلبيس الأبواب الخشبية وصناعة المدقاة في المباني وغيرها.

2.1.الصّورة التي يوجد فيها النّحاس في الطّبيعة:

- ✓ صورة عنصرية بكميات صغيرة جدا في العروق المائية الحارة.
- ✓ كتل غير منتظمة.
- ✓ قشور بعروق الحجر الرملي أو الجيري بالقرب من الصخور النارية.

3.1.خامات النّحاس:

- ✓ **الآزوريت**: مادة ذات لون أزرق غامق من كربونات النّحاس القاعدية تتكون عادة نتيجة تفكك كبريتيد النحاس ثّم تأكسده.
- ✓ **الكريزوكولا:** مادة ذات لون أزرق أو أخضر مائل للزرقة تتركب من سيليكات النّحاس.
- ✓ **الملاخيت:** لونه أخضر من كربونات النّحاس القاعدية[2].
- ✓ وتقسم الخامات النّحاس إلى نوعين هما خامات الكبريتيدات وخامات أكسيدية[3].

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص9

[2] محمد عبد الهادي، دراسات علمية في ترميم وصيانة الاثار غير العضوية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة، 1997م،ص123.

[3] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص15

4.1.الخواص الفيزيائية

- ✓ يتميّز النّحاس بلونه الأصفر المائل للحمرة وهو في أنقى حالاته.
- ✓ يتبلور النّحاس في فصيلة المكعب متمركز الأوجه .
- ✓ موصل جيّد للحرارة والكهرباء .
- ✓ درجة انصهاره 1083د.م.
- ✓ درجة الغليان2310°م.
- ✓ قابل للتّشكيل والتّصفيح والطرق[1].

5.1.الخواص الكيميائية

- ✓ فلز غير نشط حيث يتأكسد في الهواء ببطء.
- ✓ لا يتفاعل مع حمض الهدروكلوريك المخفف والمركز .
- ✓ لا يتفاعل مع حمض الكبريتيك المخفف.
- ✓ يتفاعل مع حمض النيتريك المخفف والمركز وحمض الكبريتيك المركز[2].

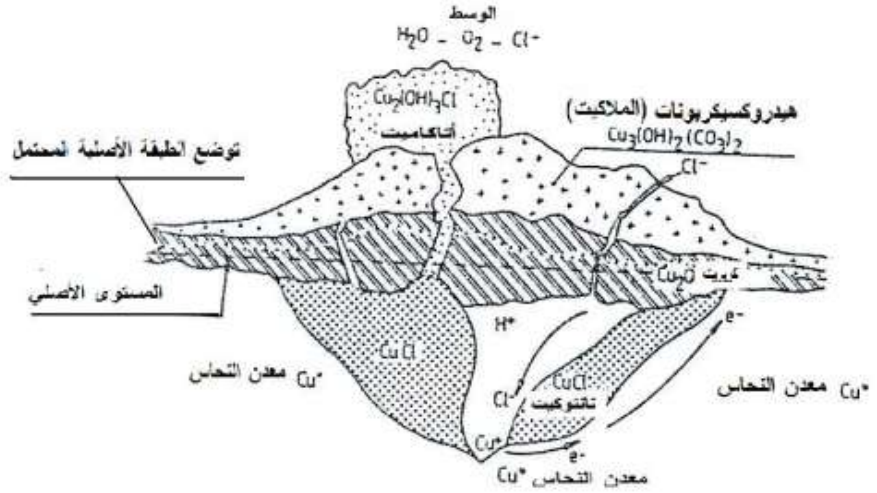
2.عوامل تلف النّحاس: (ينظر الشّكل 02)

- ✓ يتأثّر النّحاس بغاز كبريتيد الهيدروجين الموجود في الجو كشوائب فتتكون على سطحها طبقة سوداء من كبريتيد النّحاس.
- ✓ يتأثر النّحاس بغاز الأكسجين بحيث تتكون طبقة من أوكسيد النّحاس الأحمر.
- ✓ إنّ وجود الرطوبة والأكسجين وثاني أكسيد الكبريت وغاز كبريتيد الهيدروجين كشوائب غازية في الجو يسبب ظهور طبقة صدأ سطحية من أكاسيد كبريتات أو كبريتيدات المعادن.

[1] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص12

[2] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص11

- ✓ أمّا إذا كان النّحاس في تّربة رطبة فتتداخل معها طبقات من كربونات النّحاس القاعدية الخضراء أو الزرقاء اللّون.
- ✓ وإذا كانت التّربة الرطبة بها أملاح يتّكون بالإضافة إلى ذلك كلوريد النحاسوز الذي يتحول بتفاعله مع الأكسجين إلى كلوريد النحاسيد القاعدي وهو مادة خضراء اللّون[1].



الشّكل 02: يبين التآكل النشط لمعدن النحاس نقلا عن: ماري ك.برديكو، الحفظ في علم الاثار الطرق والأساليب العلمية لحفظ وترميم المقتنيات الأثري، ترجمة: أحمد الشاعر، المعهد العلمي الفرنسي للأثار الشرقية بالقاهرة، مكتبة عامة، المجلد 22، 2002،ص242

1.2.مظاهر التلف:

- ✓ القشور الخضراء أو المزرقة.
- ✓ الإسوداد.
- ✓ الاسوداد القاتم.
- ✓ المعدن اللامع.-
- ✓ الزنجرة[1].

[1] تقي دباغ، طرق التنقيبات الاثرية، ص 242

2.2.خواص الصدأ في النّحاس النّقي:

- ✓ عملية الصدأ بطيئة.
- ✓ طبقة الصدأ رقيقة منتظمة متداخلة مع سطح الأثر.
- ✓ لا ينتج عنه تغيير وتشويه شكل القطعة الأثرية ومظهرها.
- ✓ في كثير من الأحيان تكون طبقة الصدأ بمثابة الطبقة الواقية ما تسمى بالباتينا ما لم تتداخل مع عناصر أخرى كـ(كلوريد النحاس القاعدي).
- ✓ من المعادن السريعة التأكسد عند تعرضه للهواء الرطب وينتج عن ذلك طبقة رقيقة حمراء اللّون من أكسيد النحاسوز ونلاحظ أنّ هذه الطبقة تحمي الأثر من انتشار الصدأ في حالة النّحاس النّقي عند تعرضه للأملاح، أمّا إذا كان النّحاس يحتوي على نسب جزئية من عناصر أخرى مثل الخارصين أو القصدير ، فهذه العناصر تساعد على تفتت طبقة أكسيد النحاسوز التي تظهر بشكل صدأ لونه برتقالي مائل إلى الأصفر الفاتح، وتؤدي إلى زيادة سمك طبقة الصدأ.

وطبقة الصدأ هذه إمّا أن تكون كلوريدات ذات اللون الأخضر أو كربونات ويكون لونها أخضر مائلا إلى السواد أو أزرقا فاتحا مائلا إلى السواد وبجانبها طبقة من أكسيد النحاسوز حمراء تحيط المعدن وهي الطبقة السفلى من الصدأ.

3.2.خواص تآكل النّحاس عن الحديد:

1. حجم منتجات التآكل مماثل للمعدن بحيث ان قشرة التآكل لا تكون على الإطلاق كبيرة جدا.
2. إنّ التآكل مؤلف من حبيبات متداخلة ومن ثّم فإنّ بعض منتجات التآكل يمكن أن تترسب داخل المعدن.
3. تطور طبقات الصدأ منتظم.

---

[1] كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، اساسيات الترميم، المرجع السابق، ص319-324، ينظر ايضا: دحمان ربوح، محاولة صيانة وعلاج المعادن، دراسة حالة المجموعة النقدية البرونزية الموجودة في مخزن متحف شرشال الجديد، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الاثار صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر، 2012-2013م، ص64-65

3.مرحلة الفحص والتشخيص:

لا يمكن إجراء التّدخلات على القطعة الأثرية دون معرفة المواد المكونة للقطعة الأثرية، معرفة حالة القطعة الأثرية (نسبة ودرجة التلف)، معرفة أسباب تلف القطعة الأثرية[1].

وقبل ازالة الصدأ يجب:

- ✓ فحص القطع الأثرية فحصا جيدا بالأشعة السينية.
- ✓ تحليل الصدأ كيميائيا لاختيار طريقة التنظيف.
- ✓ تقدير كثافة القطع الأثرية للتّأكد من عدم تحوله كلّيا إلى منتجات صدأ .

يساعد التّصوير بالأشّعة في التّعرف إلى العملات المعدنية، والنّقوش والخواص التقنية بما في ذلك مادة الصنع وعلامات الأدوات المستخدمة واللّمسات التزيينية، وحيث أنّ قشرة القطع الأثرية المصنوعة من سبائك النحاس تكون عادة قليلة فإن التصوير بالأشعة يعتبر أقل ضرورة مما هو عليه في القطع الحديدية غير أن التصوير بالأشعة يكون مفيدا في تحديد حالة القطعة الاثرية مما يكشف ما تبقى من قلب المعدن ومعرفة نوع التآكل وغيرها[2].

4.التنظيف

اختيار الطريقة المناسبة للتنظيف يعتمد على نتائج الفحوصات والتحاليل التي من خلالها نتعرف على مكونات منتجات الصدأ الموجودة على سطحها القطع الأثرية النحاسية:

1.4.التنظيف الميكانيكي:

تم استخدام فرش ناعمة بأحجام مختلفة حسب حالة وسمك القطعة طبقة التآكل. تم استخدام الإفريز بالتّوازي مع السطح لإزالة الأجزاء الزائدة من اللّحام، الذي تم إجراؤه في عملية ترميم سابقة، للحصول على سطح مستو، كما تم استخدام الإفريز لتنظيف الحفر التي تحتوي

[1]ابراهيم عطية، عبد الحميد الكفافي، المرجع السابق، ص102

[2]كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع السابق، ص333

على مركبات التآكل الحرص الشّديد على اختيار الرؤوس التي تتناسب مع طبقة التآكل وحالة النّحاس صينية للحفاظ على طبقة الزنجار[1].

ويعتمد التنظيف الميكانيكي على مجموعة من الأدوات اليدوية المختلفة يتوقف اختيارها واستخدامها على حسب حجم الأثر وحالة حفظه و طبيعة نواتج التآكل والشّوائب العالقة به ودرجة التصاقها وتشمل هذه الأدوات مجموعة الإبر الدقيقة المثبتة في أيادي خشبية أو معدنية، وكذلك مجموعة من الازاميل الدقيقة المختلفة الأشكال، والفرر والمشارط بالاضافة إلى أدوات طبيب الأسنان، حيث يتم استخدام إبر رفيعة ومدببة من الصلب في النقر في حالة طبقات الصدأ التي تأخذ شكل صفائح بينما تتم عملية الشطف والكشط بواسطة أزاميل صغيرة مختلفة المقاسات ومشارط حادة حيث تستخدم هذه الأدوات في كشط أو حت الطبقات السميكة من مركبات الصدأ مع المحافظة على طبقة الباتينا بحيث نستخدم هذه الأدوات في اتجاه موازي لسطح الأثر[2].

2.4.التنظيف الكيميائي:

واستنادا إلى أحد التجارب فقد تم عمل حمامات التنظيف الكيميائي في الأحواض البلاستيكية مع المراقبة المستمرة للأجزاء المعالجة. تحتوي هذه الحمامات على ملح روشيل، حامض الستريك بتركيز 3% ثّم حمامات متتالية تحتوي على بيكربونات الكالسيوم معادلة القلويات بالحمض، تم استخدام القطن الطبي لإزالته طبقات من التآكل والأوساخ، بعد إزالة أجزاء الآنية النّحاسية من الأحواض البلاستيكية. يتم إجراء حمامات متتالية من الماء المقطر لإزالة أي تنظيف كيميائي متبقي. وأخيرًا، تم استخدام المجفف لضمان جفاف الأثر بعد وضعه المتتالي في الماء المقطر (في درجات حرارة منخفضة حتى لا تتلف صينية النّحاس)[3].

3.4.كيفية التّخلص من الصدأ:

[1] Gehan Adel M.,MonaE.M., Wae A.E.A.,Consevation techniques of an archaeological copper tray in the Islamic art museum in cairo, مجلة التراث والتصميم، المجلد الأوّل، العدد السّادس، ديسمبر 2021

[2] حنفي عائشة، خواص مادة النحاس وطرق علاجها، مجلة الاثار، معهد الاثار، الجزائر 2، المجلد الرابعة عشر، العدد الثّاني، ديسمبر 2012، ص349

[3] Gehan Adel M.,MonaE.M., Wae A.E.A.,Op cit,p352

سبب تلف الاثار النحاسية هو أملاح الكلوريدات لذا يجب على المشتغليين بتنظيف هذا النّوع من الاثار التّخلص منها، وللمحافظة على شكل بعض القطع النحاسية التالفة.

الحالة الأولى:

تحول أغلب معدنها إلى صدأ وحفاظا عليها من ضياع معالمها استعمل المواد الكيماوية التي تزيل أملاح الكلوريد فقط، والإبقاء على بقية الأملاح ومن هذه المواد سيسكوكاربونات الصوديوم، وذلك بأنّ توضع المسكوكة أو الأثر في إناء يحتوي على محلول 5 % في الماء المقطر من المادة الكيمياوية المذكورة على أن ينظف بفرشاة شعر تحت الماء الجاري يوميا حتى يتم التّخلص من املاح الكلوريد، وبعد ذلك ينقع في الماء المقطر لعدة ايام ثم تجري عملية الكشف عن أملاح كلوريد كما هو متبع، ثّم يوضع الأثر في الكحول لمدّة ثلاث ساعات ويمسح بعدها بقطعة قماش قطن لينة، ويجفف ثم يطلى بمادة عازلة للرطوبة، مثل بولي فينايل اسيتات.

الحالة الثّانية:

لإبراز معالمها ولونها الحقيقي تزال عنها جميع أنواع الصدأ، وتستعمل لذلك محاليل كيماوية مختلفة تبعا لنوع مركبات الصدأ، فإن كانت كلوريدات أو كبريتيدات تزال باستعمال حامض الستريك المخفف في الماء المقطر بنسبة 5%، وتوضع الاثار النحاسية في إناء زجاجي ويضاف إليها أحد المحاليل التي سبق ذكرها، فهذه المواد الكيماوية تذيب طبقات الصدأ إن كانت كلوريدات أو كربونات على أن يرافق ذلك غسل وتنظيف الآثار بفرشاة ناعمة تحت الماء الجاري مرتين في اليوم حتى يتم التّخلص من الصدأ، كما يستعمل أيضا محلول مركب من ثلاث أجزاء ملح روشل وجزء واحد من هيدروكسيد الصوديوم مذاب في الماء المقطر بنسبة 10% حيث أنّ هذا المحلول القاعدي يعطي نفس النتائج لإزالة الصدأ وهذه المواد المذكورة تذيب مركبات الصدأ لكنّها لا تؤثر في معدن القطعة.

وبعد إزالة الأملاح الكلوريد والكبريتيد تظهر على الاثار طبقة حمراء من الصدأ وهي أكسيد النحاسوز التي تغلف المعدن المتبقي، فتعامل بمحلول مخفف في الماء المقطر بنسبة 10% من حامض الكبريتيك والمعالجة لا تأخذ وقتا طويلا لأنّ طبقة أكسيد النحاسوز تكون رقيقة فتذوب بعد وقت قصير ويرافق المعالجة غسل الاثار تحت الماء الجاري بالفرشاة نحاسية لإزالة المواد

العالقة، وبعدها تنقع في الماء المقطر لمدّة ثلاثة ايام على ان يبدل الماء يوميا ثّم تجرى عليه الفحوص للتّأكد من تخلص الأثر من الأملاح وينقل بعدها إلى حمام الكحول لمدّة ثلاث ساعات ويمسح بقطعة قماش قطنية لينة قبل وضعه داخل الفرن ليجف في درجة حرارة 105م°، وبعد أن يبرد تخرج الاثار من الفرن وتطلى بمادة بلاستيكية لحمايتها من الرطوبة والتّلوث، و بهذا تكون الاثار النحاسية قد تخلصت من الأملاح وطبقات الصدأ[1].

4.4.ازالة مركبات الصدأ من نوع النحاسيك مع ازالة طبقة الباتينا:

- تذاب مركبات النحاسيك التي تكون السطوح الخارجية الصدأ باستخدام ملح روشل القاعدي-وعندما تنكشف مركبات النحاسوز يستخدم محلول مخفف من حامض الكبرتيك 10% لإزالتها.
- ثّم تجفف القطع الأثرية بوضعها في حمامات متتالية من الكحول.
- تزال الطبقات السميكة والصلبة من أملاح الكالسيوم والمغنيزيوم بمحلول مخفف من حامض النتريك.

5.4.**ازالة مركبات الصدأ من نوع النحاسيك مع الحفاظ على طبقة الباتينا:**

- يتم ازالة طبقات الصدأ النحاسيك باستخدام المحاليل مثل **هيدروكسيد الصوديوم وثلاثي فوسفات الصوديوم.**
- **محلول سيسكوي كربونات الصوديوم 5 %** يستخدم بوضع الأثر في المحلول لمدة ثلاثة أسابيع مع تغييره من لوقت لآخر كلما تحول لونه للأزرق حتى تزال طبقة كلوريد النحاسيك[2].
- **محلول ملح روشيل**: يستخدم هذا المحلول بصفة عامة عند التضحية بالباتينا لإزالة مركبات النحاسيك من على أسطح العملات النحاسية ويحضر بإذابة 50جم من

[1] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ص106-107

[2] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع نفسه، ص154

هيدروكسيد الصوديوم فى لتر ماء بارد ثم إضافة 150جم من ملح روشيل (طرطرات الصوديوم)

- **محلول الجليسرول القلوي:** يحضر بإذابة 120 جم من الصودا الكاوية فى لتر ماء ثم إضافة 40 مم من الجليسرول ويمكن استخدام هذا المحلول بدلاً من المحلول السابق لسهولة تحضيرة.

وهناك عدّة محاليل قلوية أخرى تستخدم بنجاح مثل:

- محلول سيسكوى كربونات الصوديوم.
- محلول مادة الديتارول.
- كربونات الصوديوم المائية[1].

5.الترقيم والتجميع: (تم الاستعانة بأحد التجارب لترميم صينية نحاسية من النّحاس الأحمر)

1.5.**مرحلة الترقيم:**

✓ يتم ترقيم الأجزاء المختلفة من الأنية النحاسية وتسجيلها لتحديد مواضعها.

2.5.مرحلة التجميع:

✓ لإعادة الأجزاء لمواضعها الأصلية أثناء عملية التجميع تم صنع قالب من طبقات شمع الأسنان لتثبيت الأجزاء المنفصلة ووضع الحشو لملء الفراغات بين الأجزاء المنفصلة التي تتكون منها الصينية النحاسية.

✓ تم عزل شمع الأسنان مع Paralloid-B72بتركيز 3٪. تم استخدام السيليكون والشاش لتقوية.

✓ يتم تثبيت الأجزاء المنفصلة من الصينية باستخدام معاجين إيبوكسي[2].

[1] ابراهيم محمد عبد الله، ص153-154

[2] Gehan Adel M.,MonaE.M., Wae A.E.A, Op Cit, P353

3.5.تكملة الأجزاء الناقصة:

تم استخدام ثلاث طبقات لدعم عملية الإنجاز للجزء المنفصل، حيث تم وضع طبقة باستخدام مادة السيليكون، ثم بعد التجفيف يتم وضع طبقة أخرى من السيليكون، ثم طبقة من السيليكون والشاش. يجب أن تجف كل طبقة قبل وضع الطبقة التالية، ثّم يتم تثبيت طبقة الشاش بمشبك معدني حتى يتم تثبيت هذه القطعة في مكانها بشكل صحيح. بعد أن يجف القالب الذي يدعم الجزء المنفصل لمدّة 24 ساعة، ويتم تجفيف الوصلات الموجودة (الفراغات).تم الانتهاء من استخدام (معجون الايبوكسي مع الأكاسيد الطبيعية وكربونات الكالسيوم مع البالونات الدقيقة كمادة حشو)، تم تثبيت القالب وتركه حتى يجف لمدة 42 ساعة. ثم استخدام شمع الأسنان عن طريق نسخ الجزء المفقود من حافة الآنية النحاسية وتم استكماله بمعجون الايبوكسي مع التخلص من الزوائد وتسوية السطح[1].

6.الحفظ الوقائي:(عملية الطلاء الواقي)

تمت حماية سطح الآنية النحاسية باستخدام بنزوتريازول بنسبة 3٪ (مع اتخاذ جميع الاحتياطات حتى لا تؤثر على صحة المرمم مثل ارتداء القفازات في اليدين وقناع على الأنف أثناء التنفيذ[2]

[1] Gehan Adel M.,MonaE.M., Wae A.E.A, Op Cit, P353
[2] Gehan Adel M.,MonaE.M., Wae A.E.A, Ibid, P353

المحاضرة الخامسة: صيانة وترميم البرونز الأثري

1. ماهية البرونز:

معدن البرونز سبيكة معدنية من النّحاس والقصدير وبعض الشوائب بنسبة ضئيلة من الألمنيوم والزنك والرصاص والفسفور[1]. فإذا كان القصدير موجودا بتركيزات أكبر من 2 %،فإنّه قد يعتبر تسبيكا معتمدا لانتاج البرونز، الذي هو أصلب من النّحاس النّقي، إنّخليط السبيكة الشّائع بمقدار 10% من القصدير هو الأصفر المحمر، وعند نسبة 14%تحول مرحلة الهشاشة البرونز الذهبي الحاصل أكثر قساوة، عند تركيز أكثر من 20%، يبدو البرونز المعدني الجرسي غير قابل للشغل تماما أكثر شحوبا، وعند تركيز أعلى من 30%، يمكن فصل القصدير في الصب ليعطي طبقة بسطح أبيض أو يكون برونزا هشّا عالي القصدير أي السبيكة المرايا المعدنية الذي يستخدم في المرايا ولتحسين خصائص الصب، يضاف الرصاص إلى البرونز[2].

1.1.تاريخ استخدام البرونز

كان اكتشاف سبيكة البرونز محظ الصدفة لقرب معدن النحاس لمواضع تواجد القصدير وقد استخدم البرونز كسبيكة في غرب اسيا عند السوماريين وإيران ثّم انتشر عبر التجارة إلى باقي المناطق كمصر التي أصبحت تستورد القصدير لصناعته، حيث أنّ أقدم الاثار البرونزية تم العثور عليها بأطلال مملكة أور ببلاد مابين النهرين ويرجع تاريخها إلى 3500-3200ق.م، ثّم ذاع صيته في العصر الاسلامي فقد استخدم في أدوات الزينة وفي الأبواب والأواني بشكل متقن وفي سك النقود[3].

2.1.طرق التصنيع

صنع البرونز قديما من معدني النحاس والقصدير فقط ثّم أضيف إليه الرصاص وخاصة في العصر اليوناني والروماني قصد تحسين خصائصه الفيزيائية؛ وقد صنع البرونز بتقنية الطرق

[1] ماهر عبد الله ديوان الوجيه، الأسلحة في اليمن القديم (دراسة أثرية مقارنة لنماذج من مجموعات القطع الاثرية في المتاحف اليمنية)، رسالة لنيل درجة الماجستير في الاثار القديمة، قسم الاثار، جامعة صنعاء، 2012م، ص19

[2] كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع السابق، ص317-318

[3] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص27-31

على المعدن وهو ساخن أو بتقنية الصب بصب المعدن المصهور في قوالب مُعَدَة لذلك وهذا لخاصيته عند الصب فهو لا ينكمش عند التّجمد ويأخذ شكل القالب.

3.1.خواص البرونز

- ✓ لونه يتراوح بين الأحمر الذهبي والأصفر الذهبي
- ✓ الليونة والسيولة
- ✓ يتماسك عند التجمد
- ✓ قابل للطرق
- ✓ الصلابة
- ✓ يتميّز بمناعته ومقاومته للصدأ والتآكل[1].

4.1.بعض الخصائص التي تتميّز بها سبيكة البرونز عن معدن النحاس

- ✓ البرونز المنصهر أكثر سيولة من النّحاس المنصهر وبذلك يكون البرونز أسهل في عمليات الصب.
- ✓ البرونز لا ينكمش عند تحوله من حالة الانصهار إلى التجمد ويزيد حجمه قليلا، أمّا النّحاس لا يصلح للصب لأنه ينكمش عند التبريد ويمتص الاكسجين والغازات.
- ✓ لا يمتص البرونز الغازات ولا يصبح مليئا بالفقاعات الهوائية، بحيث يمنع القصدير سبيكة البرونز من امتصاص الأكسجين والغازات الأخرى.
- ✓ تنخفض درجة انصهار النّحاس بإضافة القصدير إليه[2]. (ينظر الجدول 01).

[1] براهيمي فايزة، المرجع السابق، ص58
[2] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص32-33

السبيكة	النسبة المئوية للنّحاس	النسبة المئوية للقصدير	درجة الانصهار
النحاس + القصدير	**% 95**	% 5	1050° م
	%90	%10	1005 ، م
	%85	%15	960 ، م

الجدول 01: يبين درجة انصهار سبيكة البرونز حسب النسب المئوية للنحاس

2.عوامل تلف البرونز ومظاهره:

التلف الواضح الذي يحدث للآثار المعدنية نتيجة التعريض خاصة البرونز هو ان يكون بالأثر صدأ نشط، والذي يستمر نشاطه على حساب المعدن المتبقي حتى بعد نقله من التربة ومن بين أبرز عوامل التلف هي:

1.2.الماء والأملاح:

بزيادة الرطوبة في الجو تزداد قابلية التحف البرونزية لامتصاص كمية الماء العالق ومن هنا تتكون الفطريات التي تسبب في تآكل اللّقى البرونزية، بالاضافة الى نقص درجة الرطوبة بالجو وبالتالي تؤدي إلى جفاف التحفة؛ فالتّحف البرونزية تتأثر بالرطوبة النّسبية إذا تتراكم وتتفتت في الجو الرطب وتتغطى بقشرة خضراء رمادية وهي ناتجة من منتجات التآكل[1].

أمّا الأملاح غير القابلة للذوبان فهي تترسب فوق سطح المعدن مما يغطي المواد البرونزية، ففي حالة السبائك النحاسية تشكل الكلوريدات طبقة شبه متجانسة رمادية اللّون.

2.2.الغازات:

تتمثّل بصفة خاصة في الأكسجين الذي يوجد في التربة بحيث يلعب دورا في عملية تشكل البرونز في البيئة الأثرية إضافة إلى الهيدروجين H2 وغاز الكربونيكCO2 والغازات الناتجة عن انحلال

[1] لعريبي حجيلة، أسس ومبادئ صيانة مجموعة برونزية بمدينة تيقزيريت الأثرية(أيومنيوم)، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر2، 2014م، ص96-97

المواد العضوية، فالأكسجين يشترك في العديد من التفاعلات مع الرطوبة والأملاح البكتيريا التي تشكل مواد ومنتجات التآكل[1].

4.2.خواص الصدأ في البرونز

1. طبقة الصدأ سميكة وغير منتظمة.
2. تؤثر على شكل الأثر.
3. تعرضه للخطر في وجود عوامل مساعدة.

5.2.مرض البرونز

يظهر هذا المرض على أسطح العملات البرونزية الأثرية فى صورة بقع خضراء رطبة عميقة، وتنتج هذه البقع أو الحفر من تفاعل الأماكن المحتوية على الكلوريد فى باتينا البرونز مع الرطوبة والهواء وغالباً ما يتم هذا عندما تكون العملات البرونزية مدفونة فى تربة ملحية، حيث يوجد أيون الكلورين السالب أو في البحر أو في جو ملّوث بغاز كلوريد الهيدروجين أو بتفاعل Cu CLمع الأكسجين الجّوى.

6.2.أنواع الباتينا:

- ✓ **الباتينا النبيلة:**

طبقة رقيقة منتظمة ومتماسكة تغطي سطح المعدن كاملا وهي تتكون على الأثار النحاسية والبرونزية بمعدل بطيء، وهي تؤدي دور الحماية تتكون غالبا في الأجواء الجافة الخالية من الملّوثات.

- ✓ **الباتينا المريضة:**

طبقة خضراء فاتحة اللّون تظهر على الاثار البرونزية بشكل كبير وتنمو في العمق مشكلة صدأ حفري.

[1] لعريبي حجيلة، المرجع السابق، ص 97

✓ **الباتينا الزرقاء:**

تتكون كربونات النّحاس القاعدية من نوع الأزوريت في شكل حبيبات دقيقة أو بلورات يمكن إزالتها ميكانيكيا دون اتلاف الأثر.

✓ **الباتينا الخضراء:**

كربونات النحاس القاعدية من نوع الميلاكيت وقد تحتوي على نسبة من كلوريد النحاس القاعدي من نوع الاتاكاميت ونسبة من كبريتات النحاس القاعدي المعروف باسم البروكانتيت[1]

7.2.**مظاهر طبقات التلف في المعدن الاثري المتأثر بالاكسجين:**تتوضع الطبقات كالآتي :

1. طبقة الأكسيد
2. طبقة من حبيبات المعدن المغطاة بالأكسيد
3. طبقة من حبيبات المعدن وقد تكسر تركيبها البللوري.
4. جسم المعدن الذي لم يطرأ عليه تغيرات [2].

1
2
3
4

3.الفحص والتشخيص: يمكن الاستدلال بالاسئلة الموجودة بالجدول الآتي لفحص القطع الأثرية المعدنية:

[1] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق ص39

[2] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع نفسه، ص97

الحالة الفيزيوكيميائية للقطعة:

ماهي طبيعة مواد التكوين(معدن أو مواد أخرى)

هل التآكل متجانس، موضعي، أم معمم؟

ماهي صفات طبقات التآكل؟

- اللون: يمكن أن يعطي دلائلا على طبيعة نواتج التآكل الرئيسية (أنظر التآكل)، في حين أنّه يجب أن نتعامل مع تلك الدلائل بحرص(فالتعرف عليها يكون معتمدا فقط على التغيرات أو الاختلافات في اللون، والتواجد الشائع لمزيج من نواتج تآكل مختلفة).
- مكونات دخيلة(حبيبات رمل، مواد نباتية،..إلخ).
- تماسك، مسامية، التصاق، تشققات.
- التسلسل الطبقي لنواتج التآكل.
  - ✓ هل الجسم هش(وجود تشققات...الخ)
  - ✓ هل يوجد معدن متبقي؟
  - ✓ هل نتعرف على علامات تآكل نشط؟
  - ✓ ماهي الفروض التي يمكن أن نقدمها بخصوصكيفية إحلال هذا التآكل؟

صفات الجسم:

- ✓ هل القطعة كاملة أم ناقصة؟
- ✓ ماهي أبعادها؟ وهل تدلنا على القطعة؟
- ✓ ماهو وضع واتجاهات العناصر العضوية المحتملة أو آثارها المتمعدنة؟
- ✓ ماهو شكل القطعة؟ هل هي جوفاء؟
- ✓ هل هناك زخارف؟ (حفر، نقش، تفيح، تطعيم...الخ)
- ✓ هل نجد آثار التصنيع(من النادر حفظها على المعادن شديدة التآكل)، إصلاحات، أو ترميمات قديمة؟
- ✓ ما هي الفروض التي نستطيع أن نقدمها فيما يتعلق بالتعرف على الجسم، وظيفته أو استعمالاته؟
- ✓ هل يمكن إقامة مقارنات.

الجدول 02: الملاحظات التي يجب تسجيلها خلال فحص القطعة الاثرية (نقلا عن: ماري برديكو المرجع السابق، ص263

1.3.الفحص والتّحليل بالطرق العلمية الحديثة:

يعتمد فحص وتحليل القطع الاثرية المعدنية بما فيها القطع البرونزية على العديد من طرق ك والتصوير بالأشعة السينية والفحص الميكروسكوبي والتحليل بالتفلور بالاشعة السينية وبحيود الاشعة السينية، التحليل الطيفي والتي سنذكر منها:

1.1.3. التّصوير بالأشّعة السينية:

حيث يمكن من خلالها التعرف على سمك طبقات التآكل التي تعلو السطح المعدنية الأثرية وذلك من خلال نفاذ الأشعة السينية Radiographs، بوضعها على صندوق ضوئي، حيث نجد أنّ الأماكن الداكنة تمثل مناطق التآكل والمناطق التي تبدو بيضاء أو ناصعة هي المناطق التي لم تتعرض للتآكل بعد.

2.1.3.التّحليل بتفلور الأشّعة السينية:

يمكن من خلال الفحص بهذه الطريقة التعرف على أغلب العناصر وهي طريقة غير متلفة وينتج عنها نموذج بياني به منحنيات Peaks، لشّدة الانعكاس المسجل مقارنة بزاوية الانعكاس حيث أنّ الارتفاع النسبي للمنحنى يعبر عن نسبة العنصر.

3.1.3.التّحليل بحيود الأشّعة السينية:

حيث يتم هذا التّحليل من خلال فحص التركيب البنائي لبلورة المعدن وتحديد العيوب الداخلية ودراسة الذرات والتّعرف على العدد الذري والمستويات الطاقية للعناصر ومعرفة نواتج التآكل، وتعتمد طرف التّحليل على أنّ الأبعاد العمودية للمسطحات الذرية للمواد تتراوح مابين أجزاء إلى عدد مضاعف وقليل من وحدات الانجستروم[1].

[1] عبير غريب عبد الله إبراهيم، علاج وصيانة المعدن (صيانة وتشكيل ومعالجة)، جامعة المنيا،مصر، 2020م، ص74- 76؛ ينظر أيضا: Yaseen El Sayed Zidanm, The laser technology and its applications in the copper metal embroidery threads cleaning and treatment field–Analytical experimental study, مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية المجلد الخامس، العدد الرابع والعشرون، نوفمبر 2020م؛ Ana Ribeiro Arold, Albert France lonord et la restauration des antiquités métalliques ,méthodes de conservation restauration au laboratoire d'archeologie des métaux (1950-1970), ARAAFU, CRBC-Cahier technique N26,2020.

4.التنظيف:

1.4.التنظيف الميكانيكي:

يتم بواسطة المشارط وفرش ناعمة وفرش الأسنان لخلخلة وإزالة طبقات الصدأ السميكة، كما يستخدم الازاميل الدقيقة بالإضافة لإزالة الترميمات السابقة[1].

كما يستخدم طريقة النقر بواسطة إبر رفيعة مدببة Needles من الصلب ويدق عليها بدقماق خشي برفق، وبعيد عن مناطق الشّروخ، ويجب إزالة كميات الصدأ أوّلا بأوّل حتى لا تحجب ما تحتها، ولبيان مدى الدقة التي تحتاجها هذه العملية فقد ثبتت التجربة أنّ ضغطا مقداره رطلا على سن الأبرة الرفيعة يوازي ضغطا مقداره عدّة أطنان على البوصة المربعة.

ويمكن في بعض الحالات عمل بلل للأثر بالماء، مع استخدام الطرق الميكانيكية، وذلك لأنّ حالة البلل تخفض قوّة مركبات الصدأ وتقل متانتها، وبالتالي يسهل إزالتها، ولكن ذلك لابد من حسابه في الجانب التجريبي قبل إجراء الجانب التطبيقي على الأثر، لأنّه قد يؤدي إلى مزيد من تلف الأثر[2].

2.4.التنظيف بالمحاليل الحمضية:

يستخدم العديد من المحاليل الحمضية في تنظيف القطع الأثرية البرونزية بتركيز مخفف كحامض الخليك وحامض الكبريتيك وحامض النيتريك وحامض الهيدروكلوريك وحامض السيتريك.

1.2.4.حامض الكبريتيك: وهو أخطر الأحماض غير العضوية على الإطلاق، ولذا يجب استخدامه بتركيزات مخففة جدا، وقد أشار بلندرليث إلى استخدام محلول مخفف منه 10% لإزالة مركبات صدأ النحاسوز بعد معالجة الأثر بمحلول الروشيل القاعدي أو بمحلول الجلسرول القاعدي، على أن يستخدم هذا الحامض بحرص لأنّه يهاجم المعدن ذاته ببطئ، لذلك يضاف إلى حامض الكبريتيك القليل من أي مانع صدأ مثل الثيوريا أو الجيلاتين لمنع تآكل سطح المعدن.

[1] جيهان عادل محمود علي، دراسة علمية لاستنباط طرق لترميم الاثار البرونزية تطبيقا على أحد الاثار المختارة، ملخص رسالة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه في ترميم وصيانة الاثار، قسم ترميم الاثار، كلية الاثار، جامعة القاهرة، 2008، ص5 (نسخة الكترونية).

[2] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص132-133

استخدمه Vogel في إزالة ما تبقى من طبقة الباتينا بعد التنظيف بعض التماثيل البرونزية بواسطة محلول كربونات الأمونيوم، كما استخدمه كلا من حلمي واسكندر في تنظيف فرن برونزي بغمره في حمام من حامض الكبريتيك المخفف بنسبة 1% لمدّة عشرة دقائق مع تكرار هذه العملية ثلاث مرات، بينما تم غمر أرجل الفرن في محلول من حامض الكبريتيك مخفف بنسبة 3% ستة مرات، ثّم غسل الفرن بماء مقطر لمدّة أربعة شهور وذلك للتّخلص من أي بقايا من الحامض ثّم تم تجفيفه في درجة 140 °م لمدّة أربعة وعشرين ساعة ثّم عزله؛ كما يشير عبد المعز وباهرة إلى استخدام الحمض بنسبة 9 % مع مسحوق الخارصين كطريقة لاختزال الموضعي لمواضع الكلوريدات إلى مركبات قابلة للذوبان تزال بواسطة الغسل المتكرر بالماء المقطر[1].

3.4.ازالة بقايا الأتربة والتّرسبات الجيرية والأملاح من على القطع الأثرية البرونزية:

فيتم ازالة الأتربة بواسطة قطنة مبللة من الماء المقطر أو الأسيتون أو الكحول أو الكحول المثيلي ليتم تجفيف الأثر تدريجيا؛ ولازالة الترسبات الجيرية والأملاح فيمكن استخدام محلول كالجون سداسي ميتافوسفات الصوديوم بنسبة تتراوح ما بين 5-15 % في الماء المقطر مع درجة حرارة تتراوح من 35-50 °م[2].

4.4.التنظيف باللّيزر:

وهي من الطرق الحديثة المستخدمة في تنظيف فلزات المعادن وذلك عن طريق التّحكم في طاقة عالية مستخدمة في صورة فوتونات ناتجة عن الليزر الذي يتم تعريض سطح الأثر له فترتفع درجة حرارة العناصر وتتبخر وبالتالي تزال مركبات التآكل دون الحاجة لاستخدام مركبات كيميائية وصعوبة هذه الطريقة هي التّحكم في النتائج، ويقترح استخدام ليزر ثاني أكسيد الكربون لتنظيف فلزات المعادن، ولقد تم اختبار العلاج والتنظيف باللّيزر جيدا لتطبيقه في مجال التنظيف ووجد أنّه يمكن التّحكم في التنظيف باللّيزر ليعطي نتائج جيّدة وآمنه في تنظيف الآثار المعدنية مع حماية السطح بما عليه من تفاصيل ويوجد أنوع من اللّيزر منها Nd.yAG، وذلك باستخدام أربع أطوال موحية1064) نانوميتر ، 532نانوميتر، 355نانوميتر ، 266 نانوميتر) تم تطبيقها على الآثار المعدنية وملاحظة مركبات التآكل التي تم إزالتها والتّغيرات اللّونية

[1] إبراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في ترميم الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص139-140

[2] نفسه، 143

وبتحليل الأسطح وجد أن الطول الموجي1064نانوميتر يستطيع إزالة معظم مركبات التآكل الخارجية خاصة عند ترطيب هذه الأسطح باستخدام الإيثانول Ethanol، وهو يساعد على إزالة رواسب جزيئات السيليكا والكالسيوم والكوارتز، ولقد وجد أّن التنظيف باللّيزر لا يؤثر في التّركيب البنائي للمعدن خاصة باستخدام نبضات قصيرة، وتحتاج عملية التنظيف باللّيرز إلى خبرة عالية لأنّه يمكن أن ينتج عنها تلف غير مرئي حيث أنّه يمكن أن تتسبب في حدوث تمدد ناتج عن التأثيرات الفوتوحرارية الضوئية thermal effects Photo كما يؤدي إلى حدوث إثاره مما ينتج عنه حدوث شروخ ويجب الحذر عند استخدام أشّعة اللّيزر بالنسبة للقائم بأعمال الصيانة حيث يمكن أن تسبب حروق لجلد الإنسان عند تعرضه لأشعة الليزر[1].

5.الترميم:

تأتي عملية تجميع الأجزاء المنشطرة بعد التنظيف الجيّد للقطع ثّم الفرز والترقيم، ليتم تجميعها ووصلها بواسطة مواد شديدة الإلصاق من نوع سيانوكريلات، وتوجد في الأسواق مواد خاصة منها لوصل الأدوات المعدنية، وقد اثبتت التّجارب أنّ المواد الراتنجية من نوع الإيبوكسي تعطي نتائج أفضل على المدى البعيد لقوّة مقاومتها لعوامل بحيث لا تفقد متانتها ولا خاصيتها في اللّصق الجيّد بعكس المواد السيانوكريلات[2].

6.الحفظ الوقائي:يتم حفظ القطع الأثرية البرونزية بطلائها بالشّمع البلوري الدقيق الممزوج في الاكسيلول وعندما يكون الشّمع مصهورا فإنّه ينفذ بشكل أفضل عبر المسامات الأداة وبعد أن يصبح باردا نقوم بنزع الزائد من الشّمع بواسطة عود خشبي صغير وبقطعة قماش نظيفة وناعمة[3]؛ أو الموانع الواقية بالبنزوتريازول وهذه المادة من أفضل المواد المستخدمة فى علاج الأثار والعملات النحاسية والبرونزية المعرضة لمرض البرونز تستخدم لعزل المشغولات والعملات النّحاسية النظيفة وقد كانت تستخدم من قبل فى الصناعة لمنع تآكل النّحاس فى الأجواء الملّوثة؛ كما يجب توفير وسط حفظ ملائم في نسبة رطوبة ما بين 45-60 % ودرجة حرارة 20 °م، وشدّة ضّوء 300 لوكس[4].

---

[1] عبير غريب عبد الله إبراهيم، علاج وصيانة المعدن (صيانة وتشكيل ومعالجة)، جامعة المنيا،مصر، 2020م، ص78

[2] برخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص183

[3] برخينيا باخة ديل بوثو، المرجع نفسه، ص188

[4] ابراهيم عبد السلام النواوي، علم المتاحف، المجلس الأعلى الاثار، مصر، الطبعة الأولى، 2010م، ص 172

المحاضرة السّادسة: صيانة وترميم القطع الأثرية الفضية

1.ماهية الفضة:

1.1.معدن الفضة:

تتبلور الفضة في فصيلة المكعب، نظام سداسي الثماني الأوجه، البلورات نادرة وغير كاملة، وتكثر المجموعة الشجرية والمتشابكة، ويوجد المعدن عادة في هيئة كتل غير منتظمة، أو صفائح أو قشور أو في هيئة أسلاك رفيعة أو سميكة، الصلادة 2.5-3، الوزن النوعي 10.5 عندما يكون المعدن نقيا، 10-12 إذا كان المعدن غير نقي،المكسر مسنن، البريق فلزي واللون والمخدش لونهما أبيض فضي ولكن اللون يكون بنيا أو اسود رصاصيا نتيجة للصدأ، توجد رواسب الفضة بكميات كبيرة في العروق المائية الحارة[1]، رمزه الكيميائي Ag مشتق من اللاتينية Argentum .

والقطع الفضية الأثرية هي مادة أثرية غير عضوية فلزية صنعها الانسان ومنها المجوهرات والأواني والعملات النقدية المحفوظة في الغالب داخل المتاحف الأثرية.

2.1.خامات الفضة: يوجد معدن الفضة في الطبيعة بعدّة صور تتمثل في:

- ✓ خامات الرصاص كالجالينا (كبريتيد الرصاص)
- ✓ خامات الفضة الخالصة: توجد في شكل بلورات ابرية او شعرية او شبكية ونادرا ما توجد على السطح.
- ✓ خامات الفضة غير الخالصة: (كبريتيد الفضة، كلوريد الفضة)
- ✓ سبيكة الفضة والذهب (الالكتروم) [2].

3.1.خواص الفضة:

- ✓ موصل للكهرباء.
- ✓ قابل للطرق والتصفيح والسحب.
- ✓ يتميّز باللدانة.

[1] عماد محمد إبراهيم الخليل، المرجع السابق، ص192؛ وليام ه.ماثيوز، المرجع السابق، ص69-70

[2] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص49

- ✓ غير قابل للصدأ.
- ✓ ينصهر عند درجة حرارة 961.78 د.م.
- ✓ لونه رمادي مزرق[1].

2.عوامل التلف ومظاهرها:

تنقسم عوامل التلف إلى عوامل داخلية وأخرى خارجية والعوامل الداخلية هي كل ما يتعلق بالمعدن ذاته أو السبيكة من عيوب في التّركيب البلوري للمعدن وخواصه الكيميائية والكهربية وعيوب التّصنيع، أمّا العوامل الخارجية وهي الوسط الغازي والسائل والوسط الصلب، فإنّ ما يتعرض له الأثر الفضي من تلف وما يظهر عليه من نواتج يمكن تلخيصها كالآتي:

عادة ما تظهر بلون رمادي أو أسمر ضارب إلى السّواد، وهي ضعيفة جدا وسهلة الانكسار[2]، فالفضة من المواد سريعة التأكسد عند تعرضها للهواء الرطب المحمل بأملاح الكبريتيد، كما تهاجمها أملاح الكلوريد مكونة بذلك كبريتيد الفضة ذي اللّون الأسود أو كلوريد الفضة ذي اللّون الرمادي أو الترابي؛ كما نلاحظ على الفضة صدأ أخضر مالاكيت من كلوريد النحاسوز وعند شرح طريقة المعالجة[3].

1.2..ظاهرة القتامة على السطح:

تفقد الفضة لمعانها وبريقها بسبب وجود شوائب في الجو من كبريتات في صورة أكسيد الكبريت الثنائي SO2 والثلاثي SO3، حيث يتكون على السطح **كبريتيد الفضة.**

2.2. ظاهرة التمعدن:

في الأجواء الرطبة أو في التربة أين يوجد محاليل الكلوريدات والتي تؤدي إلى وجود طبقات الصدأ الذي يؤدي في الأخير إلى فقدان المعدن بحيث يصبح عبارة عن نواتج الصدأ.

وفي الحالة التي تكون فيها نواتج الصدأ قابلة للذوبان في الماء كما هو الحال في وجود القطع الأثرية الفضية في تربة غنية بالأحماض العضوية، فإنّ ذلك يؤدي إلى إذابة المركبات ونزحها من

[1] فايزة براهيمي، المرجع السابق، ص55

[2] بيرخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص192.

[3] ابراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ص104

على سطح الأثر المعدني وتعريض أجزاء جديدة لعملية الصدأ واستمرار هذه العملية يؤدي إلى فناء القطعة الأثرية[1].

3.2.نواتج الصدأ:

اللّون الرمادي إلى الأسود ⟸ كلوريد الفضة /كبريتيد الفضة/برميد الفضة

- ✓ تفقد الفضة لمعانها بتعرضها للغازات المتواجدة في الجو المحيط كغاز كبريتيد الهيدروجين الذي ينتج عنه ظهور طبقة سوداء من كبريتيد الفضة على سطوحها.
- ✓ أمّا إذا كانت القطع الأثرية الفضية مدفونة بتربة مالحة لمدّة طويلة تظهر على سطوحها طبقة من كلوريد الفضة وهي مادة ذات لون رمادي.

4.2.الطبقة المتكلسة :

- ✓ كربونات الكاليسيوم
- ✓ ثاني أكسيد السيليكون

والأسباب هي أنّ الأثر كان مدفونا في تربة جيرية مختلطة برمال أو تربة رملية غنية بالأملاح، فالكالسيت (كربونات الكاليسيوم) المكون للتربة الجيرية، والكوارتز (ثاني اكسيد السيليكون)المكون الأساسي للرمال او للتربة الرملية [2].

3.المعالجة:

1.3.الفحص والتّشخيص:

1.1.3.تحليل نواتج الصدأ باستخدام حيود الأشعة السينية:

أخذ عينة من نواتج الصدأ من على سطح القطعة الاثرية الفضية والطبقة المتكلسة وتحليلها بطريقة حيود الأشعة السينية وذلك للوقوف على نوع المركبات المتكونة والعوامل المتسببة فيها وتحديد طريقة العلاج المناسبة.

2.1.3.التحليل العنصري بتفلور الأشعة السينية XRF:

[1] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص122-123

[2] محمد أبو الفتوح محمود غنيم، المرجع السابق، ص248

يتم تحليل سطح القطعة الأثرية الفضية بجهاز تفلور الأشّعة السينية المحمول باليّد للوقوف على مكوناتها والفلزات الداخلة في تركيبها للتّعرف على تأثير أي منها في تلفها وهشاشتها.

فمثلا يمكن أن يكون فلز النّحاس الموجود بنسبة 1-3 % في الفضة هو السبب الرئيسي في هشاشة وضعف القطع الأثرية خاصة مع وجود الكبريت والكلور (كبريتيد الفضة، كلوريد الفضة)[1].

2.3.التنظيف

1.2.3.التنظيف الميكانيكي

يعتبر التنظيف بالطريقة الميكانيكية من أمثل الطرق بحيث يمكننا من كشف تفاصيل السطح والزخارف التي تغطيها طبقات الصدأ، كما لا يتسبب في أية أضرار صحية للقائم بعملية التنظيف، حيث لا يتضمن استخدام المواد السّامة، بحيث يكتفي بوضع النظارات والقناع والقفازات القطنية، ويتوقف اختيار أسلوب التنظيف بالطريقة الميكانية على نوع وحجم وحالة الأثر ودرجة التصاق نواتج الصدأ؛ وهذا باستخدام الطرق اليدوية بحذر وأناة في االتنظيف لإزالة العوالق والأتربة وطبقات الصدأ السهل ازالتها بواسطة الفرش والإبر الدقيقة والمشارط مع الفحص المستمر تحت العدسة المكبرة؛ وفي حالة الأجزاء الشّديدة الصلابة والالتصاق يمكن استخدام التقنيات الميكانيكية أو الكيميائية مع الحذر الشديد فقط لتطريتها لازالتها فيما بعد بالطرق اليدوية؛ مع وضع الأثر على منضدة ثابتة فوق مسند من الإسفنج الاصطناعي مع ارتداء النظارات والقفازات والأقنعة الواقية ومسح الأجزاء المعالجة بقماش قطني لإزالة الأتربة والغبار[2].

2.2.3.التنظيف الكيميائي:

1.2.2.3.لإزالة كلوريد الفضة:هذا النوع من الصدأ يمكن التعرف عليه من لونه الرمادي أو التّرابي، ولازالته يفضل استعمال محلول الأمونيا المركز(النشادر)، وذلك بوضع الاثار والمسكوكات الفضية في إناء زجاجي ثّم يضاف محلول الأمونيا اليها بحيث يغطى جميع المسكوكات، ولما كانت هذه المادة ذات رائحة قوّية ومخدشة، فيجب تغطية الإناء بإحكام لمنع انتشار رائحة الأمونيا، كما يجب أن تنظف الاثار والمسكوكات الفضية مرّتين في اليوم بفرشاة شعر تحت الماء الجاري(يمكن استخدام فرشاة الاسنان) حتى تتخلص الفضة من الصدأ، ثّم تغسل جيّدا، وتنقع في الماء المقطر ثّم تجفف وتطلى بمادة عازلة.

[1] محمد أبو الفتوح محمود غنيم، المرجع السابق، ص256-257

[2] محمد أبو الفتوح محمود غنيم، المرجع نفسه، ص256-257

2.2.2.3. لازالة كبريتيد الفضة: هي عبارة عن صدأ لونه أسود يمكن إزالته بطريقة الاختزال، وذلك بوضع الآثار الفضية في إناء مع كمية من الخارصين، ثّم يضاف إليها محلول مخفف 10% من هيدروكسيد الصوديوم (كوستك الصودا)، ويمكن تعويض هذا الأخير بمحلول مخفف من حامض الفورميك في الماء المقطر بنسبة 30 %.

3.2.2.3. لازالة كلوريد النحاسوز: يستعمل محلول مخفف بنسبة 5 % من حامض الستريك، وهذا الحامض يذيب طبقة الصدأ فتظهر الفضة مغلفة بطبقة نحاسية، ولإظهار لون الفضة الطبيعي تزالة الطبقة النحاسية بطريقة غليانها مع حامض الفورميك، حيث يوضع الأثار الفضية في إناء يحتوي على محلول مخفف30 %، من حامض الفورميك ويترك الإناء على النار ليغلي عدّة مرات، على أن يبدل المحلول كل نصف ساعة حتى نتخلص من الطبقة النّحاسية.

وقد تظهر على القطع الاثرية الفضية طبقة من الصدأ على شكل بقع سوداء مائلة للحمرة لا تذوب بالمذيبات العادية أو بالاختزال، والتي قد تشوه منظر القطعة الاثرية فنستعمل محلولا مخففا بنسبة 1 % من محلول سيانيد البوتاسيوم للتخلص منها، ولما لهذه المادة من خطورة وجب الحرص عند استخدامها كما ينبغي التّخلص من المحلول المتبقي بعد الانتهاء من العمل مع غسل الأثار الفضية والأواني المستعملة جيّدا[1].

لمعالجة القطع الأثرية الفضية من كبريتيد الفضة توضع في محلول من الصودا كاوية بنسبة 5 بالمائة ثم تغسل بالماء الجاري لتجفف بعدها بالكحول ثّم بالأثير وتلمع بقماش ناعم.

إذا كانت طبقات الصدأ سميكة تختزل بالتّحليل الكهربائي باستخدام محلول مخفف من حامض الفورميك بنسبة 15 % وعمود من الكربون كمصعد.

يزال صدأ النّحاس على الأثار الفضية باستخدام حامض الفورميك أو حامض الستريك بنسبة 5%.

لإزالة كلوريد الفضة نستخدم فوسفات الامونيوم على هيئة محلول بنسبة 15% في الحالة الجيّدة للاثر وبنسبة 5%في الحالة السيئة للأثر المتآكل.

لإزالة الأملاح المتصلدة على أسطح العملات الفضية يستخدم حمض الفورميك، فيتم غمر القطع الفضية فى 5 % من محلول هذا الحمض مع تغيره كل ثلاثين دقيقة حتى يتم إزالة طبقات الصدأ والتكلسات أو نواتج صدأ النحاس إن وجد، ثّم يتم غمر هذه القطع بعد ذلك فى 15%

[1] إبراهيم عبد القادر حسن، المرجع السابق، ص104-105

ثيوكبريتات الأمونيوم لمدّة ساعة في المرة الواحدة لمعالجة أي من كلوريد الفضة وكبريتيد أو كليهما.

4.الترميم:

إنّ الهدف من اللّصق والاستكمال هو إعادة الشّكل الأصلي والسليم للقطع الأثرية الناقصة وإكسابها القوّة الكافية ليسهل تداولها وحملها ونقلها وتجنب زيادة تلفها، بحيث شملت هذه العملية عمل دعامة من شرائح الشّمع الطبي التي اخذت طابع الجزء المفقود، ثّم قص من الصوف الزجاجي الدقيق بحيث تزيد عن حواف الجزء المفقود أو الفجوة المفقودة ب 3-4 سم ثم غمسها في البارالويد ب44 بنسبة 10% وتثبيتها بعناية على الفجوة أو الجزء المفقود وإزالة الزوائد من البرالويد بقطعة من الصوف القطني المشبع بالاسيتون ثّم تترك حتى تجف تماما بحيث صارت الدعامة جاهزة لتشكل الجزء المفقود عليها، ولقد استخدمت عجينة من خليط البارالويد ب 44 زائد الميكروبالون سفاراس بنسبة 1-3 % مضاف إليهما الجرافيت كمادة ملونة تعطي اللّون الرمادي مظهر القدم للفضة الأثرية، ولقد فضل استخدام الميكوباللون وهو عبارة عن كريات أو حبيبات دقيقة جدا خفيفة الوزن وخاملة كيميائية عندما تخلط مع أحد راتنجات الأكريليك تكون عجينة يسهل تطبيقها بالفرشاة ويسهل تشكيلها فتتحول من الحالة العجينة الى الحالة الصلبة بعد فترة وجيزة ولا تنكمش، ومقاومة للماء، ويسهل استرجاعها بإذابتها بالأسيتون كما فضل استخدام بارالويد ب44 بدل ب 72 لأنّ الأوّل بالإضافة إلى تميّزه بالمرونة وقوّة اللّصق وكونه لا يعطي التّحول الزجاجي له Tg 60 أعلى من درجة التّحول الزجاجي للثّاني وهي Tg 40 . بالاضافة الى شفافيته جعلته يستعمل كمادة لاصقة للأجزاء المنفصلة وفي تجميع الأجزاء المكسرة ولكن بدرجة تركيز 10%في الأسيتون وكذلك في تقوية الأجزاء الضعيفة وخاصة في الأجزاء الشّديدة الهشاشة[1].

[1] محمد أبو الفتوح محمد غنيم، المرجع السابق، ص257

المحاضرة السّابعة: صيانة وترميم القطع الأثرية الذهبية

1.ماهية الذهب

1.1.تعريف الذهب: عنصر فلزي لين طري معدن أصفر اللّون لامع، يعتبر من المعادن الخالصة ولكن غير نقية لاحتوائها على شوائب من الفضة او النحاس او الحديد[1] ؛ ومادة أثرية غير عضوية غير مسامية تتواجد في شكل قطع اثرية كالتّماثيل والأواني والحلي محفوظ بالمتاحف استخدم من الفترات القديمة، رمزه الكيميائي **Au** من الكلمة اللاتينية **Aurum** وهو من أثمن المعادن وأغلاها.

2.1.يوجد الذهب في الطبيعة في صورتين هما:

- ✓ في الحصى والرمال الطفيلية
- ✓ في الكوارتز[2]

3.1.خواصه:

- ✓ لونه أصفر.
- ✓ اللّمعان والبريق.
- ✓ ناقل للحرارة.
- ✓ ينصهر ويذوب عند درجة 1063د.م.
- ✓ قدرته على نقل التيارات الكهربائية ضعيفة.
- ✓ قابل للطرق والتّصفيح(يمكن الطرق عليه دون تسخين في شكل شرائح صغيرة).
- ✓ قبل للسحب.

---

[1] براهيمي فايزة، التحف المعدنية بالمتاحف الغرب الجزائري دراسة لوسط الحفظ، اطروحة مقدمة لنيل درجة الدكتوراه في العلوم تخصص علم الاثار والمحيط، قسم علم الاثار، جامعة ابي بكر بلقايد تلمسان، 2023-2014م، ص52-53، ينظر أيضا: دحمان ربوح، محاولة صيانة وعلاج المعادن دراسة لحالة المجموعة النقدية البرونزية الموجودة في مخزن متحف شرشال الجديد، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في اثار، صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر2، 2012-2013م، ص40

[2] ابراهيم محمد عبد الله، المرجع السابق، ص43

- ✓ يمكن صبه بسهولة.
- ✓ لين وطري.
- ✓ لا يتآكل ولا يصدأ إلا في وجود شوائب من النحاس أو الحديد بحيث يكون صدأه سطحي فقط.

4.1.استعمالاته:

- ✓ كان يستخرج الذهب من الحصى والرملية والطفيلية بغسله بمياه جارية بحيث تذهب الخامات الخفيفة تاركة حبيبات الذهب الثّقيلة.
- ✓ أمّا المتواجد بالكوارتز فيتم في مناجم بالطرق والتّسخين ثّم السحق، لتغسل بالمياه الجارية على سطح منحدر لفصل الفلز.
- ✓ فقد استعمل منذ القدم في صناعة التماثيل والأواني والحلي والعربات وغيرها خاصة بمصر القديمة[1].

2.تلف القطع الأثرية الذهبية:

يتعرض الذهب للصدأ أو الأكسدة لوجود شوائب فلزات أخرى، وتعتبر طبقة الأكسدة بمثابة طبقة واقية تحمي معدن الذهب بحيث يكون التآكل سطحي فقط.

يمكن العثور على الذهب متأثرا بالأملاح الموجودة في التربة أو البحر بحيث تتكون على سطحه سطوح وطبقات بيضاء سميكة، او ان نجد طبقات جيرية او طينية او مواد عضوية مختلفة يمكن ازالتها بسهولة.

3.معالجة القطع الأثرية الذهبية: تبدأ بفحص وتحليل المادة الأثرية بالطرق العلمية الحديثة المذكورة سابقا ليتم اختيار طرق علاج الاثار الذهبية.

فإذا كان الذهب لا يتآكل فالرسوبيات وحدها تحتاج إلى ازالة بالطرق الميكانيكية او الكيميائية:

- ✓ الطبقة البيضاء السميكة للأملاح تنظف بفرشاة ناعمة.

[1] ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في صيانة وترميم المعادن الاثرية، المرجع السابق، 44-48

- ✓ الطبقة الجيرية تزال بالتنظيف الكيميائي بأحماض النيتريك.
- ✓ الطبقة الطينية تزال بوضع القطعة في حوض به ماء مضاف إليه بعض المنظفات الصناعية.
- ✓ طبقات من المواد العضوية تنظف باستخدام محلول مناسب من الصودا الكاوية[1].
- ✓ تنظف القطع وتجفف.
- ✓ أمّا الترميم فيتم بتعديل الإعوجاج والتّقوس والتلحيم بالذهب أو اللّصق بمادة لاصقة من الإيبوكسي[2].

[1] تقي دباغ، المرجع السابق، ص243-244؛ عاصم حمد رزق، المرجع السابق،ص206؛ ابراهيم عبد القادر حسن ، المرجع السابق، ص103

[2] عاصم محمد رزق، المرجع السابق،ص206

المحاضرة الثّامنة: صيانة وترميم القصدير الأثري

1.ماهية القصدير:

1.1.تعريف القصدير:Tin فلز معدني مركب من القصدير والأكسجين والكبريت وفلزات بكميات ضئيلة كالرصاص والنحاس والحديد ولونه رمادي، رمزه الكيميائي Snمشتق من اللاتينية Stannum.[1]، بحيث يعتبر الكاسيتريت Sno2، أهم خامات القصدير وبالرغم من انتشاره الواسع على شكل كميات ضئيلة إلاّ أنّه يتواجد في بعض الصّخور النارية بكميات اقتصادية، إذ يكون في العادة مصاحبا للكوارتز والتوباز والجالينا وتورمالين؛ يستخدم في صناعة السبائك خاصة مع النحاس لصناعة سبيكة البرونز، وتنتشر خاماته في مصر والجزائر[2].

2.1.خواص القصدير:

- ✓ لامع
- ✓ لين
- ✓ صلب
- ✓ قابل للطرق
- ✓ مقاوم للتآكل
- ✓ درجة انصهاره منخفضة 232 د.م
- ✓ اللون متعدد فقد يكون أخضر بنيا، أصفر ، أحمر رماديا.
- ✓ البريق الماسي الى نصف فلزي أو منطفئ
- ✓ المخدش أبيض إلى رمادي.
- ✓ الصلادة 6-7

[1] فايزة براهيمي، المرجع السابق، 56

[2] وليام هـ.ماثيوز، المرجع السابق، ص70

- ✓ الوزن النوعي 6.8 -7.1 .
- ✓ المكسر محاري إلى غير مستوي[1].

3.1.استخداماته:

يستخدم بالصب في التلبيس والغطاء للنقود والأواني؛ وقد استخدم القصدير كسبيكة مع الرصاص تعرف باسم "البيتر" منذ العصر اليوناني والروماني، كما استخدم كطلاء لأواني النّحاسية وفي تطعيم البرونز وكذلك اللحام، وقد وجدت أيضا العملة المصنوعة من القصدير ضمن الاثار التي وصلت إلينا من العصر اليوناني والروماني[2].

2.طبيعة تلف القصدير:

- ✓ طبقة رقيقة من اكسيد القصدير الواقي يقاوم هجوم الحامض وهي طبقة رمادية ناعمة.
- ✓ إذا جلب القصدير من بيئة رطبة محتوية على محفزات التآكل مثل الكلوريدات أو الكبريتات فيكون التآكل موضعي يظهر في شكل نقاط سوداء وإذا ما تواصل التآكل يكون حفر.
- ✓ ظهور نواتج التآكل للمعادن الأخرى التي تكون السبيكة.
- ✓ الأملاح تحول القصدير إلى كتلة متماسكة مع التربة وبالتالي يصعب التعرف عليها.
- ✓ مرض القصدير يحول القصدير اللامع إلى مسحوق رمادي في حالة ارتفاع درجات الحرارة.
- ✓ أكسيد القصدير الواقي وهي طبقة رمادية ناعمة.
- ✓ إذا جلب القصدير من بيئة رطبة محتوية على محفزات مثل كلوريدات أو كبريتات سيظهر عليه بقع ونقاط سوداء موضعية، وإذا ما تواصل التآكل تتكون حفر وبالتالي هشاشة المعدن.

[1] وليام هـ.ماثيوز، المرجع السابق، ص70
[2] دحمان ربوح، المرجع السابق، ص39

- ✓ تتحول القطعة الأثرية المصنوعة من معدن القصدير إلى كتلة متلاحمة مع التربة بسبب الأملاح مما يصعب على الأثري التّعرف عليها.
- ✓ ظهور ما يسمى مرض القصدير الذي يحول المعدن اللامع إلى مسحوق رمادي في حالة ارتفاع درجة الحرارة فوق 13درجة مئوية[1].

3.المعالجة:

1.3.الفحص والتّشخيص:

إذا كان لقطعة أثرية من القصدير أو البيوتر طبقة أكسيد رقيقة، فإنّ طبوغرافية السطح الأصلي وأبعاده سوف تتم عليها وإذا كانت طبقة القشرة والصدأ شديدة، فليس من المحتمل وجود بقايا معدن ولا طبقة تآكل داخل القشرة، التي تحتفظ بتفاصيل السطح الأصلي، عليه فان السطح الخارجي لمنتجات التآكل يجب أن يستخدم كمرشد للسطح الأصلي، ولحسن الطالع لا يكون التمدد الحجمي لقشرة التآكل زئدا عادة.

أمّا على القطعة الأثرية الأخرى المصنوعة من معادن غير القصدير فإن أية قصدرة موجودة قد لا تكون مرئية، وحيث إنّها أقل قاعدية من الحديد ومحمية بواسطة طبقة الأكسيد الخاصة به، فإنّ القصدرة يمكن أن تصبح مغطاة بمنتجات الحديد والنحاس وتساعد صور الأشّعة السينية في هذا البحث لكن كثيرا ما تخفق في كشف الطبقات الرقيقة، أيضا يجب البحث عن اللّحام، حيث أنّه غني بالرصاص، وعادة ما يتآكل إلى مسحوق عندما يتصل بسبائك النّحاس[2].

2.3.التنظيف الكيميائي

يتم تنظيف القطع الأثرية القصديرية بمحلول مائي من ملح ثنائي الصودا EDTAبتركيز 5 %مع التّأكد من عدم وجود تشققات[3].

[1]كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع السابق، ص313-315

[2]كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع نفسه، ص ص315-316

[3] ماري برديكو، المرجع السابق، ص281

المحاضرة التّاسعة: صيانة وترميم القطع الأثرية الرصاصية

1.ماهية الرصاص:

1.1.تعريف الرصاص: معدن ثقيل، لونه رمادي مزرق، لا يوجد في الطبيعة كمعدن نقي بل يتم الحصول عليه عن طريق استخلاصه من فلز الجالينا رمزه الكيميائي pb من الكلمة اللاتينية Plum bum. يأتي في المجموعة الرابعة عشر في الجدول الذري، رقمه الذري 82؛ مادة اثرية غير عضوية غير مسامية من خام الجالين

2.1.خواصه

- ✓ معدن ناعم الملمس.
- ✓ مقاومته للشّد ضعيفة ومنخفضة.
- ✓ لا يقبل الطرق والتصفيح الى صفائح رقيقة و لا إلى أسلاك.
- ✓ قابل للذوبان في حمض النيتريك.
- ✓ يتأثر بأحماض الكبريت والهيدروكليك.
- ✓ كثافته تعادل11.34
- ✓ وزنه الذري 207.20
- ✓ درجة انصهاره منخفضة حوالي 327

3.1.طريقة استخلاص الرصاص:

إنّ طريقة استخلاص الرصاص من خاماته من أبسط عمليات التعدين، وتتضمن أساسا في تحميص الخام في أفران خاصة وفي القديم كانت تجرى بواسطة تكويم الخام فوق الوقود على سطح الأرض أو في حفرة صغيرة، أمّا الرصاص الناتج فيتجمع في قاع الكومة[1].

4.1.استخدامات الرصاص: يستعمل الرصاص في الصناعات التالية:

[1]ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، المرجع السابق، ص60

- ✓ صناعة التّماثيل.
- ✓ صناعة السبائك :حيث يخلط مع القصدير والنّحاس والزنك .
- ✓ سك العملة
- ✓ صناعة اسرة الموتى(نعش)
- ✓ الصناعات الحربية.
- ✓ صناعة الأقنية والأنابيب التي تستعمل لنقل مياه الشّرب.
- ✓ صناعة أحرف الطباعة.
- ✓ استعمال مركبات الرصاص وخلائطه في صناعة الزجاج والكريستال.
- ✓ استعمال أملاح الرصاص كمواد ملونة: كبريتات الرصاص ذات لون أبيض, كبريتيت الرصاص ذو لون أسود, كرومات الرصاص ذات لون أصفر, كربونات الرصاص ذات لون أبيض.
- ✓ استخدم كبريتيد الرصاص ككحل للعين.

2.مظاهر تلف معدن الرصاص

- ✓ طبقة رقيقة قاتمة اللون أو بنية وهي طبقة واقية من أكسيد الرصاص.
- ✓ طبقة بيضاء رقيقة تتكون بوجود الهواء والماء والتربة الكلسية وفي الرصاص المكتشف في البحر وهي تحمي المعدن من التآكل.
- ✓ طبقة سوداء بسبب البكتيريا اللاهوائية الموجودة في التربة او البحر
- ✓ التقشرات التحتية توجد متحجرات تحتية من كربونات الكالسيوم في ماء البحر مصحوبة بحيوانات بحرية عالقة

- ✓ تظهر طبقات التآكل في وجود الهواء والماء والأحماض القلوية وبالتالي يصبح الرصاص سريع التآكل.
- ✓ يحدث التآكل السريع للرصاص في المياه العذبة الحمضية عندما تتكون طبقات الكربونات الواقية.
- ✓ يقاوم الرصاص كثير التآكل بواسطة مياه البحر والتربة الطباشيرية ولكن يحتفظ بتفاصيل المعدن الداخلي الذي يظهر متنقرا ومشوها ويمكن أن يتغلغل التآكل عميقا ويصبح اكثر هشاشة[1].

3.الفحص والتّشخيص:

- ✓ يتم تقدير كمية الرصاص في السبيكة من خلال الوزن.
- ✓ كذلك أن كان الرصاص على السطح يظهر لامع وعندما يحك به على ورقة يترك علامات.
- ✓ كذلك بواسطة التصوير والتحليلي النيوتروني.
- ✓ تحديد موضع السطح الأصلي يكون من خلال:
- ✓ دلائل مرتبطة بتكوين نواتج التآكل والمتعلقة بوسط الدفن من رمال نباتات وغيرها من ترسبات والعوالق[2]
- ✓ دلائل مرتبطة بالزخارف والعلامات على السطح والتي تكون محفورة ومرصعة وغيرها
- ✓ دلائل مرتبة بنواتج التآكل الموضحة بالطبقات اللونية

4.التنظيف:

- ✓ تنظيف ميكانيكي (نقر، كشط، الذبذبات، الوخز، السحج كالسفع بالرمال..) ويجب عدم خلع قشور التآكل.

[1] كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع السابق، ص300-303

[2] كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع السابق، ص304-305

- ✓ تنظيف كيميائي يستخدم من أجل تعرية القطعة الأثرية في حالة اكتشاف أنّ جزء من المعدن متبقي.
- ✓ تنظيف كهروكيميائي في حالة التعرية الموضعية باستخدام قلم كأنود.

1.4.العلاج الكيميائي للاثار الرصاصية:

1.1.4.التنظيف بطريقة كالي: بعدة حمامات

- ✓ حمام بارد في حامض الكلوريدريك مخفف 10%الذي يحول كربونات الرصاص القاعدية إلى كلوريد رصاص مع انبعاث Co2
- ✓ الغسيل الجيد بالماء عديم الهواء (ماء تم غَلْيُهُ للتّخلص من ثاني أكسيد الكربون الموجود به)
- ✓ حمام ساخن باسيتات الالمنيوم المخففة 10%.
- ✓ ويستمر الحمام حتى يختفي أي ناتج للتآكل من على سطح القطعة وهذا لإزالة أكسيد الرصاص(لون بني أو أحمر) التي لم يتم إذابتها بالحامض.
- ✓ شطف بأربعة حمامات بالماء المنعدم الهواء يتبعه تجفيف بالكحول واستعمال أملاح EDTA .

5.التقوية: تكون قبل التنظيف الميكانيكي بواسطة الراتنجات الاكريليكية أو الفينيلية رجوعية مثل البارالويد B72 مذاب في الكحول او الاسيتون بتركيز 3-10%.ويتم تطبيقه بالفرشاة أو الرش حسب الحاجة.

6.اللّصق والترميم:يكون على مرحلتين:

- ✓ التنظيف الجيد للقطع من الدهون.
- ✓ وضع نقط استدلال بواسطة راتنج (سيانوليت Cyanolit) بحيث تسمح اللزوجة المنخفضة لهذا الراتنج من مطابقة الدقيقة للشقف والشظايا مع بعضها.
- ✓ إعادة الإناء لشكله الأصلي بالتّسخين والطرق أو الضغط الميكانيكي وهو يناسب القطع قليلة السمك .
- ✓ الحماية باستخدام الموانع بالطلاء بالفرنيه أو البرالويد ب72 لحماية القطع من المعاملات اليدوية، أو بواسطة الشّمع المذاب في الكحول الأبيض .

المحاضرة العاشرة: صيانة وترميم الفخار الأثري

1.ماهية الفخار:

1.1.تعريف الفخار الأثري:

يعتبر الفخار الأثري من المواد الأثرية غير العضوية المسامية قوامها مادة الطين والماء وبعض المواد المضافة لتحسينه، وهو من أكثر اللّقى الأثرية التي يعثر عليها في عمليات التنقيب بغزارة والتي تمد الباحثين والدارسين بمادة علمية لدراسة تاريخ الشّعوب وعاداتهم وفنونهم.

2.1.الصيغة الكيميائية

Al2o32Sio32H2O/ الألمنيوم – السلسيوم – الأكسجين- مجموعات الهيدروكسيد[1].

3.1.تركيب الطينة

المّادة الأوّلية الطفلة + ماء+ المواد المضافة والمثّبتات؛ مثبتات معدنية (رمل الكوارتز،كالسيت، أكاسيد الحديد) مثبتات عضوية(مسحوق بقايا القواقع والعظام والنباتات الجافة..) مثبتات اصطناعية (مثل الفخار القديم الذي كسر يسحق ويضاف للمسحوق الجديد)[2].

4.1.خواص الطينة:

- ✓ اللّدانة.
- ✓ اللّيونة.
- ✓ سهولة التّشكيل[3].

5.1.خواص الفخار:

الصّلابة.

مقاومة الماء.

---

[1]نادية‌حابي، طرق صيانة وترميم الاواني الفخارية بموقع تازا برج الامير عبد القادر، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الاثار تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، الجزائر2، 2009-2010م، ص25

[2]نادية حابي، المرجع نفسه، ص29

[3]محمد الطيب عقاب،الاواني الفخارية الاسلامية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1984م، ص24

المسامية.

التّماسك[1].

6.1.العوامل المتحكمة في تحديد نوع الفخار:

- ✓ نوع الطينة.
- ✓ نسبة العناصر الداخلة في تركيبة الطين.
- ✓ الأملاح المعدنية.
- ✓ طريقة الحرق/ ودرجة الحرق/ ومدّة الحرق.

2.الأضرار التي تلحق بالفخار الأثري : غالبا ما يعثر على الأواني الفخارية سليمة ومتكاملة وفي حالة جيّدة؛ الأواني سليمة ومتكاملة وبداخلها مواد وأغذية سواء داخل المقابر أو المعابد أو مطمورة تحت الأتربة؛ أو في شكل كسر سطحية فوق المناطق الأثرية أو في شكل كسر مختلطة بالأتربة أو التربة المحيطة بها.

1.2.الأضرار الفيزيوكيميائية:فقدان التّماسك بسبب تمدد العناصر المعدنية والشّوائب الداخلة في تكوين الفخار بدافع اختلاف في درجات الرطوبة والحرارة وكذا التّلوث؛ إلى جانب ترسبات الأملاح بما يسمى التزهر أو الطبقات السطحية البيضاء التي تكسو سطح المادة، مما يسبب التقشّر وبعض التجاويف في الآنية الفخارية.

2.2.الأضرار الميكانيكية: تنجم عن أفعال الإنسان كسوء التّعامل مع التحف خلال التّنقيب والاستّخراج والنّقل والعرض والتّخزين والصّيانة والتّرميم وغالبا ما تكون ناتجة من عيوب التّصنيع.

3.2.الأضرار البيولوجية: تتعرض العديد من التحف الفخارية لهجوم البكتيريا والحشرات التي تفرز حمض الاوكساليك Acide axalic بسبب تعرضه للرطوبة الزائدة، والتي تؤدي إلى تلف

[1]نادية حابي، المرجع السابق، ص47-49

سطح الأواني وما عليها من مواد ملونة إذ تتحول هذه الألوان مع مرور الوقت إلى ألوان باهتة وهشّة قابلة للتّقشّر وبالتّالي فقدانها.

3.**مظاهر تلف الفخار الأثري:** يظهر على الفخار الأثري نتيجة تأثره بالمحيط أو وسط الحفظ مجموعة من المظاهر تشمل:

1.3.الشّقوق: قد تكون نتيجة عيوب التصنيع عند التشكيل أو الحرق او بسبب عوامل التجوية المحيطة بالقطع الفخارية الأثرية.

2.3.الكسور: تكون نتيجة ضغوطات واجهادات نتيجة سوء التّعامل مع القطع الأثرية(التنقيب، النقل، العرض، التخزين، التداول بصفة عامة..) أو أثناء فترة الدفن بسبب التربة أو المواد المتواجدة بها خاصة اذا كانت الاواني مجوفة فارغة.

3.3.التّقشر: تحدث للألوان والزخارف المتواجدة على سطح القطع الأثرية الفخارية وكذا للبطانة بسبب الماء أو الأملاح وغيرها.

4.3.التّجاويف: تظهر على سطح القطع الفخارية بأحجام وأقطار متفاوتة مملوءة في الغالب بالأتربة والأملاح تؤثر على متانة القطع وصلابتها؛ وتحدث بسبب الظروف المحيطة أو بسبب عيوب التصنيع (الشوائب الموجودة في الطينة..)[1].

5.3.ترسبات البيضاء: تظهر في شكل طبقات بيضاء سطحية بسبب التفاوت في درجات الرطوبة والحرارة وكذا طبيعة بيئة الحفظ وغيرها

6.3.البقع اللونية: نتيجة الملوثات والعامل البيولوجي أو البشري

4.عوامل تلف الفخار الأثري:

1.4.الرطوبة:

بما أنّ الفخار الأثري مادة غير عضوية مسامية فإنّها تمتص المحتوى الرطوبي الموجود في الهواء أو بيئة الدفن مما يجعلها رطبة؛ كما ان معدلات الرطوبة المرتفعة من جهتها تتسرب إلى

[1] نادية حابي، المرجع السابق، ص47-49

داخل مكونات الأواني الفخارية في أضرار بالغة منها التبلور أو إعادة تبلور الأملاح الموجودة داخل تلك الأواني، فضلا عن زيادة بعض المكونات القابلة للذوبان في الماء وخاصة في الأواني تهيئ الوسط الملائم لنمو الكائنات الحيّة الدقيقة على أسطح تلك الأواني، أمّا الرطوبة المنخفضة يكون تأثيرها ليس خطيرا مقارنة بالرطوبة المرتفعة إلاّ أنّها تتسبب في اضرار كظهور ترسبات ملحية على السطح أو في الشّقوق[1].

2.4.الحرارة: إنّ اختلاف درجات الحرارة، بسبب اضطراب في المكونات المعدنية للأواني الفخارية، بحيث يسبب ارتفاع درجة الحرارة تمدد العناصر المعدنية، بينما يسبب انخفاضها انكماشا للعناصر المعدنية، ومع مرور الوقت قد تتحول هذه العناصر الى عناصر منفصلة عن بعضها، ويصبح تركيبها الفيزيائي مضطربا وضعيفا وفاقدا للتّماسك أي تتأثر خصائص الفخار الأثري[2].

3.4.الأملاح: يعد الفخار من المواد المسامية، أي أنّها تحتوي على عدد غير محدود من المسامات الصغيرة في بنيتها، فيمكن لهذه المادة عن طريق الحلول أن تمتص الماء، والأملاح، والتي تكون بتماس معها حتى تصل إلى النواة المركزية للأداة نفسها، فالماء بحالته السائلة، والأملاح الموجودة في التربة لا تغير المظهر الخارجي للفخار، إلاّ أنّها يمكن أن تحدث في بنيتها الداخلية، ومن هنا يتضح لنا أنّه لا يمكن في الغالب أن نعثر على أدوات، أو تماثيل كاملة من الفخار في حفرياتنا الأثرية[3].

ويتمثل التأثير المتلف للأملاح المتبلورة على الفخار الأثري في حالتين:

الحالة الأولى:تبلور الأملاح في مسام الفخار عند تعرضه بصورة مفاجئة للجفاف فإنّ بلورات الأملاح يمكن أن تنشأ داخل هذه المسام مما ينتج عنها قوة ضغط كبيرة تسمى بضغط النمو البلوري يؤدي إلى تفكك ترابط الحبيبات بعضها ببعض، وقد يتحطم الإناء الفخاري نتيجة تلك الضغوط

الحالة الثّانية: تبلور الأملاح خارج مسام الفخار الأثري وهي الحالة الاكثر انتشارا نظرا للظروف الفيزيقية لعملية البخر والتي تتكون دائما عن السطح الفاصل بين الغاز والجسم الصلب وبذلك

[1] محمد عبد الهادي، دراسات علمية في ترميم وصيانة الاثار غير العضوية، مكتبة نهضة الشرق، القاهرة، 1996، ص141

[2] محمد عبد الهادي، المرجع نفسه، ص141

[3] برخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، 134

تتركز عملية البخر على الأسطح في حين يتم سحب المحاليل الأملاح باستمرار من المسام بدوام عملية البخر.

4.4.التّلوث: إنّ مكونات التّلوث الجوي تحدث اضرارا فيزيوكيميائية خطيرة على المكونات المعدنية الداخلة في تكوين الأواني الفخارية، حيث تسبب الأحماض غازات ملوثة مثل حمض الكبريتيك وحمض النيتريك وحمض الكربونيك في تلفها، بالإضافة إلى أنّ الغبار والأتربة وحبيبات الكربون تسبب تلف مواد الزخرفة والسطوح الأواني الفخارية، بالإضافة إلى كونها تنشط التّفاعل الكيميائي بين الغازات الملّوثة والمكونات المعدنية التي تتكون منها الأواني الفخارية[1]، مما يعرضها إلى ظهور البقع اللّونية وكذا التقشرات والإسوداد وتغيّر ألوانها بوجود الرطوبة.

5.4.العوامل البيولوجية: تتسبب البكتيريا والفطريات التي تنمو على سطح بعض الأواني الفخارية المعرضة للرطوبة في تلف ما على سطحها من ألوان وزخارف، إذ تفقد بمرور الزمن بريقها وتصبح باهتة وهشّة نتيجة التهام هذه الكائنات الدقيقة مادة الوسيط المستخدمة في تلك الألوان فتتقشّر وتفقد الأنية جمالها ورونقها[2].

6.4.العامل البشري: تتمثل مجمل الأضرار التي تصيب القطع الأثرية الفخارية بسبب الإنسان في:

1.6.4.أخطاء الصيانة والترميم: وتكون بداية من أعمال التنقيب والتعريض الخاطئ والكشف والرفع والاستخراج والتعبئة والنقل وكذا عند الفحص والتقوية والتنظيف والترميم.

2.6.4.سوء العرض والتخزين: بحيث تعرض القطع الفخارية في ظروف غير ملائمة وخارج واجهات العرض، أو دون تثبيت على الحوامل في فضاءات العرض، أو أن تحفظ في فضاءات التخزين بالمتاحف مكدسة دون تغليف، أو ترتيب في علب التّخزين، أو الرفوف، أو الخزانات مع غياب التّدابير الوقائية في قضية تسيير هذه الأخيرة بشكل عام.

3.6.4.الاعتداءات والتخريب العمدي: يمكن إجمالها في الإعتداءات الإجرامية كالتكسير والسطو والسرقة والحرق والحروب والتّهريب والإتجار غير الشرعي.

---

[1] احمد ابراهيم عطية، عبد الحميد الكفافي، حماية وصيانة التراث الأثري، المرجع السابق، ص321

[2] محمد عبد الهادي، المرجع السابق، ص142

5.الفحص والتّشخيص:

1.5.الفحص بالعين المجردة وبالعدسة المكبرة: تكون أوّل مراحل الفحص بحيث تعتمد على دقة الملاحظة ويمكن الكشف من خلالها عن طريقة التصنيع (دولاب أو بالاحبال، تقنيات الزخرفة وأشكالها مثلا)، الألوان(لون الطينة، تمييز الطلاءات ونوعها).

2.5.الفحص بالطرق العلمية الحديثة: تعتبر من أهم المراحل في تحديد نوع المادة الأثرية تركيبها ونسبة تلفها لتحديد طريقة علاجها بدقة وفي وقت وجيز يتعلق الأمر باستخدام طرق الفحص والتحليل العلمي؛ فمع التطور الذي شهده ميدان التكنولوجي فقد ساهم هذا الأخير في تسهيل أعمال الفحص والتحليل للقطع الأثرية الفخارية وأهم نواتج العالقة عليها ومن بين أهم الطرق المستخدمة في هذا الشّأن:

- ✓ الفحص بالأشّعة السينية للكشف عن الزخرفة (نوعها وتقنية تطبيقها..)؛ ملاحظة التّشققات الدقيقة والعميقة التي يصعب ملاحظتها بالعين المجردة.
- ✓ الفحص بالأشّعة تحت الحمراء للكشف عن الأماكن التي انفصلت عنها الألوان، اثار الحبر..الخ
- ✓ الفحص بالأشعة فوق البنفسجية للكشف عن اثار الدهان والحبر..الخ[1].
- ✓ التّحليل بطريقة حيود الأشّعة الصينية للكشف عن الأملاح ومصدرها إن كان من تربة بيئة الدفن أو من المكونات الرئيسية للفخار الأثري نفسه، بحيث تؤخذ عينة من الأملاح المترسبة على سطح القطع الفخارية الأثرية والقيام بفحصها وتحليلها تحت الأشّعة؛ معرفة مكونات الفخار والتربة[2].

6.التقوية والتنظيف: تقوم على مراحل هي:

- تثبيت الألوان بدهنها بمحلول النتروسيليلوز الممزوج بالأسيتون وخلات الأميل ثّم تغسل بالماء بواسطة فرشاة ناعمة، ثّم تترك لتجف ثّم تزال البّقع والرواسب العالقة بواسطة المذيبات مثل حامض الهيدروكلوريك المخفف لإزالة طبقات الجبس أو الجير.

[1] نادية حابي، المرجع السابق، ص 65

[2] نجوى سيد عبد الرحيم، محمد معتمد مجاهد، "دراسة مقارنة وعلاج وصيانة لبعض القطع الاثرية الفخارية من منطقتي المطرية وشمال سيناء"، المؤتمر الدولي الأول، كلية الاثار، جامعة القاهرة، مارس 2008م، ص4-5

- إزالة ترسبات الأملاح: بواسطة الغسل في ماء خال من الأملاح أو استخدام ضمادات تستبدل من فترة إلى أخرى حتى تزال.

وتقوم عمليات التنظيف والتقوية حسب حالة حفظ القطع الفخارية الأثرية:

- ✓ الفخار الجيّد والثّابت يتم غمرها في الماء وغسلها بالفرشاة مع تغيير الماء بين الفينة والأخرى.
- ✓ الفخار الهش وسيئ الحفظ لا تغمر في الماء كليا وإنّما الغمر الجزئي مع التمشيط بلطف أو تنظيفها باستخدام قطن مبلل بالكحول تمرر على الشوائب والاتساخات إلى أن تزال كليا مع الحرص على تغيير القطن كلما اتسخ وعدم تمرير القطن على سطح غير متسخ، وقد نلجأ إلى تقوية الأجزاء الضعيفة بالبارالويد ب72 ثّم تنظيفها بالفرشّاة أو تقويتها بمادة الفينايل لمرّة أو مرتين حسب الحاجة[1].
- ✓ وإذا وجدت زخرف ورسومات وألوان على الفخار نقوم باختبار جزء منها بتمرير قطن عليها فإنّ انطبع أو لصق شيء منها على القطن فلا نغسلها مباشرة بال تثبت الألون بمادة مقوية ثّم نغسلها بالفرشّاة خاصة إذا كانت الأوساخ عبارة عن شوائب ضعيفة الإلتصاق وعبارة عن غبار وأتربة فقط بما يسمى طريقة التنظيف الميكانيكي.
- ✓ إذا وجد فوق الدهان بقايا من الأتربة أو أي نوع آخر من الكتل المتحجرة، نقوم بإزالتها مسبقا قبل عملية التّقوية، أمّا بطريقة كيميائية بتبليل قطعة قطن بالكحول وتمريرها على الزخرفة بلطف، أو بطريقة آلية بعد عملية تطرية الأوساخ نكشطها بلطف وعناية بمشرط دون المساس بالزخارف. ثّم تركها تجف في الهواء بعيدا عن أشّعة الشّمس[2].
- ✓ كما يتم إزالة الأملاح بأنواعها بالطرق الكيميائي، فإذا ظهرت على القطع الأثرية الفخارية طبقات من كبريتات الكاليسيوم نحاول في البداية إزالتها بمشرط طبي بعناية، وفي حالة استحالة ذلك يتم إخضاعها لمعاجة بحمض النيتريك أو حمض كلور الماء المركز، بتطبيقه بطريقة دقيقة فوق الأجسام العالقة ومن ثّم نغسلها بالماء المقطر عدّة مرات. ومن أجل التّخلص من الأملاح المذابة نغمر الأجزاء الفخارية بالماء المقطر مع تغييره من حين لآخر وقد تستغرق العملية اسابيع، ولمعرفة أنّ الآنية الفخارية تخلصت من الأملاح العالقة نستخدم

[1] علصم محمد رزق، المرجع السابق، ص197

[2] بيرخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص133-134

موصلا حراريا*، وإذا تعذر ذلك نقوم بأخذ عينة من الماء الذي تم غمر الفخار الأثري فيه وإضافة إليه حمض الآزوت والفضة بنسبة 1% وننظر بضع ثواني، فإذا بقي المحلول شفاف فهذا يعني أنّ الآنية خالية من الأملاح والعكس إذا أظهر مظهرا بنيا أو معكرا، فعلينا مواصلة العلاج إلى أن يصبح المحلول شفافا[1].

- ✓ وتجدر الإشارة إلى أنّ استخدام المفرط في تنظيف الفخار الأثري بالطرق الميكانيكية قد ينجر عنه احتكاك وخدش وأخطاء، واستخدام الطرق الكيميائية بالأحماض قد يضعف سطح الفخار الأثري[2].

7.تجميع الشقفات المنشطرة: خطوات الترميم وتجميع الشقفات المنشطرة هي:

1.7.عملية الفرز والترقيم: تتم تبعا لشكل الحافة والزخرفة، بحيث يجب أخذ القطع الكبيرة أولا ثّم نجعل كل مجموعة على حدا والشقف التي لم نجد لها مثيلاتها توضع في أكياس، ثّم نأتي بالشّقف التي تم تجميعها لنرى إن كانت تشكل إناءا بحيث يتم التّأكد من نظافة الحواف قبل اللّصق لضمان نجاح العملية.

2.7.طريقة اللصق: نضع كمية من المادة اللاصقة على أحد الحواف بواسطة عود خشبي ثّم نقرب الجزأين وتطبيقهما بالضغط لبضع ثوان لتزال الزوائد الناتجة عن عملية الضغط بواسطة إسفنجة، وتثبت في حوض مملوء بالتّراب ولا تلصق بقية الأجزاء إلاّ بعد ثبات الجزأين الأولين.

8.مبادئ ترميم القطع الأثرية الفخارية:

إنّ عملية الترميم كغيرها من العمليات العلمية الأخرى، تخضع وتقوم على أسس وقواعد يجب مراعاتها عند القيام بها، والتي يجب على المرمم التقيّد بها للحفاظ على المظهر الجمالي والفّني والأثري للتحفة، وخاصة تلك التحف الفخارية التي تتعرض للعديد من الصدمات، تؤدي إلى تكسرها وتفتتها، وفقدان الأجزاء منها مما يستدعي تعويضها بإضافة أجزاء أخرى من الجبس أو

---

* هو عبارة عن جهاز لقياس الناقلية (وهي اجسام لنقل الحرارة والكهرباء ونأخذ القياسات اليومية ونقوم بتسجيلها على شكل رسم بياني. ينظر: بيرخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص138

[1] بيرخينيا باخة ديل بوثو، المرجع السابق، ص135-138

[2] كرونين ج.ام، روبنسون و.س.، المرجع السابق، ص215

الطين، ولكن هذه الاضافات هي التي تتوقف عليها الخصائص الفّنية للتحفة الفخارية، فلا نقوم بالزيادة ولا بالتجديد إلاّ تعويض ما فقد من أجزاء أو زخارف مع ابقاء الفرق ظاهرا بين ما هو مضاف وما هو أصلي.

قد تشمل حدود الإضافة في الترميم، ما تم فقدانه من أجزاء في الآنية الفخارية من بدن، أو حافة أو مقبض، أو قاعدة، فهذه الأجزاء إذا ما تم فقدانها كان لزاما علينا إضافتها حفاظا على مظهر التحف الفخارية، ولكن حدود هذه الإضافة تتوقف على شكل الأجزاء فإذا ما كان لدينا قسم من البدن ضائع، كان علينا أن نقوم بتعويضه، بتشكيل الجزء المضاف بنفس شكل الجزء الأصلي، وكذلك بالنسبة للمقبض في حالة ما إذا عثر على جزء منه على الآنية، فنقوم بتكملته بنفس السمك، والطول والعرض وفي حالة ما لم يعثر عليه تماما، نقوم بمقارنة الآنية المراد ترميمها مع الآنية الأخرى تشبهها، وعليها نقوم بتكملة المقابض، إذ تعتبر كمرجع لسابقتها وهذا ينطبق كذلك على الأجزاء الأخرى من قاعدة وحافة.

تمييز القسم المضاف من الأصلي: جرت العادة اذا ما عثر على اواني فخارية ناقصة القيام باستكمالها، وذلك بواسطة مادة الجبس التي تعد من المواد المساعدة في الترميم او مادة الطين التي يشترطها البعض، إذ يرونها من أفضل المواد التي يمكنها أن تعوض ما نقص من الأثر بما أنّها من نفس مادته، وبالرغم من ذلك يبقى الجبس الطبي المضاف أفضل مادة للاستكمال، لأنّه يمكننا من خلاله أن نميّز بين الجزء الأصلي في الآنية الأثرية من الجزء المضاف أثناء الترميم، وعليه يعتبر التّمييز في الترميم شرطا أساسيا يستوجب أن يكون حاضرا لكي يتم التّعرف على التحفة، وما طرأ عليها من تغييرات أثناء الدراسة والبحث في تاريخها.

9.تقنيات تتمة الزخرفة على الأجزاء المضافة:

إذا ما وجدت النقوش والكتابات والرسوم على الأواني الفخارية وكانت ناقصة بسبب ضياع جزء من الآنية الفخارية، يجب على المرمم أن يحتاط في ترميم هذه الأجزاء إذ عليه أن يقوم بعملية تكملة الزخرفة على الأجزاء المضافة من الجبس الطبي، حتى يحافظ على المظهر الفّني والجمالي للقطع الفخارية الاثرية، وإذا كانت هناك ألوان مستعملة في الأجزاء المضافة قريبة من الألوان الأصلية أو مثلها، وإذا كانت القطع المعروضة ذات قيمة دراسية يمكن لنا أن نزينها بالألوان مع إبقاء اللّون الأبيض من الداخل من أجل المراقبة، والاحتياط، وهذا حسب الزخرفة

وكيفية تنفيذها، إذا ما كانت بالحز أو اللّصق أو غيرها[1]، أو عن طريق القولبة والنّسخ لهذه الزخارف على الجبس باستخدام العجين[2].

10.الحفظ الوقائي المتحفي:

بحفظ التحفة الفخارية في فضاءات العرض أو التخزين بالمتاحف في وسط حفظ ملائم من نسبة رطوبة لا تتعدى 65% ودرجة حرارة لا تزيد عن 25 ° م، وشدّة إضاءة 150 لوكس مع التّهوية وترشيح للهواء وتنقيته المراقبة المستمرة باستخدام أجهزة الرقابة المناخية والأمنية على حد سواء.

[1] Fleur M., « Note sur le fonctionnement du laboratoire de restauration, de la commission du vieux paris a la rotonde de la villette », Cahier de la rotonde N1, paris ; 1978, p35

[2] نادية حابي، المرجع السابق، ص155

المحاضرة الحادية عشر: صيانة وترميم الفسيفساء:

1.ماهية الفسيفساء:

1.1.تعريف الفسيفساء:

كلمة موزاييك "**Mosaique**" كلمة أعجمية تقابلها في اللّغة العربية كلمة الفسيفساء، وكلا الكلمتين تُشِيرَانِ إلى فنّ الفسيفساء، وكلمة فسيفساء مشتقة من الكلمة الاغريقية فصيفوص "**Phsephos**" والتي تعني الحجر الصّغير[1].

كما يرجع بعض الباحثين أصل اللفظ "موزايك" إلى كلمة اللاتينية (موزيفوم) "musivum" التي تعبر على نوع التّكسية المستعملة في تزيين كهوف الحوريات الملهمات، ثّم توسع استعمالها ليشمل كل ما هو تكسية لجدران الكهوف الطبيعية وسقوفها، وقد ورد هذا اللّفظ في روما في القرن الأوّل قبل الميلاد، قبل أن يتوسع معناه في عصر النّهضة الأوروبية ليشمل جميع منتجات هذه التقنية[2].

تقنية تلبيس السطوح وزخرفتها قوامها مجموعة من المواد الصلبة تثبت على سطح أملس بحيث تصبح متماسكة بعد الجفاف، وهو فّن عريق استخدمه الإنسان لتزين العمائر المدنية والدينية كأرضيات الحمامات وجدران الأروقة والمساكن والكنائس وغيرها، وهي فّن تزيين الحوائط والأرضيات بمكعبات ملونة بلوحات ومشاهد حسب المكان المراد تزينه فنجد الحمامات على سبيل المثال تُزَيِّنُها أشكال الحيتان.

2.1.فن الفسيفساء في تاريخ الحضارات

تعود الأصول الأولى في ابتكار الفسيفساء لحضارات مابين النهرين في العراق وبالتحديد في الفترة السومرية الأولى(الألف الرابع حتى الألف الثالث قبل الميلاد)، حيث تعتبر قطع الفسيفساء التي كانت تزين المعبد الأحمر بالوركاء هي أول استعمال للفسيفساء في التّاريخ حيث

[1] حمزة محمد الشريف، صيانة وترميم فسيفساء التبليط في الجزائر نموذجين فسيفساء ربات الفن التسعة لمتحف شرشال، فسيفساء الحورية سيران بمتحف تازولت (لوباز)، رسالة لنيل شهادة الماجيستير تخصص اثار قديمة، معهد بني مسوس، الجزائر العاصمة، 2003-2004، ص16

[2] عابد عائشة، "الفسيفساء في حوض المتوسط القديم تراث وقيم مشتركة"، قراءات في الحفاظ على الفسيفساء، الايكروم، جيتي ، 2019م، ص16

زينت معبد أنين بمخروطات طينية محروقة غرست في الجدار، المغطى بالطين بين القاعدة وتم تثبيتها بالبيومين وسميت بفسيفساء المخاريط الفخارية التي كانت متنوعة في أطوالها فيما بين 12.5-22.5سم ومن ميزوبوتاميا، لواء آور (2600-2400 ق.م) والتي جمعت بين خامات متعددة من خلال نحت أشكال مختلفة من العاج والأصداف وقطع الحجر الملّون بالأحمر وأحجار اللازورد الأزرق وقد تم تثبيتها براتنج نباتي، ونتيجة للتأثير بين الحضارات انتقلت الفسيفساء إلى مصر ومن ثم الاغريق والرومان[1].

العراق: تعود أقدم فسيفساء لسنة 5000ق.م عثر عليها في الوركاء جنوب العراق زينت واجهة معبد آنين قوامها مخروطات طينية محروقة ثبتت على أسطح طينية لونت بالأسود والأحمر.

اليونان:عثر على أقدم الفسيفساء ارضية في مدينة "Olynthos" في مقدونيا تعود لسنة 348ق.م، تحمل مواضيع خرافية بالأسود والأبيض.

روما: عرفت ازدهار في القرن الرابع الميلادي زينت الكنائس وأرضيات الحمامات بمواضيع حسب المكان.

بيزنطة: اصبحت الفسيفساء مصاحبة للعمارة ويعتبر عصر "جنستنيان" 527-565م من أزهر عصور البيزنطية التي ازدهر فيها فن الفسيفساء خاصة في الكنائس.

في أوربا: عرفت ازدهار كبير بين القرن 7- 13م بظهور فنانين متميّزين غير أنّه تراجع في عصر النهضة بظهور فّن التّصوير الزيتي "اللّوحات الزيتية" أقل ثمنا وجهدا[2].

3.1.خامات الفسيفساء:

قد تصنع الفسيفساء من خامات طبيعية كالحصى والزلط والحجر والرخام الطّبيعي؛ أو خامات صناعية كالزجاج والفخار والخزف، واللّون عبارة عن شوائب طبيعية ملونة في الحجر

[1]صفاء عبد السلام،"الفسيفساء في ليبيا: دراسة لعوامل التلف وطرق العلاج والترميم"، مجلة الاتحاد العام للاثاريين العرب، القاهرة، العدد الحادي عشر، يناير، ص102-103

[2] أحمد ابراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الأولى، 2003، ص24.

الطّبيعي أو أكاسيد ألوان مضافة أثناء عمليات الصناعة في الخامات الصناعية أمّا التصميم، فقد يكون هندسيا أو نباتيا أو مشاهد دينية أو دنيوية أو أساطير[1].

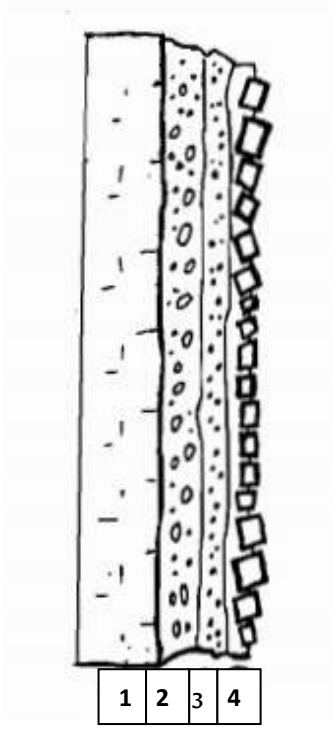
4.1.مراحل تصنيع فسيفساء الجدران:(ينظر الشّكل01)

1.يعالج سطح الجدار لعزله ضّد الرطوبة باستخدام مواد عازلة.

2.وضع الطبقة الأولى: طبقة الأساس: تتكون من ملاط خشن نوعا ما من الرمل أو مسحوق الطوب.

3.وضع الطبقة الثّانية: طبقة القاعدة: طبقة الملاط الناعم.

4.وضع الطبقة الثالثة والأخيرة: طبقة البساط المتكونة من مادة الجير تثبت وتصف عليها قطع أو مكعبات الفسيفساء[2].



1. الـجدار
2. الأسـاس
3. القـاعدة
4. البســاط

[1] أحمد ابراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الأولى، 2003م، ص21

[2] أحمد ابراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية، المرجع السابق، ص 44

5.1.مراحل تصنيع فسيفساء الأرضيات: (ينظر الشّكل 02)

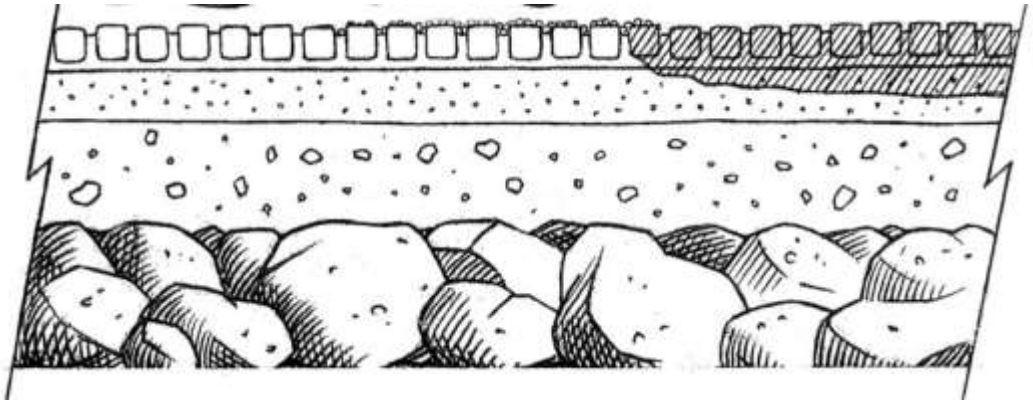
1.حفر الأرض بعمق يسمح بتصفيف الطبقات الفسيفساء بشكل لي يجعلها ترتفع عن المستوى المطلوب

2.الطبقة الأولى: الدعامة support: تتكون في الغالب من كسر الحجر والحصى مع مادة رابطة من الاسمنت الطّبيعي.

3.الطبقة الثّانية: الأساس: تتكون من نفس مكونات الدعامة ولكن بحجم أصغر.

4.الطبقة الثّالثة القاعدة: تتكون من ملاط الاسمنت أو جص.

5. الطبقة الرّابعة البساط: طبقة من الملاط تسمح بنظم قطع الفسيفساء وهي من الجير.



الشكل 02: مقطع عرضي لفسيفساء الارضيات أحمد ابراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية،ص38

2.عوامل تلف الفسيفساء الأثرية:

1.2.التفاوت في نسب الرطوبة ودرجات الحرارة:

درجة الحرارة هي المقياس الذي يعبر عن مقدار السخونة ولا بد من التفريق بين الحرارة ودرجة الحرارة ذاتها، فدرجة الحرارة هي مقياس للسخونة أمّا الحرارة فمقدار الطاقة الحرارية التي أدت

إلى هذه السخونة ، كما يعتمد انتقال الحرارة بالحمل على درجة الحرارة وحركة الهواء والفراغات الموجودة بالمبنى وسمك الجدار[1].

يظهر تأثير المتلف لاختلاف درجات الحرارة على الفسيفساء عند تعرضها لأشعة الشّمس المباشرة حيث تختزن طبقة الفسيفساء طاقة حرارية عالية تختلف باختلاف الخامات المستخدمة في تكوينها، وعندما ينقطع مصدر الحرارة فتفقد الفسيفساء حرارتها بالبرودة، وهذا التذبذب اليومي في درجات الحرارة ارتفاعا وانخفاضا يؤدي إلى تمدد وانكماش في خامات صناعة الفسيفساء، ومن ثّم اضعاف تماسكها وتفتتها، كما أنّ الضّغوط الناتجة عند التّمدد الحراري، تحدث تشّوهات وشروخ في طبقة الفسيفساء نفسها وهذه تختلف باختلاف معامل التمدد الحراري لمواد صناعة الفسيفساء[2].

2.2.التلف الفيزيائي للماء والرطوبة:

هو تلف الطي يحدث تغييرا في شكل المادة دون ان يغير في تركيبها الكيميائي ويصل الماء بحالاته الثلاث إلى الأرضيات الفسيفسائية وبقية المواد الأثرية بأحد الطرق عن طريق التكاثف الرطوبة الموجودة في الجو على سطح المادة الأثرية ، وترتبط نسبة الرطوبة ارتباطا وثيقا بدرجة الحرارة فكلما انخفضت درجة الحرارة تزداد نسبة الرطوبة في الجو وبالتالي تتكاثف الرطوبة بشكل أكبر على سطح المادة الأثرية ويحدث العكس عند ارتفاع درجات الحرارة بواسطة الخاصية الشعرية للماء أو ما يعرف بالخاصية الأسموزية حيث يتم تسرب الماء من باطن الأرض إلى المادة الأثرية، عن طريق تعرض المادة الأثرية بالماء بشكل مباشر كتعرضها لمياه الأمطار، ويعمل الماء على تلف الأرضيات الفسيفسائية من الناحية الفيزيائية من خلال ظاهرة التجمد إجهاد في المواد المشكلة للفسيفساء فيحدث انفصال وكسر وتصدع[3].

[1] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم وحماية الاثار، المرجع السابق، ص86-87

[2] إبراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية، المرجع السابق، ص72

[3] واصف رزق حواري، صيانة وترميم الأرضيات الفسيفسائية في كنائس البدية دراسة نظرية تحليلية ، رسالة لنيل درجة الماجستير في الاثار –العلوم التطبيقية، قسم الاثار معهد الاثار والانثروبولوجيا، جامعة اليرموك، الاردن ، 2000م، ص31

3.2.تبلور الأملاح:

هو التلف الذي يسببه تبلور جزيئات الأملاح الذائبة في الماء أو الموجودة في الحجارة حيث تذوب هذه الأملاح بفعل مياه الأمطار أو الرطوبة الزائدة عند ارتفاع درجات الحرارة بتبخر الماء، وتجف المواد الأثرية فتتبلور حبات الملح أو تكبر حجمها وتبدأ بالضغط على البيئة المسامية للمكعبات الفسيفسائية والدعامات الملاطية فتحدث فيها شروخا وتصدعات[1]

وينحصر تأثير الأملاح غير الذائبة بترسبها على سطح المكعبات الفسيفساء محدثة تشويها لها وطمسا لمشاهدها التّصويرية الجمالية من خلال تكوين طبقات بيضاء على سطحها وتزداد خطورتها في جود مكعبات مغطاة برقائق الذهب أو الفضة أو الزجاج فأثناء حركة خروج الأملاح للسطح فإنّها تبدأ بالضغط على الرقائق للأعلى مسببة انفصالها عن المكعبات الفسيفسائية[2].

1.3.2.عوامل متحكمة في حدوث تبلور الأملاح:

- ✓ طبيعة الأملاح.
- ✓ تركيبة المواد الأثرية حجر مثلا.
- ✓ ظروف التبخر[3].

4.2.التلوث:

1.4.2.الغازات الملّوثة:

- ✓ يحدث تفكك قطع الفسيفساء وانفصالها عن ملاط الدعامة.
- ✓ ظهور بقع وترسبات يصعب إزالتها وهذا بسبب الغازات الملوثة كثاني أكسيد الكبريت so2.

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص32

[2] واصف رزق حواري، المرجع نفسه، ص53

[3] واصف رزق حواري، المرجع نفسه، ص33

2.4.2.الملّوثات الصلبة:

الأتربة الدقيقة التي تثيرها الرياح فقد تكون محملة ببذور النباتات أو بويضات الحشرات وعند ترسبها على السطح الفسيفساء الأثرية أو في شقوقها تهدد بانتشار التلف البيولوجي؛ كما أنّ غبار المدن الصناعية الذي يتكون في الغالب من ذرات الكربون تحيط بها مواد قطرانية نتيجة للاحتراق غير الكامل للوقود يلتصق بالفسيفساء المكشوفة وتشوهها وطمس معالمها[1]، بما يسمى كذلك بالتّلوث البصري.

5.2.التلف البيولوجي:

1.5.2.العوامل المتحكمة في نمو الكائنات الحيّة:

تؤثر الكائنات الدقيقة بشكل عام على المواد الأثرية المشكلة للفسيفساء من خلال إفراز أحماض تظهر على شكل بقع تحدث تشويها وطمسا لسطوح الأرضيات الفسيفسائية والتي يساعد على نموها وظهورها وتأثيرها على المواد مجموعة من العوامل تتمثل في:

- ✓ خصائص المواد المشكلة للفسيفساء الأثرية.
- ✓ الظروف المحيطة
- ✓ الرطوبة
- ✓ الضّوء
- ✓ الحرارة
- ✓ الملّوثات

2.5.2.البكتيريا: يتطلب نموها توفر الضوء والرطوبة بنسبة تزيد على 56% وتتمثل خطورة البكتيريا بإفرازها حامض الكبريتيك وثاني أكسيد الكبريت وتهاجم هذه الأحماض المادة الحجرية وتتسبب في تغير تركيبها الكيميائي وتلفها عاليا، كما أنّ بعض أنواع البكتيريا تنتج أحماضا قادرة على إذابة السيليكات وعند موت هذه الاخيرة تصبح مصدرا غذائيا لبعض أنواع الكائنات الحيّة التي تؤثر على الأرضيات كالعفن[2].

[1] ابراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية، المرجع السابق، ص76-77

[2] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص37

3.5.2.الطحالب: تعتمد هذه الكائنات في نشاطها على توفر الضوء، ويكمن خطرها عندما تصبح مستقرا تتجمع فيه الأوساخ فتحدث تشويها للأرضيات الفسيفسائية على شكل بقع وألوان مختلفة تظهر على سطح الأرضية، فتفقدها القيمة الجمالية وتخفي مشاهدها التصويرية[1].

4.5.2.الأشنات: وهي كائنات دقيقية ذاتية التغذية تفرز أحماضا تتسبب في إذابة مكونات الحجارة وعند موتها تزيد نسبة الرطوبة مما يؤدي إلى فرصة أكبر في حدوث تلف[2]، ولها تأثير كيميائي يتمثّل في إنتاج أحماض تتسبب في أحداث بقع وفجوات ومع زيادتها تحدث تلفا ميكانيكيا يفقد أسطح الفسيفساء تماسكها[3].

6.2.النباتات: تستقر النباتات عادة في الشّقوق والفجوات المتواجدة على مستوى الأرضيات الفسيفسائية بحيث تسبب أضرارا ميكانكية تتمثل في زعزعة طبقات الأرضيات وانفصالها نتيجة نمو الجذور وكبرها وتدمير شبه كلي لسند المكعبات وتصبح الفسيفساء عبارة عن حجارة صغيرة متناثرة، كما ينتج عنها تلف كيميائي نتيجة الافرازات الحمضية خلال امتصاص المواد العضوية أثناء نموها من مختلف طبقات الحامل مما يكسبها هشاشة، فهي تهاجم المكونات الكلسية للملاط[4].

7.2.الحيوانات: بالنسبة لحيوانات الرعي فيكمن خطرها بمشيها ودعسها فوق أرضيات الفسيفساء مما يسبب هبوطها وتفكك مكعباتها وخلخلة الدعامات الملاطية فتضعف قوّة تماسكها مع نزع الحشائش التي تنمو على سطح أرضيات الفسيفساء وبين الفجوات مما يسبب انفصال المكعبات وكذا انتثارها وضياعها.

كما أنّ للطيور تأثيرا هي الأخرى حيث تترك فضلاتها فوق سطوح الفسيفساء الأثرية والتي لها تأثير كيميائي يتمثل في انتاج أحماض اليوريا والكبريتكيك والنتريك وغيرها، والتي تعمل على تغيير

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص38

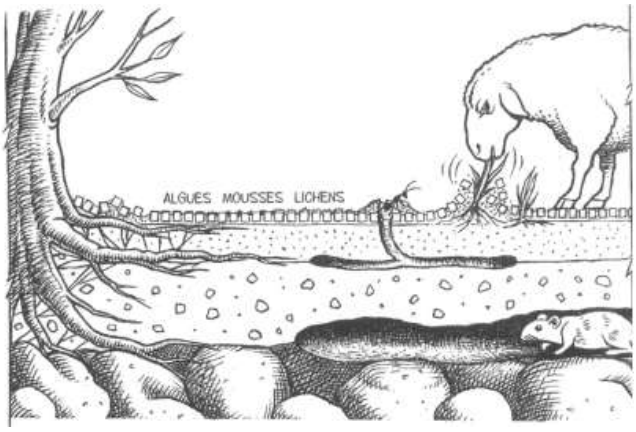
[2] واصف رزق حواري، المرجع نفسه، ص37

[3] بلعيبود بدر الدين، دراسة تحليلية لعملية ترميمتابوت بلرفون بالمتحف الوطني للاثار القديمة، رسالة لنيل شهادة الماجستير تخص صيانة وترميم، معهد الأثار، الجزائر2، 2007-2008م ،ص75

[4] حمزة محمد الشريف، المرجع السابق، ص68

الصيغات الكيميائية للمواد المشكلة للفسيفساء، كما أنّ الفضلات بمثابة سماد طبيعي لنمو الحشائش والأعشاب[1]

دون أن ننسى القوارض والحشرات التي تعمل على حفر الأنفاق والجحور عموديا وأفقيا مما يحدث تأثيرا ميكانيكيا يتمثل في فقد ترابط الطبقات الفسيفسائية، كذا هبوطها وزعزعتها وفقد الطبقة الحاملة للمكعبات، إلى جانب الفضلات التي تتركها الفئران والحبوب والمواد التي تجلبها إلى جانب النّمل الذي يحدث الجحور والانفاق مما يسبب نموها وبالتالي تعمل عمل العوامل البيولوجية السابقة، ولمعرفة تأثير جميع العوامل المذكورة[2] (ينظر الشكل 03)



الشكل03: توضح تأثير العامل البيولوجي على ارضيات الفسيفسائية الاثرية نقلا عن: Christtion de brer- Elso bourgingron,ibid,p71

8.2.العامل البشري:

يتمثل التلف البشري في أنواع الاعتداءات بما فيها التشويه والسرقة والتهريب والتوسع العمراني وأعمال الهدم في حرث الاراضي وانجاز المشاريع، الحروب وسوء التعامل مع التراث بما فيها اخطاء الصيانة والترميم بداية بالكشف والرفع والتعبئة والنقل والمعالجة والعرض والتخزين وكل هذه التصرفات تسبب اتلاف وتدمير وضياع الشواهد الاثرية وطمس الهوية للشعوب[3].

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص39-40

[2] Christtion de brer- Elso bourgingron, Formation de techniciens à l'entretien des mosaiques in situ, the getty conservation institute, institut national du patrimione ,tunis,2008.p71

[3] عدنان الوحشي وآخرون، تدريب الفنيين لصيانة الفسيفساءفي موقعها الأصلي، مركز جيتي، المعهد الوطني للتراث، تونس، 2011م ، ص94

9.2.الكوارث الطبيعية:

يظهر أثر الكوارث الطبيعية في الزلازل التي تفتك وتدمر أرضيات الفسيفساء الأثرية بإحداث التّشققات والشّروخ والهبوط في الطبقات المشكلة للفسيفساء وانفصالها وتفككها وضياعها كليا نتيجة الاهتزازات العنيفة المتكررة وما يصحبها من تصدعات في الأرضيات والمواقع المشيدة فوقها خاصة إذا كانت من المناطق المعروفة بالنّشاط الزلزالي العنيف[1].

بالاضافة إلى الفيضانات التي تهدد هي الأخرى الفسيفساء الأثرية من خلال غمرها بالمياه واضعاف ترابطها وانتزاع مكعباتها ونقلها إلى أماكن بعيدة عن الموقع إلى جانب تاثيرها غير المباشر أي على المدى البعيد بتشبعها بالماء والرطوبة وتبلور الأملاح ونشاط العامل البيولوجي وكل ما ذكرناه آنفا.

3.الصيانةوالترميم:

1.3.المعاينة والتّسجيل والتوثيق:

تبدأ بالدراسة للموقع وفحص أساساته وجيولوجية تربته ومناخه وكل ما يتعلق البيئة المحيطة من رطوبة وحرارة وتلوث ومياه وحشرات ونباتات وحيوانات وغيرها مع التّصوير الفتوغرافي.

2.3.مرحلة الفحص والتشخيص:

يتم خلال هذه المرحلة جمع البيانات الأساسية عن الفسيفساء الأثرية من خلال معرفة نوعية المواد المكونة لأرضية الفسيفساء، ويتم ذلك بإجراء مجموعة من التحاليل بالاستخدام الطرق العلمية لتحليل المواد كـ:

- ✓ حيود الأشّعة السينية لمعرفة المواد المكونة للملاط.
- ✓ التّحليل المجهري.
- ✓ معرفة نسبة الأملاح المكونة لمواد الأرضية.
- ✓ قياس القوّة الميكانيكية للملاط.

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص44

3.3.التنظيف والتقوية: يجرى في هذه المرحلة تنظيف الفسيفساء من الشوائب والعوالق كالغسل بالماء الخال من الأملاح بالفرش والاسفنج، وكذا قلع الحشائش وتطهير مواضعها، ليتم بعدها مباشرة تثبيت كل ما أصابه التفكك من أجزاء الفسيفساء بلصق المكعبات في مواضعها بالاستعانة بالملاط وغيرها من المواد المناسبة لنجاح عملية اللصق والتّثبيت، مع تدعيم الحواف والطبقات بالملاط الجيري لكي لا يزيد تفككها ريثما تحدد الطريقة المثلى لترميمها وحفظها.

1.3.3.معالجة التلف البيولوجي:

يتم معالجة تلف الاشنات والطحالب بفرشاة ناعمة مغموسة بمحلول مخفف من الامونيا أو مركب صوديوم تيرابوريت الذي اثبت نجاعته لمدّة طويلة، وبعد هذه العملية يتم غسل المواضع التي تم تطهيرها بالمحلول باستخدام الماء الخال من الأملاح

ازالة بقايا الكائنات الدقيقة بالطريقة السابقة وإزالة الاعشاب والحشائش والنباتات باقتلاعها بحذر دون احداث اي تلف مع استخدام المبيدات وسد الثغور والشقوق بالملاط [1].

الشروط التي يجب توافرها في المركبات والمبيدات المستعملة في مكافحة التلف البيولوجي:

- ✓ عدم تفاعل هذه المركبات مع مواد المكونة للفسيفساء الأثرية
- ✓ سرعة فاعليتها للقضاء على العامل بشكل كلّي.
- ✓ أن لا يترك المركب ترسبات ملحية.
- ✓ أن لا يغيّر في لون وحجم وأبعاد مكونات الفسيفساء الأثرية.
- ✓ أن لا يكون ساما وليس له اثار جانبية على صحة الأشخاص[2].

2.3.3.إزلة الأملاح:

يمكن إزالة الأملاح المترسبة بالطريقة الميكانيكية باستعمال الفرش الناعمة الجافة بحذر ودقة، كما يمكن استخدام الماء السّاخن بكميات قليلة لتسهيل ذوبان الأملاح وإزالتها؛ استخدام رذاذ الماء في حالة تسجيل ثبات وتماسك جيد لمكعبات الفسيفساء مع الدعامات؛ استخدام الكمادات المصنوعة بالورق النّشاف الذي يتم غليه في الماء للتحصل على

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص65

[2] واصف رزق حواري، المرجع نفسه، ص65

مستحلب خال من الأملاح، وتوضع رطبة على مواضع الترسبات الملحية، وتترك حتى تجف بحيث تمتص الأملاح من سطح الفسيفساء بالخاصية الشعرية وتكرر العملية إلى حين التّخلص التام من الأملاح المترسبة، وهذه الطريقة أفضل من نزعها بالآلات الحادة التي قد تقشر ما على سطح المكعبات وتحدث فيها خدوش وفجوات.

كما يتم إزالة البقع والتّرسبات باستخدام المحاليل الكيميائية، فقد أثبتت التّجارب نجاعتها، فلإزالة البقع الزيتية استعمل عجينة تراب الفولار(FULLER EARTH)، ولإزالة البقع الدهنية استخدم مركبات البترول الطيارة(PETROLEUM SPIRIT)؛ ولإزالة البقع الصمغية يتم استخدام الكحول؛ ولازالة البقع الصمغية يتم استخدام بيروكسيد الهيدروجين،؛ وتعد طريقة الورق المفروم المشبع بمحلولAB57 من أفضل الطرق لإزالة معظم الترسبات السطحية عن المكعبات الفسيفسائية.

4.3.التدعيم الفوري والعميق: يتم التدعيم الفوري بتثبيت المكعبات المنفصلة والمنفكة من مواضعها بواسطة مواد ملاطية مثل الملاط الجيري خاصة في الأجزاء الموجودة في الاطراف والحواف الفسيفسائية أو استخدام الراتنجات الملدنة بالحرارة لما تتميز به من خصائص كعدم اختراقها للمسامات وقوتها الميكانيكية المنخفضة ورجوعيتها، بحيث يمكن ازالتها بالأستون. أمّا التدعيم الفوري فيخص الدعامات والأماكن الغائرة التي فقدت تماسكها وتتم عملية التدعيم بحقن الملاط الجيري المضاف إليه مادة البريمال (PRIMAL AC33) بمحقن طبي، كما يمكن استخدام الأصماغ واللّواصق الإيبوكسية لقدرتها العالية على اللّصق[1].

ويمكن تلخيص إجراء عمليات الحقن في النقاط التّالية:

- ✓ إزالة المكعب مع الملاحظة الدقيقة لاتجاهه ووضعية بالنسبة للفسيفساء الأثرية.
- ✓ حفر ثقب صغير بقطر 2ملم يخترق جميع الدعامات الملاطية.
- ✓ التّخلص من الغبرة الأوساخ الموجودة في الثقب بواسطة النفخ بالفم أو المنفخ الهوائي.
- ✓ ترطيب الثقب بواسطة حقنة بالماء أو الكحول بنسبة (3:1).
- ✓ إعادة الترطيب ثانية باستخدام الماء العادي.

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص71-72

- ✓ يتم حقن المادة المدعمة المضاف إليها البريميل كمادة مدعمة مخففة بواسطة محقن طبي ليتم ملء الشقوق والفراغات مع مراعاة عدم تسرب مادة الحقن بواسطة إغلاق الشّقوق والفراغات بالقطن.
- ✓ إرجاع المكعب المنزوع إلى موضعه الأصلي باستخدام نفس المادة المدعمة.

وللتأكد من نجاح عملية التدعيم يتم الطرق على السّطوح مرّة ثّانية ومن خلال الاستماع لتردد الأصوات يمكن معرفة مدى نجاح العملية وفي حالة وجود فراغات يجب اعادة حقن كمية أخرى من المادة المدعمة.

5.3. سّد الشّقوق والثّغرات وتسوية الأرضيات:

يتم معالجة الشّقوق التي أحدثتها الزلازل والفيضانات بواسطة ملئها بملاط قليل الليونة مصنوع من الجير والرمل المغسول، مع إزالة الزائد من الملاط بحذر بواسطة إسفنجة، ثّم غسل الأرضية الفسيفسائية وتجفيفها، مع مراعاة أن يكون الملاط خال من الأملاح وقوة ميكانكيتها أقل أو مساوية للملاط الأصلي.

أمّا تسوية الأرضيات المتأثرة بالزلازل والفيضانات والتي أصابها الهبوط فيتم بقلع الفسيفساء وإعادة تجديد دعاماتها بالصّورة التي كانت عليها بمراعاة التّصوير والترقيم للمكعبات ثّم إعادة تركيبها بالصّورة الأصلية لها[1].

6.3.الحماية: ويمكن حماية الفسيفساء بصفة عامة بطريقتين الحفاظ عليها في موقعها بحيث نقوم بالإجراءات المذكورة في العنصر السابق وتسييج المكان وحماية السطوح المكعبات الفسيفسائية بمواد عازلة مثل شمع البرافين والراتنج الاكريليكي مثل البارالويد والسيليكونات[2]؛ أو نزعها ونقلها للمتاحف بحيث يجدد لها الدعامات والطبقات التالفة وتوفير وسط حفظ ملائم من درجة الحرارة ونسب الرطوبة وشدّة الضّوء والتنقية للهواء[3].

[1] واصف رزق حواري، المرجع السابق، ص77-78

[2] واصف رزق حواري، المرجع نفسه، ص78

[3] Caring for mosaics in museums

المحاضرة الثّانية عشرة: صيانة وترميم الزجاج الأثري

1. ماهية الزجاج:

1.1.تعريف الزجاج الأثري

جسم شفاف سهل الكسر ينتج من صهر مخلوط كربونات الصوديوم والكربونوالرمل (السيليكا) ثم تبريد المصهور بسرعة ليتجمد بلا تبلور[1].

مادة صلبة غير متبلورة، لا تنصهر عند درجة حرارة ثابتة كا لا يتجمد المصهور عند درجة حرارة معينة؛ ويصنع الزجاج بخلط خامات الرمل والحجر الجيري بنسب مختلفة من البوراكس وكسر الزجاج وكذلك الأكاسيد الملونة ثّم صهرها في أفران خاصة ذات درجة حرارة عالية تصل إلى 1800°م، حيث تتحول هذه الخامات إلى عجينة قابلة للتّشكيل بالسحب أو النفخ[2].

مادة أثرية غير عضوية غير مسامية قوامها مادة الرمل التي صنع منها الإنسان مختلف الأدوات التي استعملها في حياته اليومية، والتي تركها في عقبه لتصبح من اللّقى التي يعثر عليها المنقبون الأثريون في حفرياتهم ومن بين المقتنيات المتحفية ومادة ذات أهمية للدراسات التاريخية والأثرية.

مادة أثرية غير عضوية غير مسامية مصنعة يتم الحصول عليها من صهر أكاسيد حمضية كالسيليكا مع أكاسيد قاعدية مثل البوتاس والصودا.

2.1.خامات الزجاج:

السيليكا: أهم مصادرها رمال الكوارتز والتي من أنواعها مايلي:

- ✓ الرمال البيضاء.
- ✓ الرمال الصفراء.

[1] أحمد مختار عمر وآخرون، المرجع السابق ص973

[2] إبراهيم عطية، صيانة وترميم الفسيفساء الأثرية، ص49-50، ينظر ايضا: ماريري

- ✓ الرمال الحمراء[1].

3.1.تركيب الزجاج

- ✓ المواد المتزججة: السيليكا sio2 يكون مكونها البلوري الاكثر شيوعا الكوارتز.
- ✓ الأكاسيد القلوية:الليثيوم (كربونات الليثيوم، اللبيدوليت) الصوديوم(اكسيد، كربونات، كبريتات، نترات) البوتاسيوم (ملح البارود، نترات البوتاسيوم، كربونات البوتاسيوم)
- ✓ الأكاسيد القلوية الطينية(تعتبر مثبتات): اكسيد الكاليسيوم (من الجير، القواقع، العظام)، المغنيزيوم(جير كالدولوميت ، الكارناليت.
- ✓ العناصر الوسيطة: الألومينا، أكسيد البور، أكسيد الحديد،
- ✓ العناصر الإضافية (الملونات): عبارة عن أكاسيد أو كبريتات أو أملاح معدنية أو مسحوق المعادن[2].

1.1. خواص الطبيعية للزجاج:

- ✓ الشّفافية: يقصد بها قدرة الزجاج على انعكاس الضوء في منطقة الضوء المرئي وهي ما بين (390-770) نانومتر سنتيمتر، وتعد هذه الخاصية من أشهر أهم خواص الزجاج وأكثر فائدة في كثير من المجالات المتنوعة في الزجاج، وهذه الخاصية تميّزه عن المواد الأخرى، وبمكن التحكم في درجة شفافيته وذلك بالحصول على درجات مختلفة من الشّفافية.
- ✓ الليونة هي خاصية ثابتة وتعرف درجة حرارة الليونة بأنّها الدرجة التي عندها يلين الزجاج بمعدل معين، وهي خاصية ثابتة للزجاج وتعرف بنقطة التّمدد الحراري للزجاج.

---

[1] فاطمة جميل محمد زيوت، المواد الخام المستخدمة في صناعة الزجاج الروماني المكتشف في المواقع اليصيلة وصعد ودوحلة في الاردن: دراسة تحليلية مقارنة، رسالة لنيل درجة ماجستير في تخصص العلوم التطبيقية في الاثار، جامعة اليرموك، الارن، 2008م، ص 24-25

[2] ماري.ك. برديكو، الحفظ في علم الاثار الطرق والأساليب العملية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية، ترجمة محمد أحمد الشاعر، المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة، مكتبة عامة، المجلد22، 2002م، ص148-155؛ ينظر أيضا: Davison,S. Conservation and Restauration of Glass, Butterworth-Heinemann, Oxford., 2003,p.4-6

- ✓ الكثافة ترتبط كثافة الزجاج بنوع الزجاج والأكاسيد الداخلة في تركيب كل نوع.
- ✓ اللزوجة: تتوقف الحالة الزجاجية على خاصية اللزوجة فضلا عن أنّها تتحكم في توليد الغازات (فقاقيع) من الزجاج المصهور، وتعتمد جميع عمليات تشغيل الزجاج العادية مثل النفخ والضغط والسحب والدرفلة على اللزوجة، أما مشكلة الإجهاد والتخلص منه فهي تتعلق مباشرة باللزوجة.
- ✓ نقطة التصلد هي درجة الحرارة التي تعتبر حدا فاصلا بين الصلادة والسيولة دون حدوث تبلور، كما يحدث في الزجاج عندما يتحول من سائل إلى مادة جامدة[1].

5.1.الخواص الكيميائية:

- ✓ التمدد الحراري:يعرف بأنه التغير في الطول أو الحجم نتيجة التعرض للحرارة وعادة عند تسخين الزجاج في درجات الحرارة العالية يحدث تمدد يقل أو يزيد هذا القدر من التمدد حسب نوع الزجاج وتركيبه الكيميائي، ويعتبر التمدد الحراري من العوامل الهامة واللازمة لتحديد مدى تحمل الزجاج للتغيرات المفاجئة في درجات الحرارة عند تسخينه أو تبريده فجائيا[2]
- ✓ الاجهادات في الزجاج: إنّه من الطّبيعي أن يحدث إجهاد للقطع الزجاجية بعد تشغيلها مباشرة سواء كان التصنيع بالطرق اليدوية أو الميكانيكية، ولتلافي الإجهاد يتم تبريد الزجاج في الفرن يمكن التّحكم في درجة حرارته، حيث يتم وضع القطع الزجاجية الساخنة وتترك لتبرد تدريجيا طبقا لجدول ومنحنى التبريد المناسب لطبيعة الزجاج.

6.1.الخواص الميكانيكية:

- ✓ **قوة الزجاج:** وجد أنّه عند سحب شعيرات زجاجية حديثة من الفرن فانها تتحمل قوة شدّة تصل إلى 7000 كجم/سم^2، وهذا الرقم يساوي خمسة أضعاف قوة شعيرة من الصلب ولكن القوة الحقيقة للزجاج غير ذلك نتيجة عيوب معينة على

[1] ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، تقنيات الملونات الحرارية ودورها في ترميم الزجاج الأثري المؤلف بالرصاص، مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، جامعة دمياط، مصر، المجلد الخامس، العدد الثاني، 2018م، ص142-143

[2] ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، المرجع السابق، ص 143

سطحه تؤدي إلى تكوين شروخ دقيقة لا ترى بالعين المجردة، وهذه الشّروخ تجعل الزجاج ضعيف جدا لقوّة الشّد ولكنه قوي جدا في تحمل الضغط.

- ✓ **المرونة** تزداد مرونة الزجاج بارتفاع درجة الحرارة ، وعند درجة الحرارية العادية إذا تعرض الزجاج للضغط فإنه يبدو كأنّه مادة"مرنة صلبة" ويتراوح معامل مرونة الزجاج من 125.65 رطل / بوصة مربعة، وتحسب مرونة الزجاج على أساس معمل المرونة.
- ✓ **الصلابة** وتعرف بأنّها قدرة مقاومة الزجاج لعوامل الزمن والإحتكاك، حيث يتطلب الأمر الحصول على مواد تكون أصلد من الزجاج، كي تخدشه وتؤثر في سطحه ، ومن تلك المواد الألماس والتي تبلغ صلادتها 10 وهي أعلى من صلادة الزجاج الأملس، وتتراوح صلادة الزجاج من 7.5 من درجات الصلادة العشرة[1].

7.1.صناعة الزجاج:

تتطلب صناعة الزجاج صهر خليط من المواد المتزججة والأكاسيد القلوية الطينية وللحصول على زجاج خاص يتطلب مواد مضافة، بحيث يتم تطرية المزيج أو الخليط تحت تأثير الحرارة لتتشكل لدينا عجينة لزجة نتمكن من تشكيلها بسهولة فيما بين 650 و1000د.م[2]

2.عوامل تلف الزجاج الأثري:

1.2.العوامل المساعدة على تلف الزجاج:

يتوقف تلف الزجاج الأثري على عدّة عوامل يمكن حصرها في:

- ✓ تركيب الزجاج(المواد الداخلة في تصنيعه وتركيبه)
- ✓ طريقة التصنيع(درجة الحرارة، طريقة الحرق)
- ✓ طبيعة بيئة الدّفن.
- ✓ مدّة الدفن[1].

[1] ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، المرجع السابق، ص 143
[2] ماري برديكو، المرجع السابق، ص148

2.2.أسباب ومظاهر تلف الزجاج الأثري:

يرجع صدأ الزجاج الأثري إلى نسب مكوناته، فإذا انخفضت نسبة أيونات الكاليسيوم عن 7:5% وزادت نسبة أيونات الصوديوم عن 22%، ومع وجود نسبة مرتفعة من الرطوبة فإنّ أيونات الصوديوم تهاجر من الزجاج إلى سطحه ويحل محلها هيدروجين الماء الذي يكون طبقة لامعة تشبه سطح الزجاج الحقيقي لا ترى بالعين المجردة؛ أمّا أيونات الصوديوم المهاجرة نحو السطح فإنّها تتفاعل مع الهيدروكسيل وهو المكون الآخر لجزيء الماء، وتتكون طبقة من هيدروكسيد الصوديوم، تتفاعل مع ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو مشكلة طبقة من كربونات الصوديوم ولهذه الطبقة القدرة العالية على امتصاص الرطوبة مكونة قطرات على سطح الزجاج الأثري يكون لها دور في تلف الزجاج الأثري[2].

يتحول الزجاج الأثري بفعل الرطوبة المتذبذبة إلى مادة قلوية متميعة تمتص غاز ثاني أكسيد الكربون من الجو مما يؤدي إلى تكون طبقة من كربونات قاعدية تتداخل مع السيليكا وتؤدي في النهاية إلى تفتت الزجاج وإضعاف تماسكه[3]. كما يتأثر الزجاج الأثري إلى جانب الرطوبة بالتّلوث والضّوء وسوء العرض والتخزين وأخطاء الصيانة والترميم وغيرها.

1.2.2.الحرارة: التذبذب بين الارتفاع والانخفاض، وتأثير ذلك على الأثار الزجاجية حيث أنّ الزخارف المموهة بالذهب والمنفذة بأسلوب المينا ما هي إلا أكاسيد معدنية ذات معامل تمدد وانكماش معين، أمّا لجسم الزجاج الاصلي أسفل تلك الطبقة والخال من الزخرفة، فإنّه يتعامل مع الحرارة من حيث الارتفاع والانخفاض بمعدل مختلف، فإذا حدث هذا التذبذب بين الارتفاع والانخفاض في درجة الحرارة أثناء اللّيل والنّهار أو نقل التحف الزجاجية من إقليم إلى آخر، فإنّ هذا التذبذب يؤدي إلى انفصال الزخارف من جسم الزجاج وسقوطها وضياعها نتيجة اختلاف عوامل التّمدد الحراري في كل من الزخارف وزجاج الآنية.

---

[1]كرونين ج.أم.، روبنسون و.س.، أساسيات ترميم الأثار، تر. عبد الناصر بن عبد الرحمن الزهراني، النشر العلمي والمطابع، السعودية، 2006م، ص189. ينظر أيضا: ماري برديكو، المرجع السابق، ص169-170

[2]محمد حجازي(ثروت)، حواس(زاهي)، الأسس العلمية لعلاج وصيانة المكتشفات الأثرية في مواقع الحفائر، سلسلة الثّقافة الأثرية والتاريخية مشروع المائة كتاب 47، المجلس الأعلى للآثار، وزارة الثّقافة، مصر، 2005م، ص66.

[3]تقي دباغ، طرق التنقيبات الأثرية، جامعة بغداد،1983م، ص247.

كما تتسبب أشّعة الشّمس المباشرة في حدوث ظاهرة التّشميس، وهي عبارة عن ظهور بقع بنفسجية اللّون معتمة تماما أو نصف معتمة عند تعرض الأثار الزجاجية لأشّعة الشّمس بصورة مباشرة، أو التّعرض لأي إشعاعات صناعية، وهذه الظاهرة ناتجة عن تفاعل أكاسيد الحديد الموجودة كشوائب في الزجاج الأثري وخاماته، وأكاسيد المنغنير الثّنائي المضاف لإزالة اللّون الناتج عن تأثير أكاسيد الحديد[1].

2.2.2.الرطوبة: إذا ارتفعت درجة الرطوبة النسبية في جو المتاحف مع زيادة نسبة القلوي من الممكن أن يصاب الزجاج بظاهرة يمكن أن يطلق عليها "ضبابية الرؤية"، وتؤدي زيادة نسبة الرطوبة في الجو إلى نمو الفطريات على سطح الزجاج الأثري، والتي تؤدي بدورها إلى افرازات بعض الغازات الكيميائية التي تتحد بدورها مع الرطوبة الموجودة في الجو، مما يؤدي إلى تكون أحماض تؤدي إلى الغازات الضّارة الملّوثة[2]،

3.2.2.التكثف: تتسبب هذه الظاهرة في تكون قطرات مائية على سطح الزجاج، وهي من الظواهر التي يكثر وجودها على سطح الزجاج المعرض تعريضا مباشرا للهواء الجوي المشبع بالرطوبة، حيث تتكاثف قطرات الماء على سطح الزجاج وخاصة أنّه غير مسامي وتسبب هذه الظاهرة أضرارا كثيرة، حيث أنّ التكاثف المتعاقب قد يسبب الجفاف على سطح الزجاج، أمّا بالنسبة للتّكاثف المطرد المتواصل فهي أكثر خطرا على الزجاج ونزحه إلى الخارج سطح الزجاج كما تؤثر هذه الظاهرة على الأثار الزجاجية المزخرفة بالمينا والمموهة بالذهب تأثير كبيرا، حيث أنّها تؤثر على الاثار الزجاجية المموهة بالذهب وخاصة المنفذة بأسلوب التذهيب على البارد حيث أنّها تؤدي إلى انفصال الرقائق الموجودة على سطح الآنية من عليها[3].

4.2.2.التّلوث الجّوي:

[1] مجاهد محمد معتمد، شحاتة أحمد عبد الرحيم، عبد الحميد الكفافي، المخاطر البيئية المهددة للتراث الأثري وطرق الصيانة الوقائية، دار العالم العربي، القاهرة ، الطبعة الأولى، 2020م، ص330-331.

[2] مجاهد محمد معتمد، شحاتة أحمد عبد الرحيم، عبد الحميد الكفافي، المرجع السابق، ص331

[3] مجاهد محمد معتمد، شحاتة أحمد عبد الرحيم، عبد الحميد الكفافي، المرجع نفسه، ص331-332

تكمن الآثار الكيميائية للتّلوث الهواء على الزجاج الأثري في تأثير ثاني أكسيد الكبريت (SO_2) وثاني أكسيد الكربون (CO_2) حيث أنّ هذا الأخير لا يهاجم الزجاج مباشرة، ولكنه يتحد مع الماء، ويحول الهيدروكسيدات إلى الكربونات بما يسمى بالمطر الحمضي يتم إذابة ثاني أكسيد الكربون وثاني أكسيد الكبريت في الغلاف الجوي بواسطة مياه الأمطار، وبالتّالي تشكل الأحماض الضعيفة المهاجمة للزجاج(قد يساعد حمض الكربونيك أيضًا في تكوين الكربونات القلوية، كونه استرطابي، سوف يجذب الماء إلى زجاج.)، يتضمن الأمر ثلاث مراحل: أولاً، هجوم الزجاج بالماء لإنتاج هيدروكسيدات. ثّم تحويل الهيدروكسيدات إلى كربونات بواسطة ثاني أكسيد الكربون الموجود في الجو؛ وأخيرًا تحويل الكربونات إلى كبريتات[1].

5.2.2.العامل البيولوجي: تهاجم الكائنات الدقيقة الزجاج الرطب والمغطى بالأتربة والاتساخات والبقع الدهنية أو بعض اللواصق لانه يعتبر بيئة ملائمة لنموها وتكاثرها، بالإضافة إلى بيئة الحفظ بفضاءات التخزين، بحيث تهاجم الكائنات الدقيقة الزجاج الأثري بسبب تركيبته مثل الفسفور والبوتاسيوم والحديد والمنغنيز والكالسيوم ونموها يساعد بعض هذه العناصر على الهجرة، كما يسرع نموها عملية الفيزيوكيميائية على سطح الزجاج حيث تمتص الماء من الجّو ويغير نمو الكائنات الدقيقة من الأس الهيدروجيني لسطح الزجاج فبعضها يخفض هذه القيمة إلى (4:2)، والبعض الآخر مثل أنواع الطحالب ترفع القيمة غلى أكثر من 10، إلى جانب أنّها تنقل الماء من مكان لآخر على الزجاج مما يؤدي إلى انتشار بيئة قابلة للهجر والنّزح[2].

الاهتزازت: تنتج الاهتزازات نتيجة عدّة أسباب كحركة المرور وازيز الطائرات والقطارات ووسائل النقل بصفة عامة واشغال العمومية وكذا الهزات الزلزالية المتكررة سواء كان الزجاج الأثري في العمائر أو في المتاحف أو في بيئة الدفن مما يسبب الضغط الذي ينتج عنه الشّقوق والكسر في الكثير من الأحيان.

6.2.2.العامل البشري:

[1] Davison,S.,Op Cit, p190

[2] سلوى جاد الكريم ضوى وآخرون، "دراسة تأثير عوامل التلف المختلفة في تلف الاثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن ومنهجية العلاج والصيانة تطبيقا على أثر زجاجي محفوظ بمخزن متحف الفّن الإسلامي بالقاهرة"، مجلة العمارة والفنون، الجمعية العربية للحضارة والفّنون الإسلامية، المجلد الرّابع، العدد السّابع عشرة، 2019م،ص 221-222

تتعرض العديد من القطع الأثرية الزجاجية إلى التلف نتيجة التدخلات الخاطئة التي لا تستند إلى أسس ومبادئ ترميم الاثار العلمية، وهذا نظرا لعدم إلمام بأعمال الترميم بهذه الأسس والمبادئ أو لقلة خبرتهم التطبيقية ونقص التكوين أو ضعف الإمكانيات في مخابر الترميم التي يوصى باستخدامها في الأبحاث العلمية[1]، دون أن ننسى سوء العرض والتّخزين والنقل والتحويل؛ كما أنّ القطع الأثرية الزجاجية قد تتعرض للتخريب والكسر والسرقة الناتجة عن الإعتداءات بشتّى أنواعها في ظل نقص الرقابة والتأمين والمخطط الأمني الأنموذجي.

3.2.مظاهر التلف:

- ✓ **التكسر:** تتميز القطع الأثرية الزجاجية بأنّها سهلة الكسر إذا ما تعرضت للرطم أو الضغط بسبب عوامل مختلفة، نتيجة لأن الكثير منها يكون فارغا وكذا تخت ضغط التربة[2].
- ✓ **طبقة الأتربة والاتساخات والسناج:** وهي قشرة تغطي سطح الزجاج وتتفاوت كثافتها من شفافة تماما إلى كثيفة ومعتمة وتكون عادة عبارة عن أوساخ العادية.
- ✓ **الطبقات المترسبة** تنتج هذه الأخيرة على سطح طبقة الألوان نتيجة نزح وازاحة المركبات للذوبان أو ما يطلق عليه النزح وهو ناتج عن تأثير الرطوبة ومياه الامطار أو التكاثف حيث يستخرج الأيونات القلوية الترابية وتكون شرائح دقيقة مع السيليكا غير المتبلورة الشّفافة وإذا تم إزالة العناصر القلوية المفصولة بالغسل عن طريق التّجديد المستمر للماء فإنّ تكوين طبقة من السيليكا على سطح طبقة الألوان السليمة يعد كطبقة واقية يمكن أن تؤخر من عملية التآكل، وذلك لعزل طبقة الألوان وعدم تعرضها لملامسة الرطوبة بشكل مباشر ولكن هطه الطبقة المترسبة تكون مسامية، فقطر أيون الهيدروجين يكون أقل من أيون العناصر القلوية المنزوحة، وتتعرض هذه الطبقة إلى تقلصات متتالية ينتج عنها انتشار كسور صغيرة بها مما يسمح بتسرب الرطوبة داخلها لتلامس سطح طبقة الألوان مرّة أخرى ويستمر التبادل الايوني معها ويزداد ما يسمى "بالهجوم على السطح" مما يؤدي إلى تعجيل تلف طبقة الألوان[3].

---

[1] رشا طه عباس حمد وآخرون، "إعادة تجميع وصيانة طبق زجاجي أثري من العصر الإسلامي المبكر من حفائر مركز البحوث الأمريكية – الفسطاط –مصر."، مجلى الاتحاد العام للاثارين العرب، الاتحاد العام للاثاريين العرب، مصر، المجلد 22، العدد1، 2011م، ص716

[2] رشا طه عباس حمد وآخرون، المرجع نفسه، ص714-715

[3] ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، المرجع السابق، ص147

- ✓ **الاعتام:** هو فقد اللّون جزء من شفافيته وتحوله إلى لون نصف شفاف، وذلك نتيجة تأثير تعرضه لمعدلات الرطوبة المختلفة، وتعد هذه الظاهرة أولى مظاهر التلف الواضحة للعين والمؤدية إلى تآكل الزجاج فالمهاجمة عن طريق الماء تحدث تغيير غير ظاهر ، حيث يحتفظ الزجاج المبلل بالماء بسطح براق وبعد ذلك يبدو الزجاج متأثرا بشكل طفيف، وقد ذهب بريقه مع وجود مناطق يكون فيها لامعا، أو مطيفا ومعتما أو أبيضا بشكل متبادل.
- ✓ **الحفر:** تنتج هذه الظاهرة في الحالات المتقدمة من التلف، حيث نجد انّ طبقات التلف تتقشر وتنفصل، وفي الحالات الشديدة تتحول إلى مسحوق ناعم تاركة خلفها حفر صغيرة مستديرة تحتوي في الغالب على نواتج تلف الزجاج ويطلق عليها مصطلح"Corrosion pits".
- ✓ **التقرح اللّوني:** ظاهرة تعتبر خاصة تظهر على سطح طبقة الالوان المعرضة للعوامل الجوية والتي يوجد على سطحها طبقات التلف المترسبة، فالملونات الزجاجية لها نفس خواص الزجاج، وحيث أن خواصه الضوئية ثابتة في جميع الاتجاهات ، وأن أثر المهاجمة السطحية لطبقة الألوان تجعلها تكون طبقات متغيرة مما يغير انتشار الضوء فيها، ويظهر على سطحها تلوينات مختلفة عن اللون الأصلي .
- ✓ **التّشققات والشّروخ:** تصيب طبقة الألوان الحرارية على سطح القطع الزجاجية للحشوات المعشقة بالرصاص تكون عبارة عن تفريعات تمتد في كل الاتجاهات بدون انتظام لتشمل بعض أو كل القطعة الزجاجية تقريبا، وتكون في بداية الأمر تشققات دقيقة لا يمكن اكتشافها بشكل فوري خاصة عندما يكون الزجاج في حالة رطبة، ومتوازن مع البيئة ويطلق على هذه المرحلة "Incipient Crizzling"، هذا المظهر خطير جدا لأنّه غير مرئي وظاهري الاستقرار[1].
- ✓ البهتان هو تغير تدريجي في درجة اللون الواحد، حيث يفقد اللون شدته من حيث الدرجة اللّونية.
- ✓ **التّحول اللّوني في طبقات الألوان:** إنّ الالوان التي تحتوي على نسبة عالية من الحديد والمنغنيز تصاب بالتحول إلى اللّون البني أو الأسود مع تقدم التلف بفعل الرطوبة، وينتج

[1] ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، المرجع نفسه، ص 149

هذا عن طريق نزوح أكسيدي ومنغنيز بصورة واضحة بواسطة التحللات المائية المتصلة بسطح طبقة الألوان الزجاجية؛ وتتكون الأكاسيد اللامائية ذات اللّون الأسود وغير القابلة للذوبان، وما تجمع تلك النواتج على طبقة الألوان تصبح سوداء اللّون.

- ✓ الثقوب اللونية: هي عبارة عن وجود ثقوب صغيرة في طبقة الالوان ينفذ منها الضوء بشّدة أكبر من باقي طبقة الالوان الأخرى، وتكون على هيئة ثقوب دائرية أو تأخذ أشكال أخرى.
- ✓ **انفصال طبقة الألوان وتقشرها**: وهي المرحلة الاخيرة لمظاهر التلف السابقة، بحيث تتعرض طبقة الألوان للفقد نتيجة تآكل في الهيكل البناءالزجاجي لها، أو لعدم حرق القطعة في درجة حرارة المناسبة للالتحام الجيّد[1].
- ✓ تظهر طبقة متعرية دقيقة تتلف الزجاج من الداخل بالرغم من انه يظهر في مظهر جيد.
- ✓ تظهر تصدعات دقيقة متموجة بسبب التمدد والانكماش الناتج عن تذبذب نسب الرطوبة يصبح خشن به شقوق وفقاعات.
- ✓ يتحلل في بيئة الدفن إن بقي لآلاف السنين خاصة إذا كان سيء الصنع وفي بيئة رطبة وترتفع فيها نسبة الحموضة والملوحة وغيره[2].
- ✓ لنخلص في النهاية أنّ الماء وطبيعته هو السبب الرئيسي في تلف الزجاج.

3.مراحل العلاج

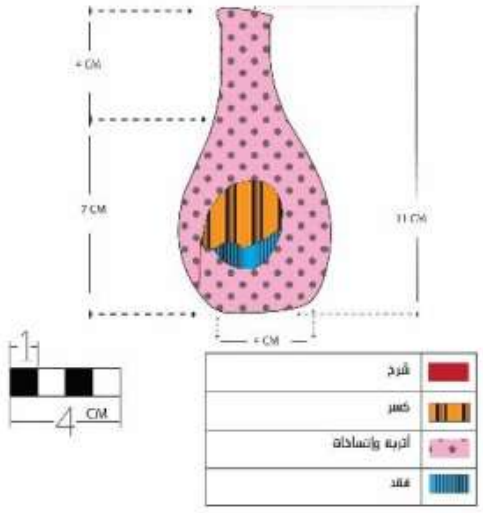
تبدأ أولى مراحل العلاج بالتوثيق والتسجيل من خلال الوصف والتّصوير و تحديد الأبعاد باستخدام برنامج الأتوكاد (ينظر الشّكل 01)[3].

---

[1] ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، تقنيات الملونات الحرارية ودورها في ترميم الزجاج الأثري المؤلف بالرصاص، مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، جامعة دمياط، مصر، المجلد الخامس، العدد الثاني، 2018م، ص151

[2] كرونين ج.أم.، روبنسون و.س.، أساسيات ترميم الأثار، تر. عبد الناصر بن عبد الرحمن الزهراني، النشر العلمي والمطابع، السعودية، 2006م، ص189

[3] سلوى جاد الكريم ضوى وآخرون، المرجع السابق،ص 224



الشّكل 01: يبين استخدام برنامج اتوكاد لتوثيق القطع الاثرية. نقلا عن: سلوى جاد الكريم ضوى وآخرون، "دراسة تأثير عوامل التلف المختلفة في تلف الاثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن ومنهجية العلاج والصيانة تطبيقا على أثر زجاجي محفوظ بمخزن متحف الفّن الاسلامي بالقاهرة"، مجلة العمارة والفنون، الجمعية العربية للحضارة والفنون الاسلامية، المجلد الرابع، العدد السابع عشرة، 2019م،ص 224

1.3.الفحص والتّشخيص:

- ✓ العين المجردة: يمكن تحديد خطوط التشقق الموجود في الزجاج، الهتان وعدم اللمعان، سماكة تحدد نوع الوعاء، القزحية .
- ✓ التحليل المخبري: لتحديد عمر الزجاج، تركيب الزجاج[1]، تحديد الايونات المسؤولة عن تلون الزجاج، تحديد الموقع الرسم والنحت وتحديد الوزن النسبي للزجاج.

1.1.3.الفحص بالميكروسكوب الضوئي:

يستخدم لفحص القطع الأثرية بما فيها الزجاجية لقدرته على التكبير والتوصيل بالكمبيوتر ورؤية وتسجيل الجزء المراد فحصه ويساعد على معرفة شكل السطح ومظاهر التلف الموجودة به والتي يصعب ملاحظتها بالعين المجردة مثل الفقاعات الهوائية والشّروخ والشّقوق الدقيقة والصدأ وبالتالي تحديد أسبابها؛ كما يستخدم الميكروسكوب الإلكتروني الماسح لنفس الغرض.

[1] مراد سباطي، عز الدين بويحياوي، "نتائج تحليل الزجاج الاثري بموقع حصن تازا برج الامير عبد القادر بولاية تيسمسيلت"، مجلة الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والانسانية، جامعة حسيبة بن بوعلي شلف، المجلد 13، العدد03، ص 230-237

2.1.3.التّحليل بالميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX:

يتم تحليل القطع الأثرية الزجاجية بواسطة هذا الجهاز لمعرفة تركيبة المادة المكونة للقطع الأثرية وحالتها وما تعانيه من تلف مع تحديد مدى ثباته، كما يستخدم التّحليل بحيود الأشّعة السينية لتحليل نواتج التآكل وكذا البقايا القطع الزجاجية لاستخدامها في عملية الاستكمال للأجزاء الناقصة أو المفقودة ومعرفة تركيبها[1].

كما يمكن تحليل المواد التي تم استخدامها في عمليات العزل والصيانة والترميم السابقة بواسطة مطياف الأشّعة تحت الحمراء[2].

2.3.التنظيف

- ✓ التنظيف الميكانيكي يكون بمهارة ودقة وتستخدم في حالة الزجاج الرطب، بحيث تكون الأوساخ رطبة ويستحب تجنب المحاليل الكيميائية لأنّها تهاجم الزجاج[3].
- ✓ تعالج بتعريض القطعة الأثرية لجو جاف مع تجنب تقويتها بالمحاليل المقوية تجنبا لإزالة الألوان الموجودة عليها.
- ✓ تنظف بالغسل بالماء المضاف إليه منظفات صناعية كالتيبول ثّم وضعها في حمامات متتالية من الكحول او الاثير لتجفيفها.
- ✓ في حالة امتصاص الرطوبة تتحول قطع الزجاجية إلى محلول قلوي يتسرب إلى الداخل يؤدي في النّهاية إلى تفتته؛ يتم معالجته بواسطة الغسل بماء جار لبضع دقائق، ثّم توضع في حوض به حامض الكبريتيك مخفف تغسل بعدها بالماء وتجفف في حمامات متتالية من الكحول أو الإثير ثّم تحفظ في مكان جاف[4].

---

[1] سلوى جاد الكريم ضوى وآخرون،المرجع السابق،ص 225-226

[2] رشا طه عباس حمد وآخرون، "إعادة تجميع وصيانة طبق زجاجي أثري من العصر الإسلامي المبكر من حفائر مركز البحوث الأمريكية – الفسطاط –مصر."، مجلى الاتحاد العام للاثارين العرب، الاتحاد العام للاثاريين العرب، مصر، المجلد 22، العدد1، 2011م، ص725

[3] Davison,S.,Op Cit, p194

[4] عاصم محمد رزق، علم الاثاريين النظرية والتطبيق، مكتبة مدبولي، جمهورية مصر العربية، 1996م، ص197-198

- ✓ يمكن تنظيف القطع الأثرية الزجاجية بماء مقطر أو ماء منزوع الايونات فاتر يضاف إليه كمية صغير من مادة الايثانول بتركيز 5%، كعامل ترطيب ، فهي لا تؤثر سلبا على القطعة الأثرية اذا كانت في حالة حفظ جيّدة.
- ✓ تجفف القطع الأثرية الزجاجية تدريجيا في الهواء بوضعها فوق رقاقات ماصة وفي مناخ مستقر، أو عن طريق غمرها في خليط من الكحول الايثيلي والايثير.
- ✓ تنقع القطعة في حمام سائل حامضي مثل حمض الخليك بتركيز 2 أو 3% لتساعد على تليين الطبقة الكلسية المترسبة، ثّم يتم شطف القطعة بالماء[1].

3.3.الترميم: لترميم الأجزاء المنشطرة يستخدم اللدائن الصناعية كالارالديت والإيبوكسي والبولي استر في لصق أجزائه المختلفة بعضها إلى بعض من أجل الحصول في النّهاية على آنية زجاجية كاملة وهناك عدّة تجارب حقلية في هذا الشّأن.

1.3.3.التّجميع واللّصق:

1. فرز الشظايا القطع الأثرية الزجاجية، كل حسب موضعه.
2. تنظيف الفواصل الكسور بالأسيتون لإزالة الأوساخ الدهنية الناتجة عن اللمس.
3. وضع الغراء بين نقطتين محددتين على طول الكسر بعد تحديد مواضع تقاطع الشظايا.
4. يجب الحرص على عدم تطبيق كمية زائدة من المادة اللاصقة على الزجاج لأنّه يكون من الصعب إزالته من على السطح، ولتفادي ظهور المادة اللاصقة من المستحسن استعمال غراء البولينليك ألكاني Polynylique Alcaner الذي يختفي دون ترك أثار للصق[2].

2.3.3.تكملة الأجزاء الناقصة:

تبعا لأحد التجارب فقد تم استخدام الشّمع الطّبي (شمع الأسنان) وتطبيقه على الجزء المقابل للجزء المفقود لأخذ نفس الانحناء والانتفاخ مثلا، كما استخدم الراتنج وهو لزج لبناء طبقات من الراتنج على شريحة الشّمع، حيث كان ينتظر أن تجف الطبقة الأولى ثّم يتم إضافة طبقة أخرى وهكذا إلى أن يتم الوصول إلى سمك مناسب لسمك القطعة الأثرية الزجاجية بحذر

[1] حنان خربوش، "تشخيص الزجاج الاثري وطرق التدخل عليه –نماذج من المجموعة الزجاجية للمتحف الوطني سيرتا-."، مجلة الدراسات الاثرية، معهد الاثار، الجزائر2، المجلد السادس عشر، العدد الأوّل،ديسمبر2018م، ص255

[2] حنان خربوش، المرجع السابق، ص256

ودقة وبعد تمام تصلب الراتنج (اللارالديت تم الحصول على شريحة شفافة من مادة الارالديت ثّم تحديد الجزء المطلوب وتقطيعه حسب الجزء المفقود ثّم وضع الجزء المستكمل وثّم لصقه باستخدام لاصق الأرالديت وملء الفراغات النّاتجة باستخدام لاصق اللارالديت وهو لزج ليتم تسوية وصقل الجزء المضاف بورق الصنفرة ناعمة جدا، ولإعادة شفافية الجزء المستكمل نستخدم محلول مخفف من الارالديت 1092 الذائب في الأسيتون يتم تطبيقه بفرشاه ناعمة بشكل خفيف ومتجانس[1].

4.3.الحفظ الوقائي:

تتوقف حماية المجموعات الزجاجية في المتاحف أو العمائر الأثرية على وضع مادة عازلة على المواضع الضعيفة التي أصابها الصدأ بغية عزلها عن الظروف المحيطة التي قد تحتوي على الرطوبة العالية بطلائها بمادة البارالويد 72 باستخدام الفرشاة[2]، إلى جانب توفير الظروف المناخية المناسبة من الرطوبة النّسبية، ودرجة الحرارة، والإضاءة، وملوثات الهواء، والتّحلل البيولوجي والعديد من العوامل الأخرى وظروف التّخزين المختلفة، إجراءات الحفظ والترميم على المدى البعيد[3].

المحاضرة الثّالثة عشرة: عالم الصّخور

تمهيد:

[1] سلوى جاد الكريم ضوى وآخرون، المرجع السابق، ص228

[2] رشا طه عباس حمد وآخرون، المرجع السابق، ص727-728.

[3] Jerzy KUNICKI-GOLDFINGER, Preventive conservation strategy for glass collections Identification of glass objects susceptible to crizzling Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Poland,p1

استخدم الإنسان منذ تواجده على الأرض مجموعة من المواد في صناعة أدواته وكان من بين هذه الأخيرة مادة الحجارة التي استخدمها كمادة للبناء أو أداة للدفاع عن النّفس أو أدوات أعانته في الحياة اليومية كالرحى المدقة السكاكين الشفرات النصب التذكارية التّماثيل التوابيت وغيرها، والتي مازالت شاهدا حيا تدل على إنجازاته، غير أنّها تعاني الكثير من مظاهر التلف والتي تحتاج منا كمهتمين بهذا المجال دراستها وصيانتها لإبقائها مدّة أطول وإيصالها للأجيال الصاعدة.

1.تعريف الصّخور:الصّخور هي تجمعات أو مخاليط من المعادن التي قد تختلف في التركيب اختلافا كبيرا، وعلى سبيل المثال فان الحجر الجيري يتكون اساسا من معدن واحد هو الكالسيت أما الجرانيت فهو يحتوي في حالته النمطية على الثّلاثة معادن هي الفلسبار والميكا والكوارتز[1].

مادة صلبة تتكون من معدن أو مجموعة من المعادن تراكمت في مكان واحد نتيجة ظروف تكوين معينة، وهو وحدة تركيب القشرة الأرضية.

تراث مادي ذو طبيعة غير عضوية منقول كالتّماثيل والنصب أو ثابت كالمباني والمعالم الأثرية.

2.العناصر المكونة لسطح الأرض: (ينظر الجدول 01)

العنصر	الرمز	النسبة الوزنية	النسبة الحجمية
الأكسجين	O	46.71	94.24
السيليكون	SI	27.69	0.51
الالمنيوم	AL	8.07	0.44
الحديد	Fe	5.05	0.37
الكالسيوم	Ca	3.65	1.04
الصوديوم	Na	2.75	1.21
البوتاسيوم	K	2.58	1.85
المغنيزيوم	Mg	2.08	0.27

الجدول 01: عناصر القشرة الأرضية نقلا عن: وليام هـ. ماثيوز، المرجع السابق، ص 46

3.الصّخور الرسوبية:

[1]وليام هـ. ماثيوز، المرجع السابق، ص44

صخور ترسبت على مر الزمن من فتات الصخور النارية وبقايا الحيوانات بتأثير من عوامل التّجوية والحت والتّعرية والنّقل لتترسب في المسطحات المائية أو اليابسة، بحيث تتماسك وتتصلب بفعل الضّغط والحرارة والتّجفيف.

1.3.خصائص الصخور الرسوبية

تتميّز الصّخور الرسوبية بمجموعة من الخواص مثل:

1. وجودها في هيئة طبقات وتتيز هذه الطبقات عن بعضها البعض باللّون والسّمك والنّسيج وقد تكون الطبقات أفقية أو مائلة أو مجعدة.
2. احتواءها على بعض الحفريات او المستحثات وقد تكون هذه كبيرة أو مجهرية.
3. احتواءها على بعض المواد المعدنية خاصة كالبترول والفوسفات والفحم
4. احتواءها على مسام كبيرة.[1]
5. النفاذية.
6. المسامية.
7. الذوبان.
8. التّفتت (قوّة التحمل الميكانيكي).
9. التّوصيل الحراري والتمدد الحراري.
10. الصلابة[2].

2.3.التّركيب المعدني للصخور الرسوبية:

تختلف الصّخور الرسوبية في تركيبها المعدني فبعضها يتركب من المواد الكربونية مثل الفحم وبعضها من كربونات الكالسيوم (الحجر الجيري) أو مواد سيليكية مثل الصخور الرملية أو معادن مركبات السيليكات الماتية للألمنيوم مثل الكاولينك الصخور الطينية، ويلاحظ أنّها مكونة

[1] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع السابق، ص24

[2] شلبي زينب، دراسة تلف وصيانة حجارة الطوف أعمدة وأطر أبواب مباني قصبة مدينة الجزائر أنموذجا، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، 2010-2011م، ص36.

من معدن الكوارتز الكالسيت ومعادن أكاسيد الحديد والجبس والهاليت بالاضافة إلى الفلسبار والميكا[1].

3.3.تصنيف الصّخور الرسوبية:

1.3.3.الصّخور الرسوبية ميكانيكية النّشأة:هي صخور مكونة من قطع غنية من صخور سابقة نقلت وترسبت دون أن يحدث لها تحلل كيميائي وكل ما حدث هو تفتت الحبيبات وترسبها بواسطة الريّاح والأنهار أو تكونها على سفوح الجبال وفي الوديان ومن أمثلتها الحجر الرملي والطيني[2].

2.3.3.الصّخور الرسوبية كيميائية النّشأة: هي صخور تكونت نتيجة مواد تخلفت بعد بخر المحاليل التي تذيبها وتحولها وينشأ معظمها من التّرسيب ويعطي الكربونات المترسبة أمثلة لتلك الصخور المتكونة كيميائيا ويترسب الكالسيت في مجاري الأنهار على شكل ستلاكتيت وستالاجيت وتتلخص طريقة تكوين الأحجار الجيرية في المادة الجيرية وهي المسماة بكربونات الكاليسيوم[3].

وهي التي تشكلت نتيجة ترسب مواد معدنية كانت ذائبة في المحاليل المائية وبعد تبخرها تترسب المعادن من الأكثر ذوبان في الماء إلى الأقل ذوبان مثل الصّخور الكلسية مثل الصواعد والنّوازل بالمغارات[4].

3.3.3.ذات النّشأة العضوية: ترسب بقايا العضوية حيوانية أو نباتية[5].

4.3.أنواع الحجارة الرسوبية

1.4.3.الحجر الجيري:

يتكون من كربونات الكالسيوم وقليل من السليكا وأكسيد الحديد وكربونات الماغنسيوم وتختلف هذه النّسب من منطقة إلى أخرى، كذلك تختلف فى الخصائص الفيزيائية من حيث الصّلادة والمسامية.

---

[1] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، دار المعرفة الجامعية، جمهورية مصر العربية، 2011، ص24

[2] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع نفسه، ص24-25

[3] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية،المرجع نفسه، ص24-25

[4] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع نفسه، ص24-25

[5] ينظر ايضا : عماد ابراهيم خليل، علم المعادن، المرجع السابق، ص 122-124

2.4.3.الحجر الرملى:

يتكون من رمل الكوارتز (السليكا) متلاصقا بعضه ببعض بفعل نسب صغيرة جدا من الطفل وكربونات الكالسيوم وأكسيد الحديد .

4.الصخور النّارية:

تعتبر أصل الأنواع الصخور وتتكون نتيجة لبرودة الماجما المنصهرة الساخنة المتواجدة في حجره الماجما بباطن الأرض ويتم تكوينها أما على أعماق كبيرة الأرض مكونة صخور ذات بلورات كبيرة الحجم أو تتكون قريبا من السطح أو عليه مكونة صخور ذات بلورات صغيرة أو دقيقة الحجم.

1.4.التركيب الكيميائي للصخور النارية:

إنّ التركيب المعدني الناري يتوقف على التكيب الكيميائي للماجما المتكونة منها، فإذا كان الصهير المجماتي غني بالسيليكا فإنّ الصّخور الناتجة تكون غنية بمعادن السيليكا مثل الكوارتز وتصنف الصّخور النارية كميائي إلى: صخور حامضية، صخور المتوسطة، صخور قاعدية، صخور فوق قاعدية[1].

2.4.خصائصها

- ✓ أكثر صلابة
- ✓ غير مسامية
- ✓ تخلو من المستحثات
- ✓ ذات عروق سميكة نسبيا
- ✓ تحتوي على المعادن الفلزية كالذهب والفضة[2].

3.4.خصائص نسيج الصخر الناري:

[1]ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع السابق، ص13-14

[2]عيساوي بوعكاز، طرق حفظ وصيانة مواد بناء الموقع الأثري جميلة كويكول "حلة الحجارة الكلسية"، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، معهد الأثار، جامعة الجزائر، 2008، ص38

النسيج هو صفة فيزيائية للصّخور النّارية ويتأثر بمعدل التبرد أو التبلور من الصهارة ويستخدم هذا المصطلح دائما للإشارة إلى شكل العام لأي صخر، كما يشمل بصفة خاصة إلى الشّكل والحجم وترتيب معادن السيليكات في الصّخور النارية[1].

- ✓ نسيج دقيق وناعم: مثل البازلت.
- ✓ نسيج خشن: مثل الجرانيت.
- ✓ نسيج خشن دقيق.
- ✓ النّسيج المجماتي.
- ✓ النّسيج الفاتح[2].

4.4.خصائص لون الصخور النارية: يمكن القول أنّ لون الصخور النارية يتوقف على ما تحتويه هذه الأخيرة من معادن الفلسبار التي تتراوح نسبتها ما بين 50% إلى 75 % ومن المعروف أنّ ألوان فلسبار الجرانيت والسينييت تتراوح بين اللّون الأبيض والأحمر الداكن والفاتح الوردي، بينما صخور الديوريت والجابرو فتتراوح ألوانها الرمادي والأسود وصخور السينييت يطلق عليها مصطلح الصخور الجرانيتية التي تخلو من الكوارتز وتحتوي على نسبة علية من معدن الفلسبار، أمّا صخور الديوريت فتحتوي على نسبة عالية من الفلسبار والهورنبلند[3].

5.4.أنواعها:

- ✓ **الصّخور الجوفية:** وهي صخور تصلبت على أعماق كبيرة من سطح القشرة الأرضية في جوف الأرض تحت ظروف من الضغط والحرارة جعلت التبريد بطيئا وبذلك تكونت

[1] وليام هـ.ماثيوز، المرجع السابق، ص82

[2] محمد عبد الهادي، المرجع السابق ، ص77

[3] محمد عبد الهادي، المرجع نفسه، ص77-78

صخور كاملة التبلور تظهر بها البلورات لها نسيج خشن ومميز ومن أثلثها الجابرو والجرانيت والدييوريت.

- ✓ **الصّخور تحت السطحية (المتوسطة):** وهي صخور تداخلت بين طبقات القشرة الأرضية وتصلدت بالقرب من السطح وبردت بسرعة أكثر من الصخور الجوفية لذلك فإنّ بلوراتها دقيقة أو متوسطة ونسيجها دقيق التبلور، وقد يكون بهذه الصّخور بلورات كبيرة نمت في الماجما وهي في جوف الأرض ثّم انتقلت مع الماجما المكونة لهذه الصّخور تحت السطحية حيث نرى بلورات كبيرة تحيط بها بلورات دقيقة (نسيج بورفيري)، ومن أمثلة هذه الصخور الفلسيت والدوليريت.

- ✓ **الصّخور السطحية أو البركانية:** وهي صخور تكونت بالقرب من الفوهات البركانية ولها نسيج زجاجي نتيجة لتبريد اللافا بسرعة فلم تسنح الفرصة لنمو البلورات ونتج لها نسيج خفي التبلور ومن امثلة هذه الصّخور البازلت والريوليت[1].

6.4.أهم الصّخور النارية:

1. **الجرانيت:** فاتح اللّون حبيباته خشنة ومنظمة يتكون اساسا من الكوارتز والفلسبار ونسبة ضئيلة من الميكا؛ صخر ناري حوضي عميق حامضي، يتميّز بكبر حجم بلوراته ولونه يميل للّون الرمادي أو الوردي يتوقف هذا حسب نسبة تواجد معادن الفلسبار، الكوارتز، المايكا وغيرها.

2. **البازلت:** قاعدي سطحي يتكون من الطفوح البركانية التي تتدفق فوق سطح الأرض، يتميّز بصغر حجم بلوراته يتكون من معادن البلاجيوكليز الاوليفين وأكاسيد الحديد، ذو لون أسود، ثقيل.

3. **السينيت:** صخر له نسيج حبيبي منتظم ولونه فاتح ويتكون بصفة اساسية من معادن الفلسبار البوتاسية وكميات ضئيلة من البيوتيت والبيروكسين وهو يشبه الجرانيت

[1] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع السابق، ص16-17

4. **الديوريت:** صخر له نسيج حبيبي منتظم ولونه يميل إلى الداكن ويتميز بوجود البلاجيوكليز؛ ولونه الداكن نتيجة وجود الحديد والمغنيزيوم بكميات قليلة.

5. **الجابرو:** صخر حبيبي منتظم مكون معظمه من المعادن الحديد ومغنيسية السوداء اللّون[1].

5.الصخور المتحولة: هي صخور نارية أو رسوبية تحولت نتيجة الضغط أو الحرارة أو معا مما ينتج عنها تراص عال، ومن هذا النوع نجد: الشيست، الرخام، الأردواز.

الصّخور المتحولة هي صخور طرأت عليها تغيرات فيزيائية (الحرارة أو الضغط)، وتعرف عملية التّحول بأنّها العلمية التي بموجبها بتغير الصّخر الأصلي بواسطة العوامل الفيزيائية أو الكيميائية إلى صخر جديد له خواص جديدة فعندها يتحول الصّخر الراسب إلى صخر متحول فإنّه يصبح أشد صلادة وأكثر تبلورا، أمّا الصّخر النّاري فإنّه عندما يتحول يفقد شكله الذي يميّزه بأنّه ناري (بلورات موزعة بانتظام) ويكسب شكلا آخر يتميز بوجود البلورات مرتبة في خطوط متوازنة تقريبا[2].

1.5.تقسيم الصّخور المتحولة:

1.1.5.الصّخور المتحولة بالحرارة: وهي الناتجة عن التحول الحراري وينتج عنها معادن جديدة تعرف بالمعادن المتحولة بالحرارة ونسيج الصخور المتحولة بالحرارة نسيج حبيبي (البلورات متداخلة وموزعة بلا انتظام)، ومن أمثلتها تحول الججر الجيري وتبلوره من جديد مكونا صخر الرخام.

2.1.5.الصّخور المتحولة الحركية: وتوجد هذه الّصخور في مناطق الفوالق وأسطح والانزلاقات حيث يحدث على طوال هذه الأخيرة حركة كبيرة نسبيا تصاحبها عملية تبلور في الصّخور وفي حالات نادرة، وقد يحدث انصهار جزئي وهذه العمليات تنتج أنواع مميّزة من الصّخور ومن أهم أمثلتها الاردواز التكنوني أو ما يدعي بالفيلونايت[3].

---

[1] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع السابق، ص18-19

[2] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع نفسه، ص18-19

[3] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، المرجع نفسه،ص39

3.2.5. **الصّخور المتحولة اقليميا:** والصخور الناتجة عن التحول الاقليمي تتميز معادنها بأنّها متبلورة ومصففة بلورتها في صفوف متوازية وتعتبر الخاصية الصفائحية أهم خاصية تميز نسيج هذا النّوع من الصّخور، ومن أمثلتها الشيست والنيس والاردواز[1].

3.5.تقسيم حسب الأنسجة: من بينها

- ✓ **متورقة:** تتكون من نسبة عالية من المعادن الصفائحية الميكا وتكون معادنها مرتبة ومتوازية.
- ✓ **مخططة:** تتكون من نسبة عالية من المعادن القضيبية الشّكل أو المتطاولة أو الليفية والتي تأخذ ترتيب خطي بحيث تشير محاورها الطولية إلى اتجاه واحد[2].
- ✓ **المحببة:** تتكون هذه الصّخور من معادن حبيبية ليست صفائحية أو متطاولة مثل الكوارتز او الكالسيت وتشكل معادنها فيما بينها حبيبات متلاصقة معشقة مع بعضها البعض ويقتصر وجود الصخور المتورقة والمخططة في التّحول اقليمي فقط لأنّها ناتجة عن الضغط والحرارة، كما أنّ التركيب المعدني لهذه الصّخور غالبا ما يكون معقدا بحيث يتكون الصّخر الواحد من أكثر من معدن هذا، بالإضافة إلى أنّ التركيب المعدني لهذه الصّخور يتغيّر بتغيّر درجات الضغط بالحرارة، وتنشأ الصّخور المحببة بواسطة التّحول التماسي أو الاقليمي، والسبب الرئيسي في ذلك أنّ تلك الصّخور تتركب في الغالب من معدن واحد مما يؤدي ذلك إلى عدم تكون معادن صفائحية أو متطاولة تعطي النّسيج المتورق أو المخطط ويستثني من ذلك صخر "الهورنفلس" فقط من بين الصّخور الحبيبية لأنّ تكوينه يقتصر على التّحول التّماسي[3].

4.5.أهم الصّخور المتحولة:

- ✓ النايس: نتيجة تحول حجر الغرانيت.
- ✓ الامفيبوليت: نتيجة تحول حجر البازلت.
- ✓ الكوارتزيت نتيجة تحول الحجر الرملي.

---

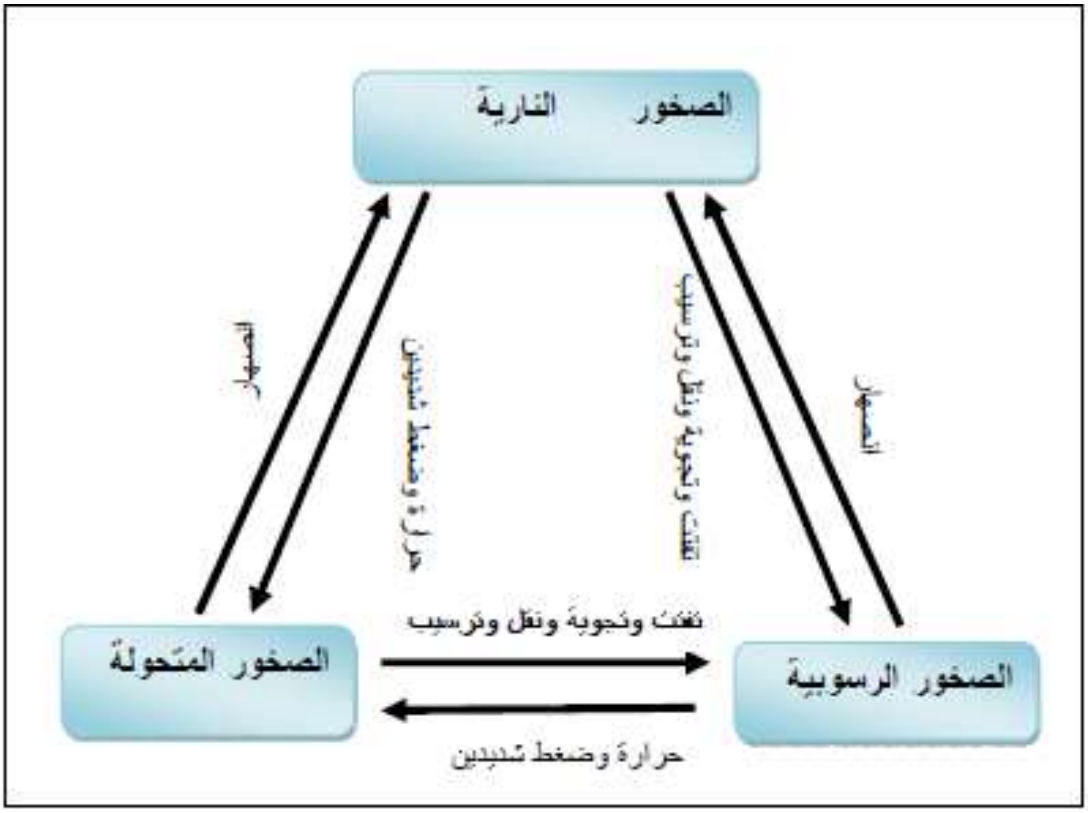
[1] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الأثار الحجرية، المرجع السابق، ص39

[2] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الأثار الحجرية، المرجع نفسه، ص18-19

[3] ابراهيم محمد عبد الله، ترميم الأثار الحجرية، المرجع السابق، ص40

- ✓ الرخام نتيجة تحول الكلس النّقي.
- ✓ الاردواز، الشيست، الميكاشيست نتيجة تحول الغضار[1].

6.دورة الصخور في الطبيعة:



الشكل 01: يبين دورة الصخر في الطبيعة نقلا عن: شلبي زينب، دراسة تلف وصيانة حجارة الطوف أعمدة وأطر أبواب مباني قصبة مدينة الجزائر أنموذجا، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، 2010-2011م، ص22

[1] محمد عبد الهادي، المرجع السابق، ص81- 48

المحاضرة الرّابعة عشر: عوامل تلف الحجارة الأثرية

تمهيد:

تلعب البنية الداخلية للحجارة دورا هاما في تلف الأثار الحجرية ذلك لاحتوائها على بعض المعادن القابلة للتّمدد أو التغيّر تحت ظروف بيئية كالآتي :

1.عوامل التلف الفيزيوكيميائية:

1.1.الرطوبة النسبية: تؤدي الرطوبة إلى:

1.إذابة الأملاح القابلة للذوبان.

2. إذابة المواد الرابطة لحبيبات الحجارة الرسوبية.

3. إضعاف صلابة وتماسك الحجارة .

4. تزهر وتبلور الأملاح على الأسطح نتيجة الجفاف والتبخر بمعنى انخفاض الرطوبة.

2.1.تغيرات في درجة الرطوبة والحرارة: تؤدي إلى تقلص وتمدد المادة الحجرية مما يضعف تماسك المكونات مما يسبب هدم داخلي وتفتت حبيبي.

3.1.التّلوث البيئي: تساهم الغازات المنبعثة من المصانع ووسائل النقل وغيرها في تلف الحجارة الأثرية وتزداد المشكلة تعقيدا بتواجد المياه التي تعمل على إذابة غاز أكسيد الكربون أو ثاني أكسيد الكبريت أو غاز أكسيد الآزوت مشَكِلَةً أحماض وأكاسيد تضعف تماسك الفلزات المكونة للمادة وبالتّالي ظهور شروخ وتفتت.

4.1.**الأملاح الذائبة:** ناتجة عن التفاعلات الكيميائية من خلال تنقلها بواسطة محاليل مالحة في مواد البناء أو الصيانة؛ والبحر يعتبر مصدر لملح كلوريد الصوديوم والتي تنتقل بالرياح أو الهواء وتتبلور في الحجارة الأثرية ثّم تتبخر نتيجة الحرارة فتظهر على السطح في شكل طبقات أو بقع بيضاء.

5.1.ظاهرة تجمد المياه: بحيث تتعرض الحجارة للضغط مما يفقدها توازنها وهذا نتيجة زيادة حجم الماء عند تجمده مما يسبب التشققات والتفتت بمساعدة الرطوبة والحرارة.

2.التلف الناتج عن العامل البيولوجي:

1.2.الطحالب: نباتات تعيش في الأماكن الرطبة تظهر على سطح الحجارة في شكل طبقات خضراء اللّون أو قريبة من الرمادي تساعد على جلب الغبار والأبخرة وتجعل الحجر رطبا وبالتالي تفتته، كما تساعد على نمو الفطريات والكائنات الدقيقة الأخرى وهذا بناء على نسبة الرطوبة والإضاءة بالطبع.

2.2.الأشنات: نباتات يخضورية تحتاج لنموها للضّوء والرطوبة والآزوت من أنواعها: الورقية ومجهرية أو بمساحات كبيرة وهي بألوان اصفر، أبيض، رمادي. تنمو على: سطح الحجارة أو داخلها.لها فعل ميكانيكي بتغلغل الجذور الفطرية إلى عمق معين داخل الحجارة وتتسبب في تفتتها، تلف كيميائي افرازات الحمضية لهذه الأخيرة تعمل على تفكيك الحجارة وإحداث ثقوب مجهرية

3.2.النباتات: يبرز تأثير النباتات في كبر جذورها داخل الحجارة مما يسبب تصدعها وتفتتها بسبب الضغط، كما لها تأثير كيميائي من خلال الافرازات الحمضية للجذور والتي تتسبب في التلف الداخلي للحجارة فتضعفها لتصبح قابلة للتفتت أو التشقق بسرعة كما تشوه مظهر المبنى وتخفي بأوراقها بعض العناصر الزخرفية أو الفّنية فيه[1].

3.الحيوانات:

1.3. الطيور التي تشوّه المبنى الأثري بفضلاتها وقد يكون لها تأثير كيميائي بسبب الحمض الموجود في هذه الفضلات وقد تجلب البذور التي تنمو وتكبر فتسبب تصدع كما ذكرنا آنفا.

2.3. **القوارض:** تتسبب في حفر الحجارة أو حتها وبالتالي إضعاف الجدران والأساسات.

3.3.المواشي: هدم وحت بسبب الصك والركل والاحتكاك على سطوح الجدران إلى جانب التأثير الكيميائي بسبب الروث والفضلات بشكل عام.

4.العامل البشري:

- ✓ سرقة الحجارة والعناصر الأثرية من المواقع

[1] Bromblet PH., Guide « Altération de la pierre », Association medistone ; 2010.

- ✓ التعامل الخاطئ مع المواد الاثرية (الصيانة الخاطئة، الترميم الخاطئ، النقل، العرض، التخزين دون تدابيير وقائية وأسس علمية..الخ)
- ✓ الحروب الاعتداءات الاجرامية.

5.العوامل الطّبيعية: الرياح والعواصف الرملية التي قد تأتي على الحجارة ومواد البناء حتا وهدما خاصة إذا كانت محملة بالشوائب والملوثات وغيرها، بالإضافة إلى الأمطار والفيضانات التي لها تأثير لحظي باذابة الجير والطين والحجارة الكلسية، وغير لحظي أي على المدى البعيد بتأثير عامل الرطوبة نتيجة تشرب المادة وتبخرها وما تفعله من إذابة للمواد المالئة والمكونة للمادة الأثرية بشكل عام، ناهيك عن كارثة الزلازل وما ينجر عنها من حدوث شقوق، تحطيم وتشويه وردم للمواد الأثرية وهبوط المبنى المقام بها وهذا حسب قوتها من هزّة إلى زلزال عنيف[1].

6.سبل المعالجة:

1.6.مرحلة الفحص والتّشخيص: ليتم تحديد العلاج المناسب لا بد من القيام بالفحص والتّحليل لمعرفة المادة ومكوناتها نوع التلّف نسبته. والتي تكون بطريقتين :

- ✓ من خلال التحاليل المخبرية بالمكروسكوب أو المجهر بأخذ عينات جهاز تحليل المكونات المعدنية للمواد والتحولات الفيزيائية والكيمبائية. جهاز تحديد المسامية، جهاز المطيافية للاشعة تحت الحمراء.
- ✓ من خلال الملاحظة بالعين المجردة في الموقع.

2.6.التنظيف:التنظيف هو إجراء ضروري للحفاظ على الحجارة الأثرية التي تتعرض لعوامل البيئة المحيطة لأنّها تسمح بإزالة الشوائب العالقة على السطح كأملاح القابلة للذوبان أو غير قابلة للذوبان وجزيئات السخام الناتجة عن الملوثات البيئية وأكسدة ثاني أكسيد الكبريت، والكائنات الحية الدقيقة، النباتات الطفيلية، الطيور أو فضلات الحيوانات وهذا كإجراء وقائي[2].

[1]محمد معتمد مجاهد، المرجع السابق، ص23-35

[2]Başak İPEKOĞLU, THEORETICAL AND TECHNICAL PRINCIPLES OF STONE CONSERVATION IN HISTORIC MONUMENTS, Journal of Engineering Sciences 1998 4 (3) 788.

1.2.6.الطريقة الميكانيكية أو اليدوية: باستخدام الفرش والمكاشط والمنافخ والمرملة بالرمل الرطب أو الجاف

2.2.6.الطريقة الكيميائية (طريقة الغمر،طريقة الرش،طريقة الضمادات أو الكمادات الماصة وهذا حسب حالة حفظ الأثر الحجري.

3.2.6.ازالة الأملاح:

تزال الأملاح القابلة للذوبان في الماء والمتمثلة في كلوريدات أو نترات، كبريتات الصوديوم كذلك البوتاسيوم والالمنيوم، الماغنيسيوم والكاليسيوم، حيث تكون جميعها ذائبة في الماء وعلى هيئة محاليل، بنزعها وهي جافة في حالة وجود بلورات الملح ظاهرة على سطح الحجر بواسطة الطرق الميكانيكية، أمّا عند وجود بلّورات الملح في مسام الحجر فيمكن تنظيفها بالطرق الميكانية ثّم استخلاص ما بالداخل عن طريق عمل كمادات أو الغسل المباشر بالماء النقي في صورة حمامات مائية، أو باستخدام أجهزة دفع رذاذ الماء على سطح الحجر إذا كانت حالته تسمح بذلك

غير قابلة للذوبان: مثل كبريتات الكاليسيوم (الجبس)، وكربونات الكاليسيوم (الجير)، يستخدم للاستخلاص الكاليسيوم محلول كبريتات الصوديوم بنسبة 10 % مع الماء، ثّم الغسل الاماكن المعالجة جيدا بالماء النقي، أمّا لإزالة كربونات الكالسيوم فيستخدم محلول مخفف 2%، من حمض الهيدروكلوريك، ويجب أن يكون التنظيف موضعها ثّم يغسل الحجر جيّدا بعد ذلك بالماء النّقي حتى لا يترك أثر للحمض[1].

4.2.6.استخدام المحاليل واللدائن الصناعية:

- ✓ **لإزالة بقع النحاس يطبق محلول مائي سائل مكون من :**

1. 10% حمض السولفاميك
2. بين 2إلى 10% من بكربونات الأمونيوم

- ✓ **يمكن ازالة صبغات النحاس من على الحجر عن طريق اتباع طريقة الاتية:**

1. خلط هلى الجاف أجزاء من كلوريد الأمونيوم زائد أربعة أجزاء من تلك أو الطفل الاتابولوجيت أو سيبوليت وإضافة 10% من محلول الماء النشادري.

[1] عبد الصمد رقية، المرجع السابق، ص74

2. يبلل السطح قبل إضافة العجينة وتترك لتجف
3. ازالة العجينة بواسطة سكينة خشبية بعد التنظيف.
4. يعاد وضع العجينة وإزالتها[1].

✓ **إزالة صدأ الحديد: استعمال عجينة مشكلة من:**

1. بلورات اوكسيدات البوتاسيوم المنحلة في الماء.
2. محلول مائي EDTA بتركيز 10% .

✓ **ولازالة صبغات الحديد من على الاثار الحجرية تتبع الخطوات الآتية:**

1. إضافة محلول من واحد جزء من نترات الصوديوم زائد ستة أجزاء ماء إلى حجم مماثل من الصوديوم.
2. إضافة طفلة الاتابولوجيت إلى محلول حتة الحصول على عجينة.
3. إضافة العجينة إلى السطح المصبوغ وتركها لتجف.
4. ازلة العجينة بواسطة سكينة خشبية غير معدنية.
5. إعادة ازالة العجينة حتى ازالة الاتساخات تماما[2].

3.6.الترميم:

1.إعادة التلاحم بين جزئي الجدار بواسطة وصلات معدنية غير قابلة للصدأ.

2.نقوم بثقب فتحتين في الحجر بواسطة المثقب نثبت الوصلات المعدنية غير قابلة للتأكسد بعد التنظيف بواسطة الملاط.

3.تغطية الوصلات المعدنية والجزء المفرغ من الحجر بواسطة طبقة من الملاط بعد ترطيب الجدار مسبقا.

[1] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم الاثار، المرجع السابق، ص237

[2] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم الاثار، المرجع نفسه، ص237

المحاضرة الخّامسة عشر: منهجية تطبيق التقوية على الحجارة الأثرية

1.التّقوية

التقوية هي عملية إعادة تماسك الحجارة الأثرية المتضررة والمعرضة للتفتت والتقّشر باستخدام محاليل كيميائية بالطرق المختلفة للوصول إلى تلحيم نواة الصّخور وطبقاتها الخارجية؛ أو التمليط وسّد الشّقوق والفراغات باستخدام ملاط الجير أو مسحوق حبيبي بنفس الحجارة .

2.الهدف من التقوية هو:

1. إعادة تماسك الحجارة المتضررة
2. ضمان الالتحام بين الأجزاء الهشة والأجزاء السليمة.
3. زيادة مقاومة ميكانيكية الأجزاء المعالجة للحجارة.

3.شروط عملية التقوية

لا يجب على عملية التقوية احداث تغيرات في خصائص أخرى مثل:

1. عدم التأثير المعتبر على نفاذية بخار الماء بحيث يكون التغير في معامل النفاذية لا يجب أن يتعدى 20%.
2. عدم التّغبير في التّمدد الحراري والمائي للحجارة.
3. عدم التّغيير في مظهر الحجارة كاللّون.
4. عدم زيادة درجة التلف أو أي أثر رجعي للمواد المستخدمة في التّقوية على الحجارة مع مرور الزمن.

4.مقومات عملية التقوية: يتوقف نجاح عملية التقوية على دراسة الأثر المراد ترميمه دراسة دقيقة إلى جانب دراسة خصائص المادة المستخدمة والظروف المحيطة المؤثرة على الاثر ويجب أن يتوفر في المادة المقوية والتي يجب أن تتوفر على مواصفات هي:

- ✓ ألاّ تتأثر بالماء بعد الجفاف وفي نفس الوقت تسمح بقدر معين من النفاذية.

- ✓ غير حساسة للتغير الضّوئي والأكسدة.
- ✓ عكسية الاستخدام أي يمكن التخلص منها عند الحاجة بذلك بسهولة وبدون تعريض الأثر لأي تدهور او تغيير في التركيب الكيميائي.
- ✓ ألاّ تتسبب تغيرا كبيرا في المظهر واللّون الطّبيعي للسطح أو لطبقات الألوان ويمكن استخدامها بدون أن يؤدي ذلك إلى منع استخدام مواد ترميم أخرى.
- ✓ ألّا تتحد مع الأثر كيميائيا فتصبح جزءا منه.
- ✓ أن تتميّز بالنفاذية العالية ويتطلب ذلك تميزها بشّد سطحي عالي ولزوجة منخفضة.
- ✓ أن تكون ذات درجة تحول زجاجي (Tg) عالية.
- ✓ أن تكون قابلة للذوبان في اكثر من مذيب عضوي.
- ✓ أن تكون ذات وزن جزيئي منخفض بقدر الإمكان، إذ كلما انخفض الوزن الجزيئي كلما انخفضت[1].

5.مواد التقوية المستخدمة: هناك مواد عديدة تستخدم للتّقوية والتي تقسم غالبا إلى:

1.5. مواد غير عضوية : تتكون أساسا من المركبات المعدنية التي لها القدرة على التصلب نتيجة عمليات التميؤ عند خلطها بالماء مكونة هيدريد الملح ومن امثلتها المركبات التالية:

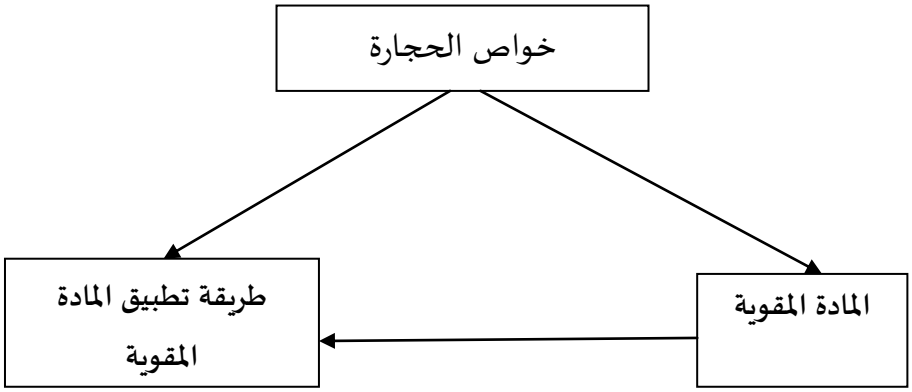
- ✓ سيلكات الصوديوم والبوتاسيوم.
- ✓ الومينات الصوديوم والبوتاسيوم.
- ✓ التقوية بالماء الجير (هيدروكسيد الكالسيوم)
- ✓ استخدام هيدرات الباريوم[2].

2.5.الراتنجات الصناعية: هي عبارة عن مركبات عضوية مخلقة ذات أوزان جزيئية عالية التبلمر وينتج من التّفاعل الكيميائي لإثنين أو أكثر من نفس جزيئات المركب الواحد، أو من جزيئات مركبات مختلفة، ويطلق مصطلح البلمرة على التّفاعل الذي يحدث للجزئ الابتدائي المعروف باسم المونيمر حيث يتم اتحادها مكونة سلسلة طويلة لمادة جديدة سمي بوليمر، ويجب قبل استخدام الراتنجات الصناعية لعلاج الأثار الحجرية التعرف على خواصها الكيميائية

[1] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم وحماية الاثار، المرجع السابق، ص123-

[2] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم وحماية الاثار، المرجع نفسه، ص123-124

والفيزيائية والحرارية وعمل تقييم لها لمعرفة مدى ملائمتها لعلاج وصيانة الاثار الحجرية وطرق تطبيقها وذلك للوصول إلى افضل النتائج[1].



6.طرق تطبيق عملية التّقوية: لها عدّة طرق منها:

- ✓ تطبق ضمادات مشبعة بالمادة المقوية على سطح الحجارة الأثرية.
- ✓ تطبق المادة المقوية بواسطة الفرشّاة.
- ✓ تطبق المادة المقوين عن طريق الرّش.
- ✓ تطبق المادة القوية عن طريق الحقن في الشّقوق والشّروخ.
- ✓ تغمر الحجارة الأثرية ذات حالة حفظ حسنة وأحجام صغير أو متوسطة في أحواض بها مادة مقوية لساعات[2].

المحاضرة السّادسة عشر: نموذج للحجارة الكلسية

1.تعريف الحجر: مادة طبيعية توجد عادة في صورة كتل ضخمة، ويتكون بصفة أساسية من معدن واحد مع نسب صغيرة ومتفاوتة من معادن أخرى مثال ذلك الحجر الرملي، الحجر الجيري.[1]

[1] ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم وحماية الاثار، المرجع السابق ، ص124

[2] محمد عبد الهادي، المرجع السابق، ص102

2.التعريف الحجارة الكلسية: صخور رسوبية تحتوي على معدن الكالسيت بنسبة تزيد عن 45% من مكونات الصخر ومجموعة من المعادن الأخرى المتنوعة مثل كربونات الحديد، والفلسبار، والبيريت، والكوارتز[2].

رمز الكالسيت: Caco3

3.تركيب كيميائي: أكسيد الكالسيومCao، ثاني أكسيد الكربون، أكسيد الماغنيزيومMgo أحد المكونات الشائعة.

4.خصائصها

- الصلابة.
- مقاومة الضغط.
- المسامية.
- الكثافة والوزن النوعي والحجمي.
- الامتصاص.
- الخاصية الشعرية.
- التركيب الطبقي للصّخور.
- يمتاز الصّخر الكلسي بعدة مميزات، من أهمها:
- يتكون الصّخر الكلسي من كتل من جميع الأحجام، لذا فإنّ حجم حبيباته متغير.
- يُعدّ الصخر الكلسي صلبًا بشكل عام.

---

[1] عبد المعز شاهين، **ترميم وصيانة المباني الاثرية والتاريخية**، وزارة الثّقافة، مجلس العلمي للاثار المصرية، 1994م، ص42

[2] عبد الصمد رقية، اثر **الرطوبة والأملاح على الصخور الكلسية في المباني الأثرية(برج تامنفوست كنموذج)**، مذكرة لنيل شهادة ماجستير في الصيانة والترميم، جامعة الجزائر، معهد الآثار، 2008، ص16

- يتراوح لون الصّخر الكلسي من الرمادي إلى الأصفر، وهو متغير بين كل حجر وآخر، ولكنه يمتلك لونًا فاتحًا.إذا كان أصل الحجر حيويًا تكون حبيبياته أو بقايا القشرة المكسورة أو الكاملة(الصدفة التي تشكّل الصخر منها) مرئية، بينما إذا كان أصله كيميائيًا تكون حبيباته بلورية، ولا توجد مسامات مرئية، ناعم الملمس وتعتمد نسبة نعومته على طريقة تكوّنه.

5.التكوين الجيولوجي:

- تتواجد في شكل طبقات متوازية ومنتظمة مخزنة في البحار (تراكم الأصداف والمحارات الغنية بالكالسيت)

- يتكون في المناطق الاستوائية والشبه الاستوائية، البيئات الضحلة حيث يقل عمق الماء فيها عن 15م ويتوفر فيها الضوء والحرارة.

- النسيج من فتات الأحافير.

- تشكلها: عندما ترتفع درجة الحرارة تترسب الصخور الكلسية على الحواف النهرية[1].

6.منشأ الصّخور الكلسية

1.6.منشأ عضوي:(بقايا حيوانية أو نباتية كالكلس القوقعي وأصداف) الصخر الطباشيري حجر جيري

2.6.منشأ كيميائي : حجر الدولميت ، الأراجونيت هو معدن من معادن الكربونات يتواجد في الصخور الرسوبية، يشبه في تركيبه المعدني معدن الكالسيت، ولكنه يختلف عنه في شكل الشبكة البلورية، يتكون بفعل العمليات الفيزيائية والحيوية[2].

7.مظاهر تلف الحجارة الكلسية:تتمثل في

- ✓ تبلور الأملاح داخل المسام.

[1] عبد الصمد رقية، المرجع السابق، ص17
[2] عبد الصمد رقية، المرجع السابق، ص18

- ✓ حدوث تشظية وتصفح وتفتت الحجر بسبب عامل التفاوت بين نسب الرطوبة ودرجات الحرارة والضغط.
- ✓ تشكل بقع الصدأ وبقع لونية واسوداد بسبب التّلوث والرطوبة.
- ✓ ثقوب بسبب العامل البيولوجي
- ✓ شروخ وتشققات.
- ✓ ترسب السناج على السطح والمواد الدهنية بفعل الزيارات المكثفة.
- ✓ نمو الطحالب والأشنات.
- ✓ تغير الألوان.
- ✓ نمو النباتات.
- ✓ فضلات وبع للحيوانات.
- ✓ النحر والتآكل للحجارة بفعل الرياح والامطار[1].

8.مراحل المعالجة

1.8. الفحص والتشخيص

تعتبر مطيافية الأشّعة تحت الحمراء من الطرق الاساسية في دراسة وتحليل المواد الاثرية فهي تمكننا من التعرف على بنية المادة؛ فمطيافية الأشعة تحت الحمراء تسمح بمعرفة ودراسة الاهتزازاتالمركزية للروابط الكيميائية للمادة وعند خضوع عينة لطيف كهرومغناطيسي يشمل مجال الأشّعة تحت الحمراء، إذا كان تردد الحقل الكهرومغناطيسي المحتوى في الطيف يساوي طيف الاهتزاز لجزيئات المادة يحدث امتصاص للطاقة، ما يجعلها تنتقل من مستوى طاقة الاستقرار الى مستوى آخر[2].

2.8.التنظيف:

[1] عزت زكي حامد قادوس، علم الحفائر وفن المتاحف،دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2008م، ص243

[2] عيساوي بوعكاز، "التّحليل باستخدام المطيافية بالأشّعة تحت الحمراء لحجارة المباني الأثرية "حالة الحجارة الجيرية المستعملة في المدينة الأثرية تبسة "تيفاست"، مجلة التّراث، جامعة زيان عاشور، الجلفة، الجزائر، المجلد الثّاني، العدد السّادس والعشرين، ص92

1.2.8.**التنظيف الشوائب العالقة أو الطبقات:** تكون بالغسل برذاذ الماء أو الكشط أو الدفع بالرمال بالطريقة الجافة او الرطبة.

2.2.8.ازالة الأملاح:

- ✓ القابلة للذوبان في الماء بالغسيل المستمر مع مراعاة عدم جفافها حتى لا يؤدي إلى تبلورها مرّة أخرى.
- ✓ غير قابلة للذوبان: استخدام حمض الهيدروكلورك، حمض الستريك، حمض الاكساليك كعلاج موضعي بينما تظهر على السطح مثل أملاح الكبريتات[1].

3.2.8.ازالة البقع اللونية:

باستخدام المذيبات العضوية كالاسيتون والفورماميد بالنسبة للاقلام الشمعية يليه التنظيف الجيّد بالماء[2].

كما يمكن استخدام الأحماض والأملاح التي تتفاعل مع البقع السّطحية السّوداء وتذيبها وتستعمل بتراكيز محدودة ومدروسة، أمّا البقع الناتجة عن الأشنات والطحالب فيمكن إزالتها بإضافة الفورمالدهيد بنسبة 5% وبواسطة بنتاكلور فينات الصوديوم بنسبة1%، أمّا في حالة الفطريات فاستخدام مبيدات خاصة؛ أمّا بقع صدأ النحاس والحديد فيمكن استخدام محلول مائي نسبته 10% من حمض الفورميك والكبريت وهذا بعمل كمادة من المركب السابق تغطي البقع[3].

4.2.8.التنظيف باللّيزر:

إنّ إمكانية استخدام الليزر لتنظيف الحجر تحظى باهتمام متزايد، والتنظيف باللّيزر متاح الآن تجاريًا. جاذبيتها الكبيرة هي ذلك فهو لا ينطوي على أي اتصال جسدي بالحجر وبالتالي فهو يناسب نفسه بشكل مثالي لتنظيف الأسطح الحساسة للغاية. المبدأ بسيط في الأساس: أ يؤثر شعاع الليزر

[1] عبد الصمد رقية، المرجع السابق، ص44

[2] عيساوي بوعكاز، طرق حفظ وصيانة مواد بناء الموقع الأثري جميلة"كويكول" "حالة الحجارة الكلسية"، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر، 2008-2009م ، ص172

[3] عيساوي بوعكاز، طرق حفظ وصيانة مواد بناء الموقع الأثري جميلة"كويكول" "حالة الحجارة الكلسية"، المرجع السابق، ص172

على السطح، وتتبدد طاقة الشعاع تبخير الأوساخ. بينما الحجر متسخ، يمتص الضوء و عائدات التنظيف. ومع ذلك، بمجرد إزالة الأوساخ، يظهر الضوء ينعكس على السطح النظيف، ولا تتم إزالة المزيد من المواد. هذه التقنية[1]

3.8.مراحل الترميم: وضع خطوات للترميم (حالات عاجلة، متوسطة، وعادية)

التدعيم يتم بـ:

- تنظيف الفراغات
- تحضير الملاط لسد فتحات الكسور بما يسمى التمليط او التشبيع بمسحوق الحجارة نفسها مع الجير والماء مثلا
- اختيار التقنيات إمّا بأداة يدوية للتمليط أو بالحقن.
- التدعيم بأسافين معدنية غير قابلة للصدأ[2].

خاتمة:

وفي الختام يمكن القول أنّ أمر صيانة وترميم المواد الأثرية غير العضوية يستند على أسس علمية ممنهجة تبدأ من الموقع الأثري وتمر بالمخبر وتنتهي بفضاءات العرض والتخزين بالمتاحف إذا تعلق الأمر بالتّراث المنقول؛ أمّا إذا كان الأمر يتعلق بالحجارة والفسيفساء والزجاج والمعادن المستخدمة في المباني الأثرية فالأمر قد يصعب ويأخذ بعض الخصوصية بما أنّ هذه الأخيرة معرضة لعوامل التّجوية على الدوام في المواقع الأثرية، لذا يرتبط نجاح عملية الحفاظ على التّراث باحترام مبادئ الصيانة والترميم أولا بعدم التّدخل المستمر وغير المدروس على المواد الأثرية دون إجراء فحوص وتجارب أولية لتحديد نوع ونسب التلف

[1] Price C.A,Stone conservation an overview of curent , research, The getty conservation institute recherché in conservation, U.S.A.,1996,p14

[2] عيساوي بوعكاز، طرق حفظ وصيانة مواد بناء الموقع الأثري جميلة"كويكول" "حالة الحجارة الكلسية"، المرجع السابق ص173-185

والعلاج المناسب، والانتهاء بالحفظ الوقائي أوالصيانة الوقائية لإيقاف التّلف؛ فعلى الطلبة الاطلاع على الجانب النظري لكسب المعارف بمعرفة طبيعة وخصائص المواد وبعدها آلية تلفها للوصول الى سبل علاجها.

وفي الأخير نتمنى أن نكون قد وفقنا في تقديم المعارف والتجارب التي افادت الطلبة خلال تدريسنا لهذا المقياس.

قائمة المراجع

1. ابراهيم عبد السلام النواوي، علم المتاحف، المجلس الأعلى الاثار، مصر، الطبعة الأولى، 2010م

2. إبراهيم عبد القادر حسن، وسائل وأساليب ترميم وصيانة الآثار ومقتنيات المتاحف الفنّية، مطبوعات جامعة الرّياض، 1979م.

3. إبراهيم محمد عبد الله، ترميم الاثار الحجرية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2011م.

4. ابراهيم محمد عبد الله، دراسات علمية في علاج وصيانة الاثار المعدنية، دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2011م، ص99

5. ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم الأثار، دار المعرفة الجامعية طبع، نشر، توزيع جمهورية مصر العربية.،2016

6. ابراهيم محمد عبد الله، مبادئ ترميم الأثار، مكتبة نابلس ، فلسطين.

7. أحمد ابراهيم عطية، ترميم الفسيفساء الأثرية، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، الطبعة الأولى، 2003م

8. احمد ابراهيم عطية، عبد الحميد الكفافي، حماية وصيانة التراث الاثري،دار الفجر، القاهرة، الطبعة الأولى،2003م.

9. أحمد عمر وآخرون، معجم اللّغة العربية المعاصرة، عالم الكتب، القّاهرة، الطّبعة الأولى، 2008م

10. أحمد عمر وآخرون، معجم اللّغة العربية المعاصرة، عالم الكتب، القّاهرة، الطّبعة الأولى، 2008م،

11. بقدور مريم، صيانة وترميم خمس قطع فخارية بمتحف تلمسان، مذكرة ليسانس، جامعة تلمسان،2006م.

12. بلعيبود بدر الدين، دراسة تحليلية لعملية ترميمتابوت بلرفون بالمتحف الوطني للاثار القديمة، رسالة لنيل شهادة الماجستير تخص صيانة وترميم، معهد الأثار، الجزائر2، 2007-2008م

13. بيرخينيا باخة ديل بوثو، علم الاثار وصيانة الأدوات والمواقع الأثرية، تر.خالد غنيم، بيرسان، بيروت، الطبعة الأولى، 2002م،

14. تقى الدباغ ، طرق التنقيبات الاثرية، كلية الاداب،جامعة بغداد،المكتبة الوطنية بغداد،السنة1983م

15. ج.أم.كرونين، و.س.روبنسون، أساسيات ترميم الآثار، ترجمة عبد الناصر الزهراني، النشر العلمي والمطابع، جامعة الملك سعود، الرياض، 2005م.

16. جيهان عادل محمود علي، دراسة علمية لاستنباط طرق لترميم الاثار البرونزية تطبيقا على أحد الاثار المختارة، ملخص رسالة مقدمة لنيل شهادة الدكتوراه في ترميم وصيانة الاثار، قسم ترميم الاثار، كلية الاثار، جامعة القاهرة، 2008، ص5 (نسخة الكترونية

17. حمزة محمد الشريف، صيانة وترميم فسيفساء التبليط في الجزائر نموذجين فسيفساء ربات الفن التسعة لمتحف شرشال، فسيفساء الحورية سيران بمتحف تازولت (لوباز)، رسالة لنيل شهادة الماجيستير تخصص اثار قديمة، معهد بني مسوس، الجزائر العاصمة، 2003-2004، ص16

18. حنان خربوش، "تشخيص الزجاج الاثري وطرق التدخل عليه –نماذج من المجموعة الزجاجية للمتحف الوطني سيرتا-."، مجلة الدراسات الاثرية، معهد الاثار، الجزائر2، المجلد السادس عشر، العدد الأوّل،ديسمبر 2018م،

19. حنفي عائشة، خواص مادة النحاس وطرق علاجها، مجلة الاثار، معهد الاثار، الجزائر 2، المجلد الرابعة عشر، العدد الثّاني، ديسمبر 2012،

20. دحمان ربوح، محاولة صيانة وعلاج المعادن دراسة لحالة المجموعة النقدية البرونزية الموجودة في مخزن متحف شرشال الجديد، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في اثار، صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر2، 2012-2013م،

21. رانية عبد الظاهر نوايا، عنصر الحديد وجوده- مركباته- استخداماته، جامعة البعث كلية العلوم، الجمعية الكيميائية السورية،ص 3-5http://tarek.kakhia.org
22. رشا طه عباس حمد وآخرون، "إعادة تجميع وصيانة طبق زجاجي أثري من العصر الإسلامي المبكر من حفائر مركز البحوث الأمريكية –الفسطاط –مصر."، مجلى الاتحاد العام للاثارين العرب، الاتحاد العام للاثاريين العرب، مصر، المجلد 22، العدد1، 2011م،
23. سعيد عبد الحميد حسن، معجم لأهم المصطلحات المستخدمة في مجال ترميم الاثار، الأحجار ةالرسوم الجدارية، المؤسسة الدولية لصيانة التراث الثقافي ، ج1، ط1، القاهرة، 2012م.
24. سلوى جاد الكريم ضوى وآخرون، "دراسة تأثير عوامل التلف المختلفة في تلف الاثار الزجاجية المحفوظة بالمخازن ومنهجية العلاج والصيانة تطبيقا على أثر زجاجي محفوظ بمخزن متحف الفّن الاسلامي بالقاهرة"، مجلة العمارة والفنون، الجمعية العربية للحضارة والفنون الاسلامية، المجلد الرابع، العدد السابع عشرة، 2019م.
25. السيد أنور الملقى وآخرون، الاعتبارات التقنية للترميم الكهروكيميائي في المنتجات المعدنية التاريخية، مجلة العمارة والفنون والعلوم الانسانية، المجلد التاسع، العدد الثالث والاربعون، يناير 2024م،
26. السيد محمود البنا، ترميم وصيانة الاثار والمواقع التاريخية في القوانين المصرية وفي المواثيق والمؤتمرات الدولية، مكتبة زهراء الشرق، القاهرة ، الطبعة الأولى، 2017، ص22
27. شلبي زينب، دراسة تلف وصيانة حجارة الطوف أعمدة وأطر أبواب مباني قصبة مدينة الجزائر أنموذجا، مذكرة تخرج لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، 2010-2011م
28. صفاء عبد السلام،"الفسيفساء في ليبيا: دراسة لعوامل التلف وطرق العلاج والترميم"، مجلة الاتحاد العام للاثاريين العرب، القاهرة، العدد الحادي عشر، يناير، ص102-103
29. عابد عائشة، "الفسيفساء في حوض المتوسط القديم تراث وقيم مشتركة"، قراءات في الحفاظ على الفسيفساء، الايكروم، جيتي ، 2019م،

30. عاصم محمد رزق، علم الاثار بين النظرية والتطبيق، مكتبة مدبولي، جمهورية مصر العربية، 1996م، ص197-198
31. [1]عبد الصمد رقية، اثر **الرطوبة والأملاح على الصخور الكلسية في المباني الأثرية(برج تامنفوست كنموذج)**، مذكرة لنيل شهادة ماجستير في الصيانة والترميم، جامعة الجزائر، معهد الآثار، 2008
32. عبد المعز شاهين، **ترميم وصيانة المباني الاثرية والتاريخية**، وزارة الثّقافة، مجلس العلمي للاثار المصرية، 1994م، ص42
33. عبير غريب عبد الله إبراهيم، علاج وصيانة المعدن (صيانة وتشكيل ومعالجة)، جامعة المنيا،مصر، 2020م،
34. عدنان الوحشي وآخرون، تدريب الفنيين لصيانة الفسيفساءفي موقعها الأصلي، مركز جيتي، المعهد الوطني للتراث، تونس، 2011
35. عزت زكي حامد قادوس، علم الحفائر وفن المتاحف،دار المعرفة الجامعية، الاسكندرية، 2008م،
36. عماد محمد ابراهيم الخليل، علم المعادن، جامعة الزقازيق، جمهورية مصر العربية، 2014م، ص8
37. عيساوي بوعكاز، "التّحليل باستخدام المطيافية بالأشّعة تحت الحمراء لحجارة المباني الأثرية "حالة الحجارة الجيرية المستعملة في المدينة الأثرية تبسة "تيفاست"، مجلة التّراث، جامعة زيان عاشور، الجلفة، الجزائر، المجلد الثّاني، العدد السّادس والعشرين
38. عيساوي بوعكاز، طرق حفظ وصيانة مواد بناء الموقع الأثري جميلة"كويكول" "حالة الحجارة الكلسية"، مذكرة لنيل شهادة الماجستير في الصيانة والترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر، 2008-2009م
39. فاطمة جميل محمد زيوت، المواد الخام المستخدمة في صناعة الزجاج الروماني المكتشف في المواقع اليصيلة وصعد ودوحلة في الاردن: دراسة تحليلية مقارنة، رسالة لنيل درجة ماجستير في تخصص العلوم التطبيقية في الاثار، جامعة اليرموك، الارن، 2008م،
40. كرونين ج.أم.، روبنسون و.س.، أساسيات ترميم الأثار، النشر العلمي والمطابع، السعودية، 2006م،55-56

41. لعريبي حجيلة، أسس ومبادئ صيانة مجموعة برونزية بمدينة تيقزيريت الأثرية(أيومنيوم)، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر2، 2014م،

42. ماري.ك. برديكو، الحفظ في علم الاثار الطرق والأساليب العملية لحفظ وترميم المقتنيات الأثرية، ترجمة محمد أحمد الشاعر، المعهد العلمي الفرنسي للآثار الشرقية بالقاهرة، مكتبة عامة، المجلد22، 2002م.

43. ماهر إبراهيم الصفتي، ناهد عثمان عبد العظيم، تقنيات الملونات الحرارية ودورها في ترميم الزجاج الأثري المؤلف بالرصاص، مجلة الفنون والعلوم التطبيقية، جامعة دمياط، مصر، المجلد الخامس، العدد الثاني، 2018م

44. ماهر عبد الله ديوان الوجيه، الأسلحة في اليمن القديم (دراسة أثرية مقارنة لنماذج من مجموعات القطع الاثرية في المتاحف اليمنية)، رسالة لنيل درجة الماجستير في الاثار القديمة، قسم الاثار، جامعة صنعاء، 2012م،

45. مجاهد محمد معتمد، شحاتة أحمد عبد الرحيم، عبد الحميد الكفافي، المخاطر البيئية المهددة للتراث الأثري وطرق الصيانة الوقائية، دار العالم العربي، القاهرة ، الطبعة الأولى، 2020م.

46. محمد الطيب عقاب،الاواني الفخارية الاسلامية، ديوان المطبوعات الجامعية، الجزائر، 1984م

47. محمد حجازي(ثروت)، حواس(زاهي)، الأسس العلمية لعلاج وصيانة المكتشفات الأثرية في مواقع الحفائر، سلسلة الثّقافة الأثرية والتاريخية مشروع المائة كتاب 47، المجلس الأعلى للآثار، وزارة الثّقافة، مصر، 2005م،

48. محمد عبد الرحمن الوكيل، حقائق علمية عن أكاسيد النيتروجين، جامعة المنصورة، اغسطس2020، ص3 نسخة الكترونية: https://www.reseachegate.net/publication329371826

49. محمد عبد الهادي، دراسات علمية ترميم وصيانة الاثار غير العضوية، زهراء الشرق، القاهرة،1997م

50. مراد سباطي، عز الدين بويحياوي، "نتائج تحليل الزجاج الاثري بموقع حصن تازا برج الامير عبد القادر بولاية تيسمسيلت"، مجلة الأكاديمية للدراسات الاجتماعية والانسانية، جامعة حسيبة بن بوعلي شلف، المجلد 13، العدد03
51. معمر بساطة مرروان، الصيانة الوقائية للقى الاثرية الحديدية المستخرجة من الحفرية، مذكرة لنيل شهادة الماجستير تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر 2، 2008-2007.

52. نادية حابي، طرق صيانة وترميم الاواني الفخارية-بموقع تازا ببرج الامير عبد القادر، مذكيرة لنيل شهادة ماجستر تخصص صيانة وترميم، معهد الاثار، جامعة الجزائر2، 2010-2009م

53. نجوى سيد عبد الرحيم، محمد معتمد مجاهد، "دراسة مقارنة وعلاج وصيانة لبعض القطع الاثرية الفخارية من منطقتي المطرية وشمال سيناء"، المؤتمر الدولي الأول، كلية الاثار، جامعة القاهرة، مارس 2008م
54. واصف رزق حواري، صيانة وترميم الأرضيات الفسيفسائية في كنائس البدية دراسة نظرية تحليلية ، رسالة لنيل درجة الماجستير في الاثار –العلوم التطبيقية، قسم الاثار معهد الاثار والانثروبولوجيا، جامعة اليرموك، الاردن ، 2000م،
55. وليام هـ.ماثيوز، ماهي الجيولوجيا، ترجمة: مختار رسمي ناشد، الهيئة المصرية للكتاب، 1995م

56. Ana Ribeiro Arold, Albert France lonord et la restauration des antiquités métalliques ,méthodes de conservation restauration au laboratoire d'archeologie des métaux (1950-1970), ARAAFU, CRBC-Cahier technique N26,2020.
57. Başak İPEKOĞLU**,** THEORETICAL AND TECHNICAL PRINCIPLES OF STONE CONSERVATION IN HISTORIC MONUMENTS, Journal of Engineering Sciences 1998 4 (3) 787-795
58. Bromblet PH., Guide « Altération de la pierre », Association medistone ; 2010
59. Christtion de brer- Elso bourgingron, Formation de techniciens à l'entretien des mosaiques in situ, the getty conservation institute, institut national du patrimione ,tunis,2008.

60. Fleur M., « Note sur le fonctionnement du laboratoire de restauration, de la commission du vieux paris a la rotonde de la villette », Cahier de la rotonde N1, paris ; 1978
61. Gehan Adel M.,MonaE.M., Wae A.E.A.,Consevation techniques of an archaeological copper tray in the Islamic art museum in cairo, مجلة التراث والتصميم، المجلد الأوّل، العدد السّادس، ديسمبر 2021
62. Jerzy KUNICKI-GOLDFINGER, Preventive conservation strategy for glass collections Identification of glass objects susceptible to crizzling Institute of Nuclear Chemistry and Technology, Poland,p1
63. Leroy M. , Cabboi L., Produire et travailler le fer les atelier de l'est du bassin parisien du V^{e} siécle av.J.C.au X^{e} siecle apr.J.C.,INRAP,CNRPS EDITION.Pris,2019
64. Price C.A,Stone conservation an overview of curent , research, The getty conservation institute recherché in conservation, U.S.A.,1996
65. Régis Bertholon, Les métaux ferreux et non ferreux, 13/02/2017

فهرس الموضوعات

مدخـل حول مفاهيم عامة حول المادة الاثرية غير العضوية

تمهيد:.....3

1.ضبط المصطلحات:.....3

1.1.الصيانة: Conservation 3

2.1.**الترميم: Restauration 4**

3.1.تعريف المادة: Definition of the material.....5

4.1.تعريف المادة الأثرية:Defintion of archeological material 5

1.2. مواد عضوية: ORGANIC MATERIAL 5

2.2.مواد غير عضوية:INORGANIC MATERIAL 5

3.تصنيفات المادة الأثرية غير العضوية:.....6

1.3.مواد فلزية: 6

2.3.مواد معدنية:.....6

4.خصائص المادة الأثرية غير العضوية:.....7

المحاضرة الأولى: عموميات حول المعادن (ماهية المعدن، عوامل التلف، مراحل وطرق الصيانة والترميم)

تمهيد:.....8

1.تعريف المعادن:.....8

2.التركيب الفيزيائي للمعدن.....9

3.خواص المعادن:.....9

1.3..الخواص الفيزيائية للمعادن:.....9

2.3.الخواص الكيميائية:.....10

3.3.الخواص الميكانيكية:.....10

4.استخلاص المعادن:.....10

5.التّسلسل الزمني في اكتشاف المعادن واستخدامها:.....11

6.استخدامات المعادن في الاثار:.....13

7. عوامل تلف الاثار المعدنية.....13

1.7.العامل الفيزيوكيميائي:.....13

1.1.7.التّغيرات في نسب الرطوبة:.....14

2.1.7.التّغيرات في درجات الحرارة:.....14

3.1.7.الأملاح:.....15

4.1.7.الملّوثات:.....15

1.4.1.7.الملّوثات الغازية:.....16

2.4.1.7.الملّوثات الصلبة:.....17

2.7.العامل البيولوجي:.....17

3.7.العامل البشري:.....18

8.آلية ومظاهر تلف الاثار المعدنية:.....18

9.أنواع التآكل المعدني: 19

المحاضرة الثّانية: قواعد عامة لصيانة وترميم الاثار المعدنية:

1. مرحلة الفحص والتّشخيص:.....20

2.مرحلة التّقوية والتنظيف:.....20

1.2.التّقوية:.....20

2.2. التنظيف بالطرق الميكانيكية واليدوية Mechanical cleaning.....21

1.2.2.أنواع التنظيف الميكانيكي المستعملة في حقل صيانة الاثار.....21

3.2.الطرق الكيميائية: Chemecal Methods.....24

1.3.2.الحالات التي يكون فيها التنظيف الكيميائي مناسبا.....24

2.3.2.شروط استخدام المحاليل الكيميائية:.....24

3.3.2.عيوب التنظيف بالطريقة الكيميائية.....25

4.2.الطرق المعتمدة على الماء الساخن والبارد.....25

5.2.استخدام الصابون والمنظفات :Use of Soaps and detergents.....26

6.2.التنظيف بالمذيبات العضوية Organic Solvents 26

7.2.المحاليل الحمضية Acids solution.....27

8.2.التنظيف بواسطة ا اختزال الكهروكيميائي.....28

3.مرحلة الترميم: ترمم القطع الأثرية بمراحل ترميم هي:.....29

1.3.الترميم الكهروكيميائي.....29

4.**الصيانة الوقائية المتحفية:.....30**

المحاضرة الثّالثة: الحديد الأثري (ماهيته-عوامل تلفه وتقنيات صيانته وترميمه)

6. ماهية الحديد:.....31

1.1.تعريفه.....31

2.1.خامات الحديد.....32

3.1.خصائصه.....32

4.1.مبدأ استخلاص الحديد من فلزاته.....33

2. مظاهر تلف الحديد الأثري:.....33

3.طرق فحص الحديد الأثري.....34

1.3.الفحص بالتّصوير الطيفي.....34

4.التنظيف.....35

1.4.التنظيف الكهروكيميائي للقطع الأثرية الحديدية.....35

5.ترميم الحديد الأثري.....36

المحاضرة الرّابعة : صيانة وترميم النّحاس الأثري

1.ماهية النحاس.....37

1.1.تعريف النّحاس.....37

2.1.الصّورة التي يوجد فيها النّحاس في الطّبيعة:.....37

3.1.خامات النّحاس.....37

4.1.الخواص الفيزيائية 38

5.1.الخواص الكيميائية 38

2.عوامل تلف النّحاس.....38

1.2.مظاهر التلف:.....39

2.2.خواص الصدأ في النّحاس النّقي.....40

3.2.خواص تآكل النّحاس عن الحديد.....40

3.مرحلة الفحص والتشخيص.....41

4.التنظيف.....41

1.4.التنظيف الميكانيكي.....41

2.4.التنظيف الكيميائي.....42

3.4.كيفية التّخلص من الصدأ.....42

4.4.ازالة مركبات الصدأ من نوع النحاسيك مع ازالة طبقة الباتينا.....44

5.4.ازالة مركبات الصدأ من نوع النحاسيك مع الحفاظ على طبقة الباتينا.....44

5.الترقيم والتجميع: 45

1.5.مرحلة الترقيم: 45

2.5.مرحلة التجميع.....45

3.5.تكملة الأجزاء الناقصة:.....46

6.الحفظ الوقائي:(عملية الطلاء الواقي).....46

المحاضرة الخّامسة: صيانة وترميم البرونز الأثري

2. ماهية البرونز.....47

1.1.تاريخ استخدام البرونز.....47

2.1.طرق التصنيع.....47

3.1.خواص البرونز.....48

4.1.بعض الخصائص التي تتميّز بها سبيكة البرونز عن معدن النحاس.....48

2.عوامل تلف البرونز ومظاهره.....49

1.2.الماء والأملاح.....49

2.2.الغازات.....49

4.2.خواص الصدأ في البرونز.....50

5.2.مرض البرونز.....50

6.2.أنواع الباتينا:.....50

7.2.مظاهر طبقات التلف في المعدن الاثري المتأثر بالاكسجين:.....51

3.الفحص والتّشخيص.....51

1.3.الفحص والتّحليل بالطرق العلمية الحديثة.....53

1.1.3. التّصوير بالأشّعة السينية.....53

2.1.3.التّحليل بتفلور الأشّعة السينية.....53

3.1.3.التّحليل بحيود الأشّعة السينية.....53

4.التنظيف.....54

1.4.التنظيف الميكانيكي.....54

2.4.التنظيف بالمحاليل الحمضية.....55

3.4.ازالة بقايا الأتربة والتّرسبات الجيرية والأملاح.....55

4.4.التنظيف باللّيزر.....55

5.الترميم.....56

6.الحفظ الوقائي.....56

المحاضرة السّادسة: صيانة وترميم القطع الأثرية الفضية

1.ماهية الفضة.....57

1.1.معدن الفضة.....57

2.1.خامات الفضة:.....57

3.1.خواص الفضة.....57

2.عوامل التلف ومظاهرها.....58

3.المعالجة:.....59

1.3.الفحص والتّشخيص.....59

1.1.3.تحليل نواتج الصدأ باستخدام حيود الأشعة السينية.....59

2.1.3.التحليل العنصري بتفلور الأشعة السينية XRF.....60

2.3.التنظيف.....60

1.2.3.التنظيف الميكانيكي.....60

2.2.3.التنظيف الكيميائي.....60

4.الترميم.....62

المحاضرة السّابعة: صيانة وترميم القطع الأثرية الذهبية

1.ماهية الذهب.....63

1.1.تعريف الذهب.....63

2.1.يوجد الذهب في الطبيعة في صورتين.....63

4.1.استعمالاته.....64

2.تلف القطع الأثرية الذهبية.....64

3.معالجة القطع الأثرية الذهبية.....64

المحاضرة الثّامنة: صيانة وترميم القصدير الأثري

1.ماهية القصدير.....65

1.1.تعريف القصدير.....65

2.1.خواص القصدير.....65

3.1.استخداماته.....67

2.طبيعة تلف القصدير.....67

3.المعالجة.....68

1.3.الفحص والتّشخيص.....68

2.3.**التنظيف الكيميائي.....68**

المحاضرة التّاسعة: صيانة وترميم القطع الأثرية الرصاصية

1.ماهية الرصاص.....69

1.1.تعريف الرصاص.....69

2.1.خواصه.....69

3.1.طريقة استخلاص الرصاص.....69

4.1.استخدامات الرصاص.....70

2.مظاهر تلف معدن الرصاص.....70

3.الفحص والتّشخيص:.....71

4.التنظيف.....71

1.4.العلاج الكيميائي للاثار الرصاصية.....72

5.التقوية.....72

6.اللّصق والترميم.....72

المحاضرة العاشرة: صيانة وترميم الفخار الأثري

1.ماهية الفخار.....73

1.1.تعريف الفخار الأثري.....73

2.1.الصيغة الكيميائية.....73

3.1.تركيب الطينة.....73

4.1.خواص الطينة.....73

5.1.خواص الفخار.....73

6.1.العوامل المتحكمة في تحديد نوع الفخار.....74

2.الأضرار التي تلحق بالفخار الأثري.....74

1.2.الأضرار الفيزيوكيميائية.....74

2.2.الأضرار الميكانيكية.....74

3.2.الأضرار البيولوجية.....74

3.مظاهر تلف الفخار الأثري.....75

4.عوامل تلف الفخار الأثري.....75

1.4. العوامل الفيزيوكيميائية.....75

2.4.العوامل البيولوجية.....77

3.4. العامل البشري.....77

5.الفحص والتّشخيص.....78

1.5.الفحص بالعين المجردة وبالعدسة المكبرة.....78

2.5.الفحص بالطرق العلمية الحديثة.....78

6.التقوية والتنظيف.....79

7.مرحلة ترميم الفخار أثري.....80

1.7. مبادئ ترميم القطع الأثرية الفخارية.....80

2.7. مراحل ترميم الفخار الأثري.....81

1.2.7.تجميع الشقفات المنشطرة.....81

1.1.2.7.عملية الفرز والترقيم:.....81

2.1.2.7.طريقة اللّصق.....82

2.2.7.تقنيات تتمة الزخرفة على الأجزاء المضافة.....82

8.الحفظ الوقائي المتحفي.....82

المحاضرة الحادية عشر: صيانة وترميم الفسيفساء:

1.ماهية الفسيفساء.....83

1.1.تعريف الفسيفساء.....83

2.1.فن الفسيفساء في تاريخ الحضارات.....83

3.1.خامات الفسيفساء.....84

4.1.مراحل تصنيع فسيفساء الجدران.....85

5.1.مراحل تصنيع فسيفساء الأرضيات.....86

2.عوامل تلف الفسيفساء الأثرية.....86

1.2.التفاوت في نسب الرطوبة ودرجات الحرارة.....86

2.2.التلف الفيزيائي للماء والرطوبة.....87

3.2.تبلور الأملاح:.....88

1.3.2.عوامل متحكمة في حدوث تبلور الأملاح.....88

4.2.التلوث.....88

1.4.2.الغازات الملّوثة.....88

2.4.2.الملّوثات الصلبة.....89

5.2.التلف البيولوجي.....89

1.5.2.العوامل المتحكمة في نمو الكائنات الحيّة.....89

2.5.2.البكتيريا.....89

3.5.2. الطحالب.....90

4.5.2.الأشنات.....90

6.2.النباتات.....90

7.2.الحيوانات.....90

8.2.العامل البشري.....91

9.2.الكوارث الطبيعية.....92

3.الصيانةوالترميم.....92

1.3.المعاينة والتّسجيل والتّوثيق.....92

2.3.مرحلة الفحص والتّشخيص.....92

3.3.التنظيف والتقوية.....93

1.3.3.معالجة التلف البيولوجي.....93

2.3.3.إزلة الترسبات الملحية.....93

4.3.التدعيم الفوري والعميق.....94

5.3. سّد الشّقوق والثّغرات وتسوية الأرضيات.....95

6.3.الحماية.....95

المحاضرة الثّانية عشرة : صيانة وترميم الزجاج الأثري

2. ماهية الزجاج.....96

1.1.تعريف الزجاج الأثري.....96

2.1.خامات الزجاج.....96

3.1.تركيب الزجاج.....97

4.1.خواص الطبيعية للزجاج.....97

5.1.الخواص الكيميائية.....98

6.1.الخواص الميكانيكية.....98

7.1.صناعة الزجاج.....99

.عوامل تلف الزجاج الأثري.....99

1.2.العوامل المساعدة على تلف الزجاج:.....99

2.2.أسباب ومظاهر تلف الزجاج الأثري.....100

3.2.مظاهر التلف.....101

3.مراحل العلاج الزجاج الأثري.....105

1.3.الفحص والتّشخيص.....106

1.1.3.الفحص بالميكروسكوب الضوئي.....106

2.1.3.التّحليل بالميكروسكوب الالكتروني الماسح المزود بوحدة EDX.....107

2.3.التنظيف.....108

3.3.الترميم.....108

1.3.3.التّجميع واللّصق.....108

2.3.3.تكملة الأجزاء الناقصة.....108

4.3.الحفظ الوقائي المتحفي.....108

المحاضرة الثّالثة عشرة: عالم الصّخور

تمهيد.....109

1.تعريف الصّخور.....109

2.العناصر المكونة لسطح الأرض.....110

3.الصّخور الرسوبية.....111

1.3.خصائص الصخور الرسوبية.....111

2.3.التّركيب المعدني للصّخور الرسوبية.....111

3.3.تصنيف الصّخور الرسوبية.....112

1.3.3.الصّخور الرسوبية ميكانيكية النّشأة.....112

2.3.3.الصّخور الرسوبية كيميائية النّشأة.....112

3.3.3.ذات النّشأة العضوية: ترسب بقايا العضوية حيوانية أو نباتية.....112

4.3.أنواع الحجارة الرسوبية.....112

4.الصّخور النّارية.....113

1.4.التركيب الكيميائي للصّخور النارية.....113

2.4.خصائصها.....113

3.4.خصائص نسيج الصخر النارية.....114

4.4.خصائص لون الصّخور النارية.....114

5.4.تصنيفات الصّخور النارية.....114

6.4.أهم الصّخور النارية.....115

5.الصخور المتحولة.....116

1.5.تقسيم الصّخور المتحولة.....116

1.1.5.الصّخور المتحولة بالحرارة.....116

2.1.5.الصّخور المتحولة الحركية.....116

3.1.5. **الصّخور المتحولة اقليميا.....117**

4.1.5.تقسيم حسب الأنسجة.....117

2.5.أهم الصّخور المتحولة.....117

6.دورة الصخور في الطبيعة.....118

المحاضرة الرّابعة عشر: عوامل تلف الحجارة الأثرية

تمهيد:.....119

1.عوامل التلف الفيزيوكيميائية.....119

2.التلف الناتج عن العامل البيولوجي.....120

4.العامل البشري.....120

5.العوامل الطّبيعية.....121

6.سبل المعالجة.....121

1.6.مرحلة الفحص والتّشخيص.....121

2.6.التنظيف.....121

1.2.6.الطريقة الميكانيكية أو اليدوية.....122

2.2.6.الطريقة الكيميائية 122

3.2.6.ازالة الأملاح.....122

4.2.6.استخدام المحاليل واللدائن الصناعية.....122

3.6.الترميم.....123

المحاضرة الخّامسة عشر: منهجية تطبيق التقوية على الحجارة الأثرية

1. مفهوم التّقوية.....124

2. الهدف من عملية التقوية.....124

3. شروط عملية التقوية.....124

4. مقومات عملية التقوية.....124

5. مواد التقوية المستخدمة.....125

1.5.مواد غير عضوية.....125

2.5.الراتنجات الصناعية.....125

6.طرق تطبيق عملية التّقوية.....126

المحاضرة السّادسة عشر: نموذج للحجارة الكلسية

1.تعريف الحجر.....127

2.التعريف الحجارة الكلسية.....127

3. التركيب الكيميائي.....127

4.خصائص الحجارة الكلسية.....127

5.التكوين الجيولوجي.....128

6.منشأ الصّخور الكلسية.....128

7.مظاهر تلف الحجارة الكلسية.....129

8.مراحل المعالجة.....129

1.8. الفحص والتشخيص.....129

2.8.التنظيف.....130

1.2.8.التنظيف الشوائب العالقة أو الطبقات.....130

2.2.8.ازالة الأملاح.....130

3.2.8.ازالة البقع اللّونية.....130

4.2.8.التنظيف باللّيزر.....131

8.3.مراحل الترميم.....131

خاتمة.....132

قائمة المراجع المعتمدة.....133

فهرس الموضوعات.....140