تحضير المحاليل الكيميائية لمعالجة إزالة الكتابات المشوهة من الآجر الأثري: دراسة تطبيقية على القصر الجنوبي في مدينة بابل الاثرية

م. م أحمد جاسم محمد

جامعة بابل – كلية الآداب – قسم الآثار

.ahmed.jasem@uobabylon.edu.iq810Art

07742277740

الملخص

يعد الاجرأحد أهم مواد البناء الهيكلية المستخدمة في تشييد التراث المعماري القديم، بما في ذلك القصور والمعابد في مدينة بابل الأثرية، حيث كان عنصرًا أساسيًا في الجدران والأعمدة والأرصفة. ورغم متانته، فإن هذا التراث المادي عرضة للتلف نتيجة لتأثيرات العوامل البيئية (مثل التجوية والتعرية) والتدهور البشري. ومن الجدير بالذكر أن الكتابة على الجدران الحديثة على الأسطح الأثرية تُعدّ من أخطر أشكال التخريب، إذ تُشوّه الهوية البصرية والجمالية للمواقع التراثية.ويُعدّ "القصر الجنوبي" في بابل معلمًا معماريًا بارزًا تأثر بالتدخلات الحديثة، حيث شُوهت جدرانه وأعمدته التاريخية بشدة باستخدام الأصباغ والدهانات المعاصرة. وعليه، تهدف هذه الدراسة إلى معالجة هذا التغير اللوني من خلال تركيب مركبات كيميائية متخصصة قادرة على إزالة هذه الأصباغ بأمان. صُمم هذا التدخل الكيميائي لاستعادة المظهر الأثري والثقافي للقصر مع ضمان الحفاظ على بنيته وسلامته الفيزيائية والكيميائية

الكلمات المفتاحية : الاجر ، المسامية ، الخواص الفيزيائية ، هيدروكسيد الصوديوم ، حامض الخليك، فرشاة ناعمة .

Preparation of Chemical Solutions for the Removal of Defacing Graffiti from Archaeological Bricks: An Applied Study on the Southern Palace in the Ancient City of Babylon

Ahmed Jassim Mohammed

College of Arts / Department of Archaeology, University of Babylon

Abstract

Brick is one of the most important structural building materials used in the construction of ancient architectural heritage, including palaces and temples in the archaeological city of Babylon, where it constituted a fundamental element in walls, columns, and pavements. Despite its durability, this material heritage is susceptible to damage due to the effects of environmental factors (such as weathering and erosion) and human-induced deterioration. Notably, modern wall writing on archaeological surfaces is considered one of the most dangerous forms of vandalism, as it distorts the visual and aesthetic identity of heritage sites. The “Southern Palace” in Babylon is a prominent architectural landmark that has been affected by modern interventions; its historic walls and columns have been severely disfigured using contemporary pigments and paints. Accordingly, this study aims to address this chromatic alteration through the formulation of specialized chemical compounds capable of safely removing these pigments. This chemical intervention was designed to restore the palace’s archaeological and cultural appearance while ensuring the preservation of its structure and its physical and chemical integrity.

Keywords: brick, porosity, physical properties, sodium hydroxide, acetic acid, soft brush.

المقدمة

ان اول مادة انشائية استخدمها الانسان بعد اللبن هي الاجر ، ومعظم المؤرخين يتفقون على هذا الرأي ، ومن المعروف ان المستوطنات للإنسان اقيمت في مناطق الأنهار والبحيرات أي من المناطق التي يكون ترابها طيني (غرين)، وبدأ انتاج الاجر مع بداية بناء المستوطنات القديمة ، وهذه المناطق تقع في حوض نهر النيل وبلاد ما بين النهرين دجلة والفرات ، وقد أظهرت الحفريات التي اجريت في هذه المناطق المذكورة ان أهم المعلومات التي ظهرت كانت على أقراص فخارية ومجسمات جدارية ، وهذا يدل على ان انتاج الاجر بدأ منذ ذلك الوقت وأن اهم المعابد والمباني القديمة انشئت آنذاك من هذه الأقراص غير المطبوخة (الاجر) وقد تم تشكيل هذه الأقراص غير المطبوخة التي تشبه الأجرات من حيث الأبعاد يدوياً واعطت مظهرها المعروف ، ولقد تم تحليل هذه الأقراص بكربون 14 وأظهرت النتائج انها صنعت 13,000 عام قبل الميلاد. ونستطيع أن نقول بأن أول اجر تم تشكيله في يد الإنسان كان قبل 15,000عاماً قبل يومنا هذا ، لكن الاجر الذي استخدمه الانسان في تلك العصور القديمة كان غير مطبوخاً بل كانت أقراص محضرة ومجففة بالشمس أي كانت تشبه اللبن المصنوع من الوحل، ولقد دفعت الرغبة الانسان لمواجهة الظروف الطبيعية المحيطة به للبحث عن حلول أخرى، وان اكتشاف النار كان أهم نقطة في التاريخ البشري وربما كان طبخ الفخار الموجود قرب النار البدء الأول للبشرية مع التراب المطبوخ، وقد استخدم الانسان الفخار المطبوخ في صناعة الأدوات والخزفيات التي يحتاجها وحقق تقدم كبير في هذا المجال، وقد كانت نهاية هذه المراحل من التطور في انتاج الاجر المطبوخ في عصرنا الحالي، وبما أن الاجر مصنوع من المواد الطبيعية فإنه يتأثر بالعديد من عوامل التلف ولعل أبرزها التلف بسبب سوء الاستخدام البشري والكتابات والتشويه ويحتاج الى العديد من المعالجات الميكانيكية والكيميائية.

.

المبحث الأول

الآجر لغة"

في اللغة العربية يسمى (طابوق)، وفي اللغة البابلية والفارسية (اجـر)، وفي اللغة المصرية يسمى (الطوب الأحمر المحروق)

تعريف الاجر

وهو من مواد البناء التي تستخدم في بناء الجدران والأسقف المقببة وفي تغطية الأرضيات وتغطية السقوف المائلة والجدران **(الرواي ،عادل عبد الوهاب، 2002، ص45)** .ويتمتع الاجر بسمعة جيدة كمادة بناء تدوم طويلاً ومتنوعة الأشكال وجميلة المظهر، وهذا لا ينفي أن الاجر يتغير مع الزمن إلا أن هذه التغيرات عادة ما تكون طفيفة مثل تغير بسيط في اللون **(داود ، محمود احمد، 2011ص88)** والاجر معروف وقد يختلف من عصر لآخر في أنواعه وأحجامه، وقد استخدم المعمار في بناء البيوت نوعين من الاجر، الأول نوع من الاجر المستطيل الشكل الذي يُفضل من قبل البنائين ويستخدم في بناء الجدران والأسقف بأنواعها. أما الثاني فهو نوع الاجر المربع الشكل (الفرشي) ويستخدم في تغطية الأرضيات والسطوح. ويختلف قياس لون الاجر المستخدم في بيوت الديوانية، إذ يوجد اللون الأصفر الفاتح، ويرجع الفرق في اللون إلى نوع التربة المستخدمة واختلاف درجات الحرارة التي يتم فيها شوي الاجر**(التكريتي ، وميض فاروق، 2008،ص112).**

المادة الأولية لتصنيع الاجر

تغيرت المواد الأولية مع تقدم طرق تصنيع الاجر، فآجر العصور القديمة كان مصنوعا" من طين مشابه للطين الذي استخدم في صنع الأواني، فهو صخر يتكون من معادن الطين مثل (Kaolin)و (Halloysite) ومعادن إضافية مثل(Quartz) و(Feldspar) (سيليكات الألمنيوم) و (Calcite) ، ويتكون الطين المعدني من ذرات لا تتجاوز 2 مايكرومتر، أما المعادن الإضافية فتتراوح بين 2 مم وحتى 3 مايكرومتر(**معروف، طارق صالح ، 2014، ص 73).**

الخواص الفزيائية للاجر

1- الشكل

2- اللون

3- الكثافة

4- درجة الامتصاص

5- المسامية

6- النفاذية

1- الشكل

يتميز الاجر البلدي المحروق (القمائن او "الكُورَة") بأنه ليس له شكل منتظم تماما" وهذا يعود لضعف عملية القوالب أثناء السك وأخطاء الرص وقلة العناية في التعامل وعدم التجانس في الحريق **(Feilden, Bernard، 2003، p142)**. بينما الاجر الأحمر قوالبه منتظمة، زواياه مستقيمة ومتوازية وأسطحه مستوية. أما الاجر القطع السلك، فهو يشبه الاجر الأحمر صب السفرة، ولكن صب وقطع الماكنات الحديثة بسلك رفيع خاص فهو أكثر دقة وانتظاما" في التكوين(**الخطيب، أحمد عبد الرزاق ، 2005، ص 19)** .وهناك عوامل تؤثر على انتظام أبعاد قوالب الاجر، مثل الخواص الكيميائية للطين، وطريقة تحضير الطينة، ودرجات السك والحريق المختلفة. الطينية الطفيلية (سليكات الألمنيوم) عند إخراج المياه المحتوية عليها بوجود الحرارة عندما تكون رطبة، تفقد خاصية الليونة بالتبخير وتتحول إلى مادة صلبة تتقلص وتفسد خلال الحريق. وجود السليكا في الطين يمنحه صلابة ومقاومة للحريق، ويعطيه شكلا" لامعا" . وفي حالة وجود كربونات الكالسيوم في عجينة القوالب بكثرة، تحدث ليونة عند الحريق ويُفقد شكله **(حسن، علي طه، 1999، ص 204).**

2- اللون

يتفاوت لون قالب الطين حسب مكوناته، وتغير الحرارة، ووجود أكاسيد الحديد في الطين. فالقوالب التي لا تحتوي على أكسيد الحديد تكون لونها بعد الحرق أبيض، وإذا كانت كمية الطباشير المخلوط بها قليلة مع الحديد فإن لون القوالب يصبح أسمرا، وإذا قلت كمية الطباشير يصبح اللون رماديا. والطين الذي يحتوي على 8-10 أكسيد الحديد يعطي بعد الحرق لون أزرق، وغالبا ما يصبح أسود إذا زادت كمية أكسيد الحديد عن 10% **(الخطيب، أحمد عبد الرزاق، ص 31.).**

وإذا كان الطين المستخدم في القوالب يحتوي على المغنيسيا مع الحديد فإنه يكتسب لون أصفر (**الخطيب، أحمد عبد الرزاق ، ص 115**). وقد يؤثر على لون القوالب ظروف الحريق إذا استخدمت نار مدخنة، مما يؤدي إلى إنتاج قوالب سوداء تماما **(جيبسون، ماكغواير، 2001، ص 318.).**

2- الكثافة

تعرف الكثافة بأنها وزن حجم محدد من المادة المعدنية الصلبة، ويجب الفصل بين الكثافة الجافة ووزن مجموعات المعادن في وحدة الحجم الكلي، أي المادة الصلبة والفجوات عندما تكون الأخيرة خالية من الماء والكثافة المشبعة أو وزن مجموعات المعادن بالإضافة إلى الماء الموجود في الفجوات في وحدة الحجم الكلي، أي المادة الصلبة والفجوات عندما تكون الأخيرة مملوءة بالماء **(الشافعي، إسماعيل محمد ، 2007، ص 94).**

3- درجة الامتصاص

يعرف محتوى الرطوبة للمادة بأنه النسبة بين الماء الموجود في الفجوات إلى وزن المادة الصلبة الجافة، ويُحسب محتوى الرطوبة الطبيعي بقياس نقص وزن العينة بعد تجفيفها لمدة 12 ساعة في درجة حرارة 105م، ونسبة حجم الماء Vw إلى حجم الفجوات Vv في العينة كما في ميكانيكية التربة تسمى درجة الاشباع (**معروف، طارق صالح ، ص 89).**

4- المسامية

تعرف المسامية بأنها النسبة بين حجم الفجوات الموجودة بالماء والحجم الكلي للعينة ، ويمكن تحديدها بقياس حجم الماء الذي يملأ الفراغات (**مرسي، جابر فهمي، 1995، ص 67)** ، وتعتمد المسامية على شكل حبيبات المعادن وحجمها وترتيبها ، وعلى درجة الضغط والترابط والتوزيع غير المنتظم للحبيبات يميل إلى إنتاج مسامية أقل من التوزيع المنتظم للحبيبات، كما أن وجود الشقوق الصغيرة والفجوات يؤدي إلى زيادة المسامية (**الشافعي، إسماعيل محمد، ص 99).**

5- النفاذية

عندما تحتوي المادة على فراغات متصلة تُعرف بالمواد المنفذة، تعتمد النفاذية على المسامية وحجم الحبيبات والمساحة السطحية لهذه الحبيبات ودرجة لزوجة السائل **(الشاهد، أحمد عبد الفتاح، 2010، ص 55).** وتتناسب النفاذية بشكل مباشر مع نسبة الفراغات والشقوق والتشققات والصدوع والفوالق، لذلك يجب أخذها بعين الاعتبار عند تحديد النفاذية **(الشافعي، إسماعيل محمد ، ص 104)** كما أن النفاذية تتأثر بدرجة الحرارة التي تؤثر بدورها في لزوجة السائل الماء **(الجاسم، عبد الستار رزوقي ، ص 215).**

الخواص الكيميائية للأجر

1- التركيب الكيميائي للأجر

2- المحتوى الملحي

1- التركيب الكيميائي للأجر:

تعتبر المواد الكيميائية للأجر هي المحتوى الذي يعتمد عليه أفضل الأنواع (**Torraca, Giorgio, 1988, p. 14)**، وهي طينة القوالب وهي السليكا 60%، الألومينا أو الطفلة 20% أكسيد الحديد والكالسيوم والماغنسيوم والصودا والبوتاسيوم 20% **(الجاسم، عبد الستار رزوقي، ص 220).** والتركيب المعدني للطينة يتكون من معدن Kaolinite و Illite و Montmorillonite ،هذه المعادن الطينية الثلاثة تحدد بشكل أساسي السلوك الفيزيائي والميكانيكي للتربة ذات الحبيبات الدقيقة، حيث تمثل Kaolinite وIllite و Montmorillonite المجموعات المعدنية الأساسية الثلاث. يتميزKaolinite ببنية شبكية ثابتة بنسبة 1:1 متماسكة معًا بواسطة روابط هيدروجينية قوية، مما يجعلها غير قابلة للتمدد ومستقرة هيكليًا في ظل ظروف الرطوبة المختلفة. في المقابل، يمتلك Illite إطارًا هيكليًا بنسبة 2:1 حيث يتم ربط الطبقات بشكل آمن بواسطة أيونات البوتاسيوم، مما يؤدي إلى خصائص متوسطة مع الحد الأدنى من احتمال التورم. على العكس من ذلك، يتميزMontmorillonite بشبكة 2:1 مع روابط ضعيفة للغاية بين طبقاته، مما يسمح لجزيئات الماء باختراق مساحات الطبقات البينية بسهولة. ونتيجة لذلك، يُظهر Montmorillonite سلوكًا تمدديًا للغاية، ويخضع لتغيرات هائلة في الحجم (قدرة عالية على الانكماش والانتفاخ) عند الترطيب والتجفيف. يعد فهم هذه الاختلافات الهيكلية المتميزة أمرًا بالغ الأهمية، لأنها تحكم بشكل مباشر السلوك الهندسي العياني، والمخاطر الجيوتقنية، والتطبيقات الصناعية للتربة. **(Seeley, Ivor H., 1995 , p 62)** . وتكون الطفلة من السليكا في شكل حبيبات الرمل والألومينا التي تعطي الشكل اللين للطفلة، وتذوب عند الحريق. وهناك بعض المواد الأخرى الموجودة وهي الجير والحديد والمنجنيز والكبريت والفوسفات التي تختلف حسب اختلاف الطفلة **(ICCROM, A Selection of Notes on Brick and Mortar, 2002, p. 81).**

2- المحتوى الملحي:

قد تحتوي طينة قوالب الطين على بعض الأملاح التي تؤثر عليها حيث تسبب انكماشًا فيها، وإذا تعرضت القوالب المصنوعة منها للجو، فإنها تأخذ وقتًا طويلاً حتى تمتص الرطوبة منها، وأملاح كبريتات المغنيسيوم وكبريتات الكالسيوم قد تتسبب في تغير كيميائي، وإذا زادت نسبها تجعلها غير صالحة، ووجود الكبريتات بشكل شائع في الطين خصوصًا إذا لم يحرق بشكل كافٍ ووجودها قد يؤدي إلى تمدد في المباني المبنية بالطين، وذلك بسبب تمدد المونة الرطبة، حيث يصل التمدد إلى 2%، وحوالي 2% في المباني الأسمنتية ويتكرر البلل والجفاف مما يهاجم الكبريتات، حيث تتبلور على السطح على شكل بلورات بيضاء تفسد مظهر الطين، وقد يستمر هذا التبلور لسنوات ويكون ظاهرًا في الربيع ويسمى ذلك بظاهرة التزهر **(مرسي، جابر فهمي ، ص 70)** ، وتحدث عملية التزهر بتراكم الأملاح القابلة للذوبان في الماء خلال مسام الطين على سطحه حيث تتبخر ويبقى فيلم أبيض.

الخواص الكيميائية للأجر

1- خاصية مقاومة الضغط
2- خاصية مقاومة الشد
3- خاصية مقاومة القص

1- خاصية مقاومة الضغط

تعرف بأنها الضغط المطلوب لتكبير عينة من المادة تحت تأثير قوة معينة، وتقدر هذه الخاصية بوحدات الضغط وهي خارج قيمة القوة الكلية على مساحة مقطع العينة. وتعتمد قيمة هذه الخاصية على التركيب المعدني، وحجم الحبيبات، واتجاه القوة المؤثرة، ودرجة تشبع الرطوبة **(معروف، طارق صالح، ص 91)**، وعلى درجة الحرارة، ومحتوى الأملاح القابلة للذوبان، وعلى الشكل والحجم ومحتوى الفراغات **(مرسي، جابر فهمي ، ص 72).**

2- خاصية مقامة الشد

تعرف بأنها الاجهاد المطلوب لتكسير عينة من الاجر تحت تأثير شد محدد **(النجار، سمير مصطفى، 2004، ص 48)**، وهي تشير إلى مدى مقاومة ومتانة عينات الاجر. وقد تم تحديد قيم مقاومة الشد لعينات اجر قديمة صنعت في 1796-1994 وعينات اجر حديثة، ووجد الفرق بينها هو خاصية مقاومة الضغط ومقاومة الشد **(مرسي، جابر فهمي، ص 75).**

3- خاصية مقاومة القص

تعرّف بأنها قدرة الجهد لاجهاد قاص، حيث توضع العينة داخل شقي الأسطوانة على أن يكون شقي الأسطوانة متلامسين وتوضع الأسطوانة وبداخلها العينة في جهاز الاختبار حيث تبدأ القوة بالتأثير على شقي الأسطوانة عند السطح الفاصل بينهما، وبذلك تتعرض العينة لإجهاد قاص **(النجار، سمير مصطفى، ص 50)**، حيث يحدث تغيير في العينة يسمى بالإزاحة (القص) ،**(معروف، طارق صالح ، ص 105).**

الخواص الحرارية للأجر

1- التمدد الحراري

2- التوصيل الحراري

3- مقاومة الحريق

1- التمدد الحراري

هو من الخصائص المهمة لمواد البناء، حيث يبلغ معدل التمدد الحراري للبلاط حوالي 10، وعند تكرار عمليات التمدد الحراري لمعادنه والتي تختلف حسب المعادن المكونة، يحدث ضغط جانبي بسبب الحرارة العالية نهارا"، ويزداد هذا الضغط لدرجة تتجاوز ما يتحمله البلاط فينكسر. وفي حالة الحرارة المنخفضة، تبدأ المعادن بالانكماش وتولد قوة تسحب أجزاء البلاط بعيدا عن بعضها وهي قوة الشد، وقد تزداد هذه القوة مما يؤدي إلى تكسر البلاط **(عبد المقصود، محمد صبري، 2001، ص 312)** ، وظهور الشقوق التي تؤثر على خصائصه الميكانيكية **(الشاهد، أحمد عبد الفتاح، ص 62–64).**

1- التوصيل الحراري

هو قدرة المادة على نقل الحرارة من مكان لآخر، ويعتمد على التركيب الداخلي للمادة وكثافتها، ومحتوى الرطوبة ودرجة حرارة البيئة (**Henry, Alison and Stewart, John, 2011, pp. 115–118**). كما تؤثر خاصية التوصيل الحراري للكتل على انتقال الحرارة للجدران المبنية منها، والتي تعتمد أيضا على المسامية والمحتوى الرطوبي للجدار وفترات تعرضه للشمس –**Massari, Giovanni and Massari, 1993, pp. 45 (52)**، والفرق بين درجات الحرارة بين المبنى ودرجة حرارة الهواء المحيط **(معروف، طارق صالح، ص 122)** وكذلك تعتمد على سرعة الرياح **(معروف، طارق صالح، ص 124)** .

2- مقاومة الحريق

وهي ميزة تعبر عن بقاء المادة قوية وصلبة لفترة معينة عندما تتعرض للنار المباشرة، وتقاس هذه الميزة بعدد ساعات البقاء للمادة المعرضة للنار. بسبب حرق الطوب عند درجة حرارة مرتفعة أثناء تصنيعه، فإنه يوفر مقاومة جيدة للحريق **(معروف، طارق صالح، ص 125).** وتختلف هذه الميزة حسب نوع الطوب، حيث تسجل أعلى مستوياتها في الطوب الطفيلي، بينما الطوب الرملي يعتبر أقل مقاومة، يليه الطوب الإسمنتي **(داود، محمود أحمد، ص 95).**

مراحل تكوين الاجر

1- التشكيل

كان صنع الطوب سابقا يتم يدويا بعد إضافة كميات كافية من الماء على الطين حتى يصبح خليطا لزجا ومتماسكا وطرياً، ثم يوضع في قالب مستطيل الشكل. وقد تطورت أجهزة صناعة الطوب وازداد استخدام آلات البثق، حيث يقوم مكبس بدفع الطين المعالج عبر فتحة قالب خاص يشكل الحدود الخارجية للطوب. وقد لوحظ أن الطوب المصنوع بطريقة العجن باليد يتميز بمسامية أعلى وحجم مسام أكبر من المصنوع بطريقة البثق، مع العلم بأن كبر المسام يساعد الطوب على البقاء لفترة أطول، كما وجد أن المسامية المسموح بها في الطوب الأول أعلى من ذلك في الطوب المبثوق، بسبب اختلاف بنية المسام.

2- الشي

تعتبر مرحلة الشي الخطوة المحورية الهامة في تصنيع الاجر ، فخلال عملية الشي تنقص درجة مسامية المنتج ويتم تشكيل وصلات بين الذرات بالصهر الجزئي وهذه العملية مسؤولة عن اكتساب الاجر قوته ، كما انها مسؤولة عن مقاومة مياه التجمد والذوبان ... الخ. لذا تحدد نوعية ومدة الشي اهم خصائص الاجر **(داود، محمود أحمد، ص 97.).**

خصائص الاجر

ان خصائص الاجر المطلوبة للحصول على التحام جيد في البناء المسامي للسطح ومعدل الامتصاص البدني.

تأثير درجة حرارة الشي

كان أسلوب الشي في البداية بسيطًا، حيث كانت تُصفّ الأجرات فوق بعضها البعض في حقل مفتوح، لتشكّل هذه المصفوفات جدران وسقف الفرن البدائي ومحتوياته. بعد ذلك، يُستخدم الخشب لإشعال النار داخله، مما يؤدي إلى اختلاف خصائص الأجر الناتج تبعًا لدرجة الحرارة. مع مرور الزمن، تطورت تقنيات الشي، وفي أوائل أربعينيات القرن العشرين ظهرت الأفران القمعية التي جاءت لتحل محل الأفران التقليدية. وقد تميّزت هذه الأفران بقدرتها على إنتاج أجر بخصائص متجانسة تمامًا، مع تقليص زمن الشي إلى 30 ساعة فقط بدلاً من الفترة الطويلة التي كانت تصل إلى 5 أيام.

يُلاحظ أن الأجرات المشوية في مناطق ذات درجات حرارة منخفضة تكون طرية وأكثر مسامية، بحيث يمكن خدشها بسهولة باستخدام سكين لينبعث عنها لون برتقالي. أما الأجرات

التي تعرضت لدرجات حرارة عالية، فتكون صلبة جدًا تصل إلى حد قساوة الفولاذ، وتتميز بتراص جيد عند ترتيبها، وغالبًا ما تأخذ لونًا قرمزيًا أو بنيًا قاتمًا أو حتى أسود.

تأثير مدة الشي

كلما طالت مدة الشي، ازدادت قوة وصلابة الأجر مع انخفاض قدرته على امتصاص الماء. بالإضافة إلى ذلك، يحدث تغير في اللون وتزداد درجة التماثل بين خصائص السطح والمركز، ما يعزز من تجانس المنتج النهائية **(معروف ، طارق صالح، ،ص128).**

المبحث الثاني: المنهجية التطبيقية للمعالجة الكيميائية للآجر الأثري

المقدمة:

بالاستناد إلى المواثيق الدولية لحفظ وصيانة الممتلكات الثقافية، تتطلب عملية إزالة التشوهات (Graffiti)والمواد الدخيلة من الجدران الآجرية في القصر الجنوبي لمدينة بابل الأثرية مقاربة

علمية دقيقة. تعتمد هذه المقاربة على مبدأ "التدخل بالحد الأدنى (Minimum Intervention) لضمان عدم إلحاق الضرر بالبنية المجهرية للآجر الأثري أو بطبقة الحماية الطبيعية (Patina).

تم تصميم بروتوكول التنظيف الكيميائي بناءً على تقييم تجريبي متدرج (Gradual Empirical Testing)، بدءاً من تحضير كواشف كيميائية بتراكيز متناهية التخفيف، لضمان تفكيك الروابط الكيميائية للمواد الدخيلة بكفاءة، مع تجنب تحفيز تفاعلات جانبية قد تؤدي إلى تبلور الأملاح (Salt Efflorescence) داخل المسام الآجرية. وتلخص الجداول أدناه الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمواد والأدوات المعتمدة:

جدول (1): الخصائص الفيزيائية والكيميائية للمحاليل والكواشف المستخدمة

ت	المركب الكيميائي	الصيغة الجزيئية	الكتلة g/mol	النقاوة %w	الكثافة 3g/cm
1	حامض الكبريتيك	H2SO4	98.08	96	1.84
2	حامض الفورميك	HCOOH	46.03	98	1.22
3	حامض الخليك	CH3 COOH	60.05	96	1.05

4	هيدروكسيد الصوديوم	NAOH	40.00	98	-

(ملاحظة: قيم الكثافة والكتلة هي القيم القياسية المعتمدة للمركبات لحساب التراكيز الدقيقة

جدول (2): أدوات التطبيق الميكانيكي المساعد

ت	الأداة	المواصفات الفنية	الغرض التطبيقي	الأهمية في التطبيق العملي
1	فرش دقيقة	شعيرات طبيعية ناعمة	تجنب تأكل التحليل الميكانيكي للسطح	تضمن دقة التطبيق الموضعي والوصول الى التجاويف الدقيقة في العينة ، مع توفير حماية كاملة للأسطح الحساسة من الاتلاف الميكانيكي.
2	وسائد اسفنجية	مواد مسامية اصطناعية خالية من الكواشط.	إزالة وتنظيم بقايا المحاليل ونواتج التفاعل الكيميائي.	تعتمد على خاصية الامتصاص الشعري لسحب السوائل بكفاءة عالية مما يضمن تنظيف الاسطح الحساسة بأمان دون تعرضها للخدش او التلف.
3	حوافظ زجاجية	زجاج البور سيليكات المقاوم.	تحضير وحفظ المحاليل الكيميائية النشطة.	تتميز بالخمول الكيميائي والمقاومة العالية، مما يضمن استقرار المحاليل ويمنع حدوث التلوث المتبادل بين العينات والتجارب المختلفة .

جدول (3): النماذج الرياضية والمعادلات المعتمدة في الحسابات التحليلية

ت	العملية الكيمائية	المعادلة الحسابية المعتمدة	الغرض التطبيقي من المعادلة
1	حساب تركيز الحوامض المركزة (الخام).	التركيز = (الكثافة × النقاوة × 10) ÷ الوزن الجزئي	تحديد التركيز الدقيق والابتدائي للحامض المركز.
2	تخفيف المحاليل والحوامض السائلة .	التركيز الأول × الحجم الأول = التركيز الثاني × الحجم الثاني	حساب الحجم الدقيق الواجب سحبه بدقة من المحلول المركز للوصول الى التخفيف المطلوب.
3	حساب اوزان المواد الصلبة القياسية .	الوزن (غرام) = التركيز × الحجم (لتر) × الوزن الجزئي	حساب الكتلة الدقيقة اللازم وزنها من المادة الصلبة مثل (Na OH) لإذابتها وتحضير المحلول .

1. المعالجة الانتقائية لإزالة التشويهات الخطية باللون الأسود (Black Graffiti):

المواد والمركبات الكيميائية: نظراً لطبيعة الركيزة الأثرية والمتمثلة في جدار من الطوب الآجر الفخاري (Baked Brick Substrate)، ولغرض القضاء على التشويه البصري الناجم عن الكتابات باللون الأسود، اعتُمدت طريقة التنظيف المختلط (الكيميائي - الميكانيكي). استُخدم لهذه الغاية محلول حمض الكبريتيك المخفف جداً بتركيز

0.001 M؛ حيث اختير هذا التركيز ليكون بمثابة عامل تفكيك انتقائي يهاجم المركبات الكيميائية المكونة للون الأسود الدخيل ويضعف روابطها الجزيئية، دون أن يؤثر على المكونات المعدنية الأصلية للطوب أو يتسبب في تآكلها.

خطوات وآلية التنفيذ:

تطبيق الكمادات الموضعية لتفكيك اللون (Poulticing): طُبّق المحلول الحمضي حصرياً على مسار الخطوط المكتوبة باللون الأسود عبر تقنية "الكمادات الموضعية". ساعدت هذه التقنية في تركيز المادة الفعالة على الصبغة السوداء مباشرة ومنع استشراف أو انتشار السائل الكيميائي -المحمّل باللون الأسود المذاب- بالخاصية الشعرية إلى مسامات الطوب السليم المحيط. تُرِكت الكمادة لمدة زمنية محددة بلغت خمس دقائق حتى إتمام عملية خلخلة وتفكيك الجزيئات اللونية السوداء.

التنظيف الميكانيكي وإزالة الفائض اللوني: فور رفع الكمادات، أُعقبت المعالجة الكيميائية بتنظيف ميكانيكي دقيق باستخدام إسفنج خامل كيميائياً (Chemically Inert Sponge) عبر حركات دائرية خفيفة المنتظم، وذلك لالتقاط بقايا اللون الأسود المفكك وإزاحتها تماماً عن السطح، مع الحذر التام لتجنب حدوث أي كشط في القشرة الخارجية للآجر.

التحييد والغسل النهائي (Neutralization & Rinsing): لضمان الاستقرار الكيميائي وتأكيد المحو التام لأي ظلال أو هالات متبقية من اللون الأسود (Ghost Images)، خضع السطح لعملية غسل غزير ومكثف باستخدام الماء المقطر. فضلاً عن دور هذا الغسل في التخلص النهائي من بقايا اللون، فقد حقق التحييد الكامل لأي نشاط حمضي متبقٍ قد يهدد سلامة الجدار مستقبلاً، وجاءت النتيجة بإعادة السطح إلى مظهره الأصلي الخالي تماماً من التشويه اللوني الأسود، كما هو موثق في الشكل (1).

الشكل (1) يوضح طريقة العمل قبل وبعد التنظيف

قبل التنظيف

بعد التنظيف

ثانياً: معالجة التشويهات الخطية باللون الأزرق (Blue Graffiti)

المواد والمركبات الكيميائية: نظراً للطبيعة الفيزيائية والكيميائية الخاصة بالمركبات الرابطة والملونة الداخلة في تركيب الأصباغ ذات اللون الأزرق، والموجودة على واجهة دعامة العقد من الطوب الآجر الفخاري (Baked Brick Substrate)، اعتُمدت طريقة التنظيف المختلط (الكيميائي - الميكانيكي) باستخدام حمض الفورميك (Formic Acid). اختير هذا الحمض العضوي لقدرته العالية على تخلخل وإذابة السلاسل البوليمرية للأصباغ الزرقاء الحديثة دون التسبب في إجهاد كيميائي أو تفتيت للبنية المعدنية للآجر الأثري.

خطوات وآلية التنفيذ:

تطبيق المعالجة بالكمادات التشريبية (Poulticing Method): وُضع الحمض مباشرة على النطاق الجداري المعرض للتشويه اللوني الأزرق، واستُخدمت تقنية "الكمادات الموضعية" بواسطة قطعة إسفنجية خاملة كيميائياً مشبعة بالحمض؛ وذلك لضمان تركيز المادة الفعالة على الصبغة المستهدفة حصراً، وللحد من هجرة الحمض المحمل باللون المذاب بالخاصية الشعرية إلى عمق مسامات الطوب السليم المحيط. تُرِكت الكمادة الموضعية لتتفاعل لمدة زمنية محددة بلغت عشر دقائق لخلخلة قوى الالتصاق بين الصبغة والسطح الأثري.

التنظيف الميكانيكي الدقيق (Micro-Mechanical Cleaning): فور رفع الكمادات، استُخدمت فرشاة ناعمة الشعيرات (Soft-Bristled Brush) لفرك السطح المصاب بحركات دائرية خفيفة ومنتظمة. هدفت هذه الخطوة إلى فصل البقايا الدقيقة للون الأزرق المفكك من بين نتوءات الطوب ومساماته الصغرى، دون إحداث أي خدش أو كشط ميكانيكي في القشرة الخارجية الأصلية للآجر.

التحييد والتطهير النهائي (Neutralization & Rinsing): أُعقبت العملية بغسل السطح غسلاً غزيراً باستخدام الماء المقطر، وذلك لإزالة آخر بقايا الهالات اللونية (Ghost Images) وضمان التحييد الكامل لأي نشاط حمضي متبقٍ داخل الفواصل والملاط البيني لإعادة السطح لحالة الاستقرار، وتظهر حالة الجدار المستهدف قبل التدخل وعملية التنظيف في الشكل (2).

الشكل (2) يوضح طريقة العمل قبل وبعد التنظيف

قبل التنظيف

بعد التنظيف

ثالثا": معالجة التشويهات الخطية باللون الجوزي(Brown Graffiti)

المواد والمركبات الكيميائية :استمراراً لاستراتيجية التدخل التدريجي المحافظ على النسيج الأثري، جرى التعامل مع نمط آخر من التشويهات البصرية المتمثلة في **الكتابات المنفذة باللون الجوزي (البني)** على أسطح **الطوب الآجر الفخاري** .**(Baked Brick Substrate)** اعتُمدت في هذه المرحلة آلية التنظيف المختلط (الكيميائي - الميكانيكي) باستخدام **حمض الخليك(Acetic Acid)** ؛ حيث جرى اختيار هذا الحمض العضوي الضعيف لقدرته الانتقائية العالية على حل وتفكيك المواد الرابطة والملونة المكونة للون الجوزي، مع ضمان المحافظة التامة على المكونات الفيزيائية والحبيبية للآجر دون تعريضه لخطر التآكل أو التفتت.

خطوات وآلية التنفيذ:

1. **التطبيق الموضعي بالكمادات الكيميائية :(Poulticing Method)** طُبّق الحمض مباشرة على أجزاء الجدار المتأثرة بالكتابات الجوزية. استُخدمت تقنية "الكمادات الموضعية" عن طريق تشريب قطعة إسفنجية خاملة كيميائياً بالحمض، وذلك لتأمين التلامس المستمر والمباشر بين المادة الكيميائية والصبغة المستهدفة، ولتجنب انتشار الحمض المحمل باللون المذاب بالخاصية الشعرية إلى مسامات الآجر السليم المحيط. تُركت الكمادة الموضعية لتتفاعل مع المركب اللوني لمدة زمنية محددة بلغت **عشر دقائق** حتى تفككت قوى الالتصاق بين الصبغة والسطح الأثري.
2. **التنظيف الميكانيكي اليدوي الدقيق :**فور رفع الكمادات الإسفنجية، بوشر بعملية تنظيف ميكانيكي حذر ومحكوم باستخدام **فرشاة (Mechanized/Soft Brush)** عبر حركات دائرية مرنة ومنتظمة. هدفت هذه الخطوة إلى زحزحة بقايا الصبغة الجوزية المفككة واستخراجها من الفراغات والنتوءات الدقيقة لسطح الطوب، مع اتخاذ أعلى درجات الحيطة لعدم إحداث أي كشط ميكانيكي أو خدوش في القشرة الخارجية الأصلية للآجر.
3. **التحييد والغسل النهائي :(Neutralization & Rinsing)** لضمان استقرار السطح الأثري وتطهيره بالكامل، خضعت المنطقة المعالجة لغسل غزير ومكثف باستخدام **الماء المقطر** .كفل هذا الغسل إزالة آخر البقايا أو الهالات اللونية المتبقية(Ghost Images) ، بالإضافة إلى التحييد التام لأي بقايا حمضية نشطة داخل مسامات الطوب والملاط البيني قد تسبب تملحاً مستقبلياً، وجاءت النتيجة بإعادة السطح إلى مظهره الأصلي المتجانس، والنتائج موثقة قبل التدخل والتنظيف في **الشكل.(3)**

الشكل (3) يوضح طريقة العمل قبل وبعد التنظيف

قبل التنظيف

بعد التنظيف

الاستنتاجات

1- الاجر هو من مواد البناء التي تستخدم في انشاء الجدران والسقوف وهو مادة بناء طويلة البقاء مع الزمن وان الاجر يتغير تبعا" للزمن حيث يكون تغيرا طفيفا في اللون وهو مادة شديدة الجاذبية من حيث البناء

2- هناك خواص كيميائية وفيزيائية تؤثر على الاجر

3- يتعرض الاجر لعوامل التلف من العوامل الطبيعية وارتفاع وانخفاض درجات الحرارة والرطوبة وكذلك الابخرة الناتجة من دخان المصانع والسيارات وتتعرض لعوامل التلف المعتمد والترميم مثل استخدام مواد في عملية الترميم عدم معرفة المرمم بمكوناتها.

4- إضافة الى استنتاجاتنا السابقة توصلنا الى ان المحاليل الكيميائية لها القدرة على ترميم وصيانة التلف الناتج عن تلك العوامل الخارجية وان استخداماتها بتراكيز مناسبة يمكنها من إزالة كافة العوالق والبقع والتاكل الذي يصيب (الاثار المصنوعة من الاجر) دون التاثير على المواد الداخلية في تركيبها وفق المعالم الاثارية والتاريخية لها.

الخاتمة

وفي ختام هذه الدراسة التطبيقية، تم بحمد الله وضع ومنهجة بروتوكول علمي آمن لمعالجة وتنظيف الآجرّ الأثري في القصر الجنوبي لمدينة بابل الأثرية. وقد ركّزت الجهود الميدانية والمخبرية على إزالة التشويهات والكتابات اللونية والزيتية الناتجة عن السلوكيات البشرية المعتمدة، والتي أدت إلى طمس المعالم التاريخية والتراثية العريقة للموقع. ولتحقيق أعلى معايير الحفاظ الأثري المعتمدة دولياً، تم تطبيق أسلوب التنظيف المختلط الذي يدمج بين الأدوات الميدانية الناعمة (كالفرش والإسفنج الخامل في تطبيق الكمادات الموضعية) والمركبات الكيميائية المحضرة بتراكيز دقيقة وحرجة؛ حيث شملت حوامض مخففة (حامض الكبريتيك، حامض الفورميك، وحامض الخليك)، وقاعدة هيدروكسيد الصوديوم للأصباغ المستعصية. وقد جرت آلية التنظيف بحركات دائرية مرنة لضمان استخراج جزيئات الصبغة من المسامات، واختُتمت العمليات بـالتحييد التام والغسل الغزير بالماء المقطر. وبناءً على قياسات أس الهيدروجيني (pH) التي أكدت تعادل السطح، فإن هذا العمل يضع بين أيدي الباحثين والمرممين دليلاً تطبيقياً فاعلاً لحماية وصيانة المباني الآجرية في المواقع الأثرية المتأثرة بالتخريب البصري المعاصر.

أولاً: المصادر العربية

1. التكريتي، وميض فاروق، عمارة البيوت التراثية في المدن العراقية، (أطروحة دكتوراه غير منشورة)، كلية الهندسة، جامعة بغداد، 2008.
2. الجاسم، عبد الستار رزوقي، ميكانيكا التربة وهندسة الأسس، مطبعة جامعة بغداد، بغداد، 1991.
3. جيبسون، ماكغواير، الآثار والصناعات القديمة في بلاد الرافدين، ترجمة: حيدر أحمد اللامي، بيت الحكمة، بغداد، 2001.
4. حسن، علي طه، خواص وتكنولوجيا الفخار والآجر الأثري، ط1، الهيئة المصرية العامة للكتاب، القاهرة، 1999.
5. الخطيب، أحمد عبد الرزاق، مواد البناء التقليدية وتطبيقاتها الإنشائية، دار الراتب الجامعية، بيروت، 2005.
6. داود، محمود أحمد، صيانة وترميم المباني الأثرية والتراثية، ط2، دار الفجر للنشر والتوزيع، القاهرة، 2011.
7. الراوي، عادل عبد الوهاب، تكنولوجيا الطابوق الفخاري (الآجر) في العمارة الإسلامية، ط1، دار الشؤون الثقافية العامة، بغداد، 2002.
8. الشافعي، إسماعيل محمد، الجيولوجيا الهندسية وميكانيكا التربة للمنشآت الأثرية، دار المعرفة الجامعية، الإسكندرية، 2007.

9. الشاهد، أحمد عبد الفتاح، علاج وصيانة الآثار الفخارية والآجر بالطرق الكيميائية، (رسالة ماجستير غير منشورة)، قسم الترميم، كلية الآثار، جامعة القاهرة، 2010.

10. عبد المقصود، محمد صبري، جغرافية وتضاريس سطح الأرض، دار الفكر العربي، القاهرة، 2001.

11. مرسي، جابر فهمي، مبادئ الجيولوجيا التطبيقية، دار النهضة العربية، القاهرة، 1995.

12. معروف، طارق صالح، صيانة الأبنية التاريخية وتأهيلها، منشورات الهيئة العامة للآثار والتراث، بغداد، 2014.

13. النجار، سمير مصطفى، خواص المواد واختباراتها الهندسية، دار الكتب العلمية، بيروت، 2004.

ثانياً: المصادر الأجنبية

1. Feilden, Bernard M., Conservation of Historic Buildings, 3rd Edition, Architectural Press, Oxford, 2003.

2. Henry, Alison and Stewart, John, Practical Building Conservation: Earth, Brick and Terracotta, Ashgate Publishing, London, 2011.

3. ICCROM, A Selection of Notes on Brick and Mortar Conservation, Rome, 2002.

4. Massari, Giovanni and Massari, Ippolito, Damp Buildings Old and New, ICCROM, Rome, 1993.

5. Seeley, Ivor H., Building Technology, 5th Edition, Palgrave Macmillan, London, 1995.

6. Torraca, Giorgio, Porous Building Materials: Science for Conservation, 3rd Edition, ICCROM, Rome, 1988.

ترجمة المصادر العربية

Jaafar, Zain al-Abidin Musa, Traditional Baths in Iraq, Unpublished -1
.1995Master's Thesis, College of Arts, University of Baghdad, Baghdad,
.1997Imran, Hazar & George Daboura, Heritage Buildings, Damascus, -2
Obaid, Wafa Kamel, Planning and Architecture of Heritage Houses in Holy -3
.2015Karbala, Unpublished Master's Thesis, University of Baghdad, Baghdad,
Abdullah, Ibrahim Muhammad, Treatment and Maintenance of Buildings, -4
.2011Samarra University, Samarra,
Abdel Gawad, Tawfiq Ahmad & Muhammad Tawfiq Abdel Gawad, -5
.1969Building Materials and Construction Methods in Buildings, Cairo,
th ed., Al-Amiriya Press, 5Saleh, Hussein Muhammad, Building Materials, -6
.1957Cairo,
Lucas, Alfred, Materials and Industries among the Ancient Egyptians, -7
translated by Zaki Iskandar & Muhammad Zakaria, Dar Al-Kitab Al-Arabi,
.1945Cairo,
Duncan, N., Engineering Geology and Rock Mechanics, translated by -8
Kenana Muhammad Thabet, Muhammad Alaa al-Din Hamidi & Zuhair Mu
.1980Fathi, Baghdad,
Mousa, Fakhri; Mohib al-Din Hussein; Hassan Fahmy; & Sayyed Saleh, -9
.1979th ed., Dar al-Maaref, Cairo, 5Applied (or Parametric) Geology,
Al-Banna, Abdel Fattah, Treatment and Conservation of Stone Antiquities, -10
Unpublished Master's Thesis, Department of Restoration, Faculty of
.Archaeology, Cairo University, n.d
Al-Qasabi, Al-Sayyid Abdel Fattah, Soil Mechanics, Dar Al-Kutub Al- -11
.1993Ilmiyyah Publishing House, Cairo,
Abdul Nabi, Mahmoud & Salah al-Din al-Nahwi, Properties of Matter for -12
.Engineering Students, Cairo, n.d
.1977Metwally, Muhammad, The Face of the Earth, Cairo, -13
Al-Banna, Abdel Fattah, Treatment and Conservation of Stone -14
Monuments, Unpublished Master's Thesis, Department of Restoration,
Faculty of Archaeology, Cairo University, n.d