

تقوية الحجارة الأثرية وأساليب تطبيق المقويات

Consolidation of Archaeological Stones and Methods of Applying Consolidants

بدر الدين بلعبيود

BELAIBOUD Badreddine

جامعة الجزائر 02، badreddine.belaiboud@univ-alger2.dz

تاريخ النشر: 2023/01/22

تاريخ القبول: 2023/01/12

تاريخ الاستلام: 2022/05/08

الملخص: تتعرض الحجارة الأثرية للعديد من أنواع التلف، ويعتبر فقدان تماسك عناصرها الفلزية من أهم الأسباب التي تؤدي إلى ضياع المادة الأصلية وضياع معطيات أثرية وفنية من سطح الحجارة الأثرية خاصة التي تحمل كتابات أو نقوش أو رسوم، في وقت ليس ببعيد كانت الحجارة المتلفة والفاقة لبعض خصائصها تُستبدل بأخرى لها مميزات قريبة من الحجارة المزاحة، لكن في العشريات الأخيرة ظهرت إرادة قوية للحفاظ على المواد الأثرية الأصلية، ولهذا الغرض طبقت العديد من تقنيات ومواد لتقوية الحجارة. إلا أن أغلبها لديها سلبيات تجعل منها غير فعالة، ويعتبر التغلغل الضعيف وغير المتجانس من بين أهم السلبيات، يرتبط التغلغل بعدة عوامل منها نوع وطبيعة الحجارة المعالجة وبطبيعة المادة المقوية وطريقة تطبيقها وفي بعض الأحيان ترتبط العملية بعوامل مرتبطة بالنوع التلف ودرجته وانتشاره.

الكلمات المفتاحية: حجارة أثرية؛ تقوية؛ مواد مقوية؛ فقدان التماسك؛ مسامية

Abstract: Archaeological stones are exposed to many types of damage, the loss of cohesion of mineral elements is one of the most important reasons that lead to the loss of the original material and the loss of archaeological and technical data, especially on the surface of stones bearing writings, inscriptions or designs. In recent decades there has been a strong desire to preserve the original archaeological materials, and to this end many techniques and materials have been applied to consolidate the stones. However, most of them have drawbacks that make them ineffective, including weak and heterogeneous penetration. Penetration is related to several factors, including the type and nature of the stones being treated, the nature of the product used and the method of application, and sometimes the process is related to factors related to the type, degree and spread of the damage.

Keywords: Archaeological stone; consolidation; Consolidants; Disintegration; Porosity.

المؤلف المرسل: بدر الدين بلعبيود ، الإيميل: belaiboud.badrou@gmail.com

1. مقدمة:

إن الحفاظ على الحجارة الأصلية الفاقدة لتمامها يستدعي تدخلا لإعادة ربط عناصرها وهذا ما يعرف بالتنقية، وتعتمد هذه العملية على إدخال مادة مقوية في نسيج الأجزاء المتلفة للحجارة لتؤدي دور الملاط الذي يقوم بربط العناصر الفلزية فيما بينها، ويستعمل لهذا الغرض العديد من مواد التنقية، إلا أن أغلبها لديها سلبيات تجعل منها غير فعالة، ويعتبر التغلغل الضعيف وغير المتجانس من بين أهم السلبيات، يرتبط التغلغل بعدة عوامل منها نوع وطبيعة الحجارة المعالجة وبطبيعة المادة المقوية وطريقة تطبيقها وفي بعض الأحيان ترتبط العملية بعوامل مرتبطت بالنوع التلف ودرجته وانتشاره، تختلف أشكال ومظاهر تلف الحجارة بحسب أنواعها وخصائصها الفيزيائية والكيميائية والميكانيكية، وترتبط التغيرات التي تطرأ على الحجارة بطبيعة عوامل التلف ودرجة ومدة تأثيرها، هناك عدة أنواع من تلف الحجارة الأثرية، في هذا البحث نتناول فقط الأنواع التي تؤدي إلى فقدان تماسك العناصر الفلزية المشكلة للحجارة، وفيما يلي نذكر أهم مظاهر هذا النوع من التلف الذي يمكن مشاهدته على سطح الحجارة.

2. تعريف عملية التنقية

تؤدي بعض الأنواع من التلف إلى فقدان تماسك العناصر الفلزية المكونة للحجارة، وعادة ما تظهر على السطح شقوق دقيقة وفي بعض الحالات يصبح قابلا للتفتت إلى عمق معين، ما يستوجب القيام بعملية تنقية التي تهدف إلى: (Tobasso, 1982, p. 224)

- إعادة تماسك الحجارة المتضررة.
 - ضمان الالتحام بين الأجزاء الهشة والأجزاء السليمة.
 - زيادة المقاومة الميكانيكية للأجزاء المعالجة للحجارة.
- وبالمقابل لا يجب على عملية التنقية أن تحدث تغيرات في خصائص أخرى مثل: (Domasloswski, 1982, p. 135)

- عدم التأثير المعتبر على نفاذية بخار الماء بحيث التغير في معامل النفاذية لا يجب أن يتعدى 20 %
- عدم تغيير في التمدد الحراري والمائي للحجارة
- عدم تغيير في مظهر الحجارة: لون، لمعان
- عدم تعميق في درجة التلف أو ظهور تلف جديد نتيجة مواد ثانوية ناتجة عن تفاعلات كيميائية للمادة المقوية

بالنسبة للمباني والمواقع الأثرية وفي وقت ليس ببعيد كانت الحجارة التي تعرضت للتلف تستبدل وتعوض بحجارة أخرى لها خصائص شبيهة بالحجارة المزاحة، لكن في العشريات الأخيرة ظهرت إرادة قوية للحفاظ على المواد الأثرية الأصلية، ولهذا الغرض أجريت العديد من الدراسات والأبحاث وطبقت العديد من التقنيات والمواد التي تهدف لتقوية الحجارة الهشة، التي تهدف في الأساس إلى إعادة تماسك العناصر الفلزية للحجارة ومنع استمرار فقدان المادة الأثرية، وتدخل عملية التقوية في الإطار العام لترميم الحجارة إذ لا يمكن عزل هذه الخطوة عن باقي العمليات والتدخلات.

يجب على المادة المقوية أن تتغلغل بشكل جيد حتى يتم إعادة تماسك العناصر الفلزية فيما بينها، وأن تتغلغل في عمق الحجارة إلى أن تصل إلى حدود الأجزاء السليمة منها كي تضمن إعادة تماسك الأجزاء الهشة التي يمكنها أن تنفصل بسهولة، أما إذا كان فقدان التماسك يصل إلى نواة الحجارة ففي هذه الحالة يجب أن يكون تغلغل كلي للمقوي، يكون التغلغل سهلاً نوعاً ما بالنسبة للمادة الأثرية المنقولة حيث يمكن نقلها للمخبر وعلاجها بطرق مناسبة، كما يمكن زيادة في فعالية العملية إذا تمت ذلك في وسط مفرغ من الهواء، عكس الحجارة المشكلة للعناصر المعمارية التي لا يمكن نقلها. ترتبط ظاهرة التغلغل بعدة عوامل منها: (Torraca, 1986, pp. 78,

119)

- الهندسة المسامية للحجارة وخصائصها.

- الخصائص الفيزيوكيميائية للمادة المقوية: تركيبها الكيميائي، وزنها الجزيئي، آلية تفاعلها.

- الخصائص الفيزيوكيميائية للمذيب: تركيبته الكيميائية، كثافته، لزجته، ضغطه السطحي.

- طريقة تطبيق المقوي، مدة هذا التطبيق وطبيعة الشروط المحيطة أثناء القيام بالعملية.

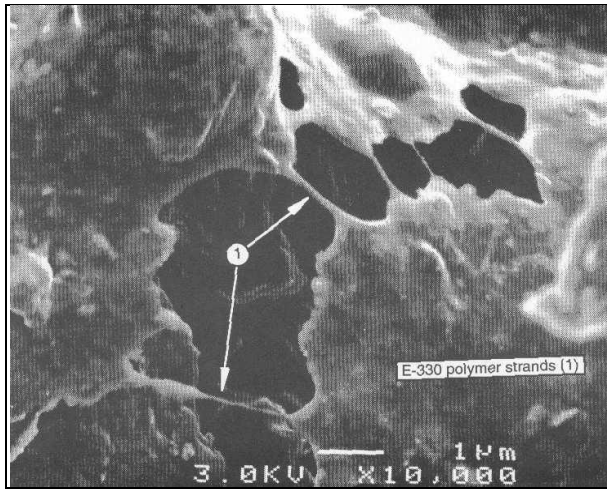
غالباً ما تؤدي عملية التقوية إلى خفض في مسامية الحجارة، قد يكون هذا الخفض جزئياً أي بمسامية متبقية كبيرة أو كلي بمسامية متبقية صغيرة، يرى بعض الباحثين أنه من الناحية النظرية يفضل الحصول على الحالة الثانية أي خفض كلي للمسامية الأولية، لأن حالات كثيرة من التلف مرتبطة بالفراغات الموجودة داخل الحجارة التي تعتبر فضاء لحركة الماء وتبلور الأملاح وتجمد الماء، لكن من الصعب الحصول على خفض متجانس للمسامية، مما قد يشكل خطر احتباس الماء في المسامات التي لم تصلها المادة المقوية بحيث لا يمكن لهذا الماء أن يتحرك أو يتبخر، ويحدث عندئذ ضغط ميكانيكي على جدران المسامات، لذا يطبق حالياً خفض جزئياً للمسامية الذي ينقص من نفاذية الحجارة للماء، وفي نفس الوقت يحافظ على نفاذية البخار من وإلى المادة

الحجرية. (Doehne & Clifford, 2010, p. 35)

هناك عدة معايير تؤخذ بعين الاعتبار عند اختيار المادة المقوية، فعلى سبيل المثال عازلية المادة المستعملة للرطوبة، ولكن ليست كل المواد المقوية بالضرورة مادة عازلة للرطوبة (Hydrofuge)، يمكن ضمان هذه الخاصية باستخدام مواد للحماية تطبق على سطح الحجارة بعد العلاج، إن التوزيع الجيد والمتجانس للمحلول المطبق وعدم تشكل مواد ثانوية خطرة بعد تفاعله تعتبر أيضا معايير أساسية عند اختيار المادة المقوية، أما في ما يخص الإرجاعية (Réversibilité) فيمكن اعتبارها إلى حد ما معيار نظري ونسبي، فعند تغلغل أي مادة في الشبكة المسامية للحجارة والتحامها مع مكوناتها الفلزية فإنه من الصعب إزالتها بشكل نهائي. (Doehne & Clifford, 2010, p. 36)

من بين الإشكاليات الأساسية لعملية التقوية هي كمية المادة المقوية اللازمة لضمان تقوية جيدة، يرى بعض الباحثين أن الطريقة المثلى لعملية التقوية تكمن في وصل العناصر الفاقدة للتماسك عن طريق جسور عادة لا يتعدى أبعادها 50-80 µm (الصورة رقم: 01)، فعند تطبيق كمية قليلة من المادة المقوية تترتب على ذلك تقوية ضعيفة (Sous-consolidation) لا تؤدي إلى العلاج المناسب، وفي المقابل يترتب عن تغلغل كمية كبيرة من المقوي تقوية مضاعفة (Sur-consolidation) حيث يكون سد معظم مسامات الأجزاء المعالجة ما يشكل خطرا، لكن بالرغم من ذلك يبقى مبدأ التطبيق بالتشبع الأكثر تطبيقا في انتظار دراسات وأبحاث حديثة تعالج إشكالية التغلغل المتجانس للمقوي في الشبكة المسامية للحجارة المعالجة. (Doehne & Clifford, 2010, p. 36)

الصورة رقم 01: صورة مجهرية (MEB) تبيين جسور من المادة المقوية تربط عناصر الحجارة المعالجة



المصدر: (Hartzler (R.) 1996)

3. تاريخ أعمال التقوية

لعل من أولى التطبيقات على الحجارة في إطار عمليات التقوية كانت خلال القرن 16م، وهذا بوجود أدلة وشواهد مادية أثبتتها بعض الدراسات، لكن الأكيد أن هذه العملية كانت تستعمل منذ فترات قديمة تقوم على تشريب الحجارة بزيت الكتان الساخن، وأظهرت هذه الطريقة بعض النتائج الحسنة لكن من بين سلبيات تطبيق هذه المادة تكمن في تغير لون الحجارة المعالجة في غضون سنوات قليلة بالإضافة إلى التغلغل الضعيف للزيت، (Torraca, Philosophie générale de la conservation de la pierre, 1982, p. 218) كما أن هذا الأخير يشكل مادة مغذية للعديد من الكائنات الحية التي يمكنها أن تسبب في تلف إضافي للحجارة.

منذ منتصف القرن التاسع عشر استعملت العديد من المواد الذي كان الهدف منها تقوية الحجارة ومواد أخرى كالأخشاب والفخار والملاط، وفيما يلي سنحاول عرض أهم المواد وطرق تطبيقها والباحثين الذين وضعوها وفق تسلسل زمني:

- 1850 استعمل الباحث الألماني "فيش" (Fuchs) السيليكا على شكل سائل لتقوية وحماية الحجارة الفاقدة لخصائصها الميكانيكية، تتشكل المادة الفعالة وهي السيليس المميّه (Silice hydratée) وفق المعادلة الكيميائية التالية: (Ozturk, 1992, p. 05)



سيليكا الصوديوم

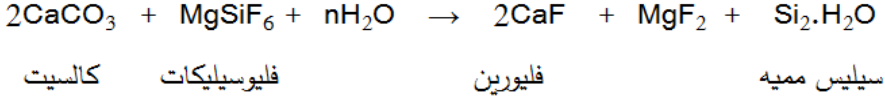
سيليس مميّه

- 1861 كان أول استعمال لسيليكا الإيثيل (Silicates d'éthyle) في مجال صيانة الحجارة من طرف بروفيسور الكيمياء العضوية الإنجليزي "هوفمان" (Hoffman). (Ozturk, 1992, p. 10)

- 1862 سجل الباحث "شيرش" على براءة استعمال محلول هيدروكسيد الباريوم (Hydroxyde de barium) الذي كان يسمى الباريت (Barite) لحماية وتقوية الحجارة. (Lewin, 1982, p. 226)

- 1890 كانت بداية استعمال الفليوسيليكا (Fluosilicates)، وتعتمد هذه الطريقة التي جربها أول مرة الباحث "كيسلر" (Kessler) على تشريب الحجارة المتلفة في ماء الكاولين (Kaolin) وهو عبارة عن غضار أبيض اللون ثم وضعها في حمض الفلوروهيدريك (Acide fluorhydrique) (HF)، هذه الطريقة استعملت لعدة سنوات إلا أنه بعد مرور مدة زمنية يظهر تلف تحت الطبقة السطحية قد يؤدي إلى نتائج وخيمة (Ozturk, 1992, p. 06)، طبقت هذه المادة مباشرة بعدما تمكن الباحثون من إنتاجها اصطناعيا، فبالإضافة لمفعول التقوية فإن

الفليوسيليكا لها تأثير سام على الكائنات الحية ما يساهم على وقاية الحجارة من التلف البيولوجي، تتشكل المادة المقوية (السيلييس المميّة) وفق المعادلة الكيميائية التالية (Torraca G. , Lectures on Materials Science for Architectural Conservation, 2009, p. 177)



- 1907 تم إعادة تطبيق محلول هيدروكسيد الباريوم على العديد من الحجارة وأيضاً على لوحات من الإفريسك، وقال بعض الباحثين حينها: " لم نتلق أي فشل عند تطبيق البارييت على الحجارة الكلسية". (Lewin, 1982, p. 225)

- 1924 سجلت براءة لطريقة تقوية تقوم على تشريب الحجارة بناتج تفاعل الكحول الإيثيلي مع رباعي كلوريد الصوديوم (Tétrachlorure de Sodium)، وسمي هذا المنتج الجديد بالسليكون (Silicone). (Torraca G. , Philosophie générale de la conservation de la pierre, 1982, p. 219)

- 1926 تم تسجيل براءة استعمال سيليكا الإيثيل من طرف الباحث "لوري" (Laurie). (Ozturk, 1992, p. 54)

بعد الحرب العالمية الثانية أجريت العديد من عمليات الترميم جراء ما خلفته الحروب من دمار وتخريب للتراث، ورافقت هذه العمليات دراسات واختبارات تقنية وعلمية أعطت نتائج مشجعة، حيث تمكن الباحثون من اختبار وتطبيق البحوث النظرية، من خلال الدراسات التي أجريت آنذاك تبين ما يلي: (Torraca G. , Philosophie générale de la conservation de la pierre, 1982, p. 220)

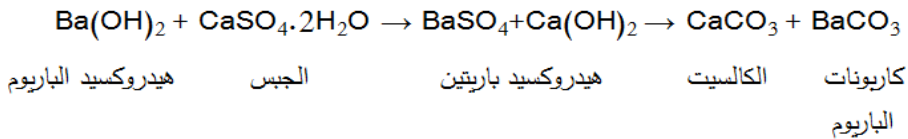
- تسارع وتيرة التلف يرتبط طردياً مع وجود الأملاح القابلة للذوبان في الشبكة المسامية للحجارة
- يزيد التلف بشكل كبير سواء في الوسط الحمضي أو القاعدي
- ترتبط سرعة التلف طردياً بدرجة إستطراب الأملاح الموجودة في الحجارة
- كمية الرطوبة الموجودة في الشبكة المسامية مرتبطة أساساً بالرطوبة النسبية للجو

كما كانت فترة ما بعد العالمية الثانية البداية الفعلية لإستعمال الراتنجات الإصطناعية (Résines synthétiques)، بداية بالايوكسيد (Epoxydes) وخلات البوليڤينيل (Acétates de polyvinyle)، وبعدها جَرَب الأكريليك (Acryliques) والسيلان (Silane) والسليكون.

- 1947 رد الباحث "أركيل" على من دافع على إستعمال كربونات الباريوم بالقول: "إن العديد من العلاجات الكيميائية لاقت نجاحا باهرا، ولكن تبين أنها غير فعالة بمرور الزمن كما هو الحال بالنسبة للباريت". (Torraca G. , Philosophie générale de la conservation de la pierre, 1982, p. 221)

- 1959 طبق أورثوسيليكات الإيثيل الرباعي (Orthosilicate de tétraéthyle) على صعيد واسع فقد أعطى نتائج إيجابية، ولكن بعد عدة سنوات ظهرت عدم فعاليتها، كما أجريت أبحاث ودراسات نصحت بعدم استعمال هذه المادة المقوية.

- 1966 طبقة لأول مرة طريقة "فورونتين" (Forentine)، والتي تعتمد على تطبيق هيدروكسيد الباريوم $Ba(OH)_2$ وذلك وفق الطريقة التالية: (Torraca G. , Philosophie générale de la conservation de la pierre, 1982, p. 221)



في المرحلة الأولى يتفاعل هيدروكسيد الباريوم مع الجبس معطيا البارتين (Barytine)، وهو عبارة عن كبريتات الباريوم (Sulfates de baryum) غير القابل للذوبان، وكمرحلة ثانية يتفاعل كبريتات الباريوم مع هيدروكسيد الكلسيوم (Hydroxyde de calcium) مشكلا كربونات الباريوم (Carbonates de baryum) قليل الذوبان وهي المادة المقوية، من بين أهم مساوئ هذه الطريقة هي إمكانية ظهور بقع بيضاء على الحجارة المعالجة. (Doehne & Clifford, 2010, p. 38)

- 1966 قام "لوين" (Lewin) باقتراح إعادة استعمال محلول هيدروكسيد الباريوم بعد مراجعة الصيغة المطبقة، الاقتراح الأول لـ "لوين" كان استعمال محلول متجانس من هيدروكسيد الباريوم ومادة اليوريا (Urée)، يطبق المزيج عبر طريقة الغمر. (Ozturk, 1992, p. 09)

- 1967 قامت مخابر ألمانية بدراسات حول تطبيق مادة ألكوكسي سيلان (Alkoxysilane) كمادة مقوية، وأعطت هذه الدراسات نتائج إيجابية ساهمت في انتشار تطبيق هذه المادة خاصة لعلاج الحجارة الرملية. (Ozturk, 1992, p. 09)

- 1968 كان أول استعمال لراتنج أكريليكي بنطاق واسع وكان ذلك أثناء ترميم كاتدرائية "سيين" (Sienne) بإيطاليا.

- 1971 أعاد "لوين" تعديل الصيغة السابقة بإضافة مادة الغليسيرين (Glycérine) لمحلول هيدروكسيد الباريوم باعتبار الغليسيرين مذيب بطيء التبخر وهذا لضمان تغلغل أعمق للمادة المقوية. (Lewin, 1982, p. 227)

- 1972 سُوِّقَت لأول مرة مادة سيليكات الإيثيل. (Lewin, 1982, p. 228)

- 1983 قامت عدة مخابر بتجريب مواد مقوية على شكل مونومير (Monomère) من أجل تحسين تغلغلها، تم تسجيل أول براءة بالنسبة لهذا النوع من المقويات من طرف مجموعة ألمانية. (Lewin, 1982, p. 230)

4. طرق ومناهج تطبيق المواد المقوية

لا ترتبط فعالية عملية التقوية بالخصائص الفيزيوكيميائية للمادة المقوية والحجارة المعالجة فقط، بل ترتبط أيضا ارتباطا وثيقا بطريقة تطبيق العلاج، كل هذه العوامل متداخلة إضافة للعوامل المناخية المحيطة كالحرارة والرطوبة النسبية تحدّد نجاعة وفعالية العملية، لم تول الدراسات والأبحاث أهمية كبيرة لمدى تأثير طرق تطبيق المادة المقوية على فعالية العلاج، حيث أن معظم الأبحاث ركزت على المادة المقوية في حد ذاتها وتفاعلها الفيزيوكيميائي في الشبكة المسامية للحجارة، بعد اتخاذ قرار إجراء عملية التقوية يقوم المرمم باختيار طريقة تطبيق المادة المقوية انطلاقا من عدة معطيات حول خصائص الحجارة وهندسة مساميتها وكذا طبيعة المادة المقوية، تستعمل عدة طرق بسيطة هي:

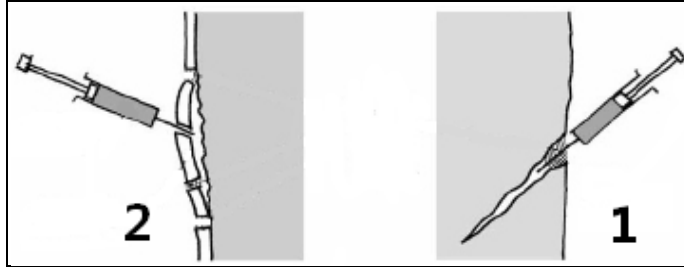
- تطبق ضمادات على سطح الحجارة بعد غمرها بالمادة المقوية بشكل مستمر
- يطبق المحلول المقوي باستعمال فرشاة
- ترش المادة المقوية على سطح الحجارة حتى التشبع
- يحقن المقوي لملء في الفراغات والشقوق الدقيقة
- تغمر القطع الأثرية ذات الأبعاد الصغيرة في المادة المقوية

اهتم الكثير من الباحثين بكيفية تطبيق المواد المقوية وحاولوا وضع طرق ومناهج جديدة تكون أكثر فعالية، يعتبر عمق تغلغل المقويات وتجانس انتشارها عاملان أساسيان في نجاح عملية التقوية، لذا فإن الحصول على

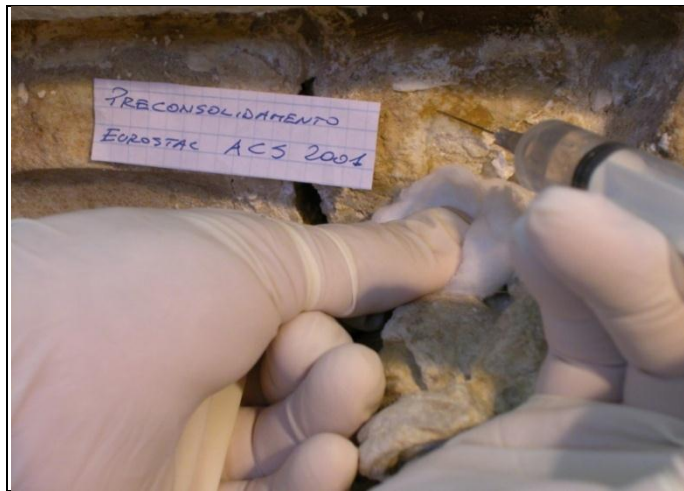
تغلغل أكبر يتم إذا ما زيد في مدة تطبيق المحلول المقوي، أي الزيادة في مدة تلامس المحلول مع سطح الحجارة، إن العمق الذي يمكن الوصول إليه في المخبر لا يمثل في الواقع العمق الذي يمكن الوصول إليه عند تطبيق نفس العلاج في الموقع، خاصة فيما يخص واجهات البناءات والجدران، من بين أهم الطرق والمناهج المستعملة في تطبيق المواد المقوية هي: (Pinto & Rodrigues, 2008, pp. 40-41)

- تتم عملية تطبيق المادة المقوية عن طريق حقنها في شقوق وفجوات الأجزاء الهشة من الحجارة، وفي حالة عدم وجود مثل هذه المنافذ يتم إحداث ثقوب رفيعة، وعند حقن المحلول يجب إزالة الكمية الإضافية التي تظهر على السطح بواسطة قطعة مبللة بمذيب كالأسيتون. (الصورة رقم:02) (الشكل رقم:01)

الشكل رقم 01: رسم توضيحي لعملية التقوية بواسطة الحقن. 1 حقن الشقوق. 2 حقن الطبقة المنفصلة



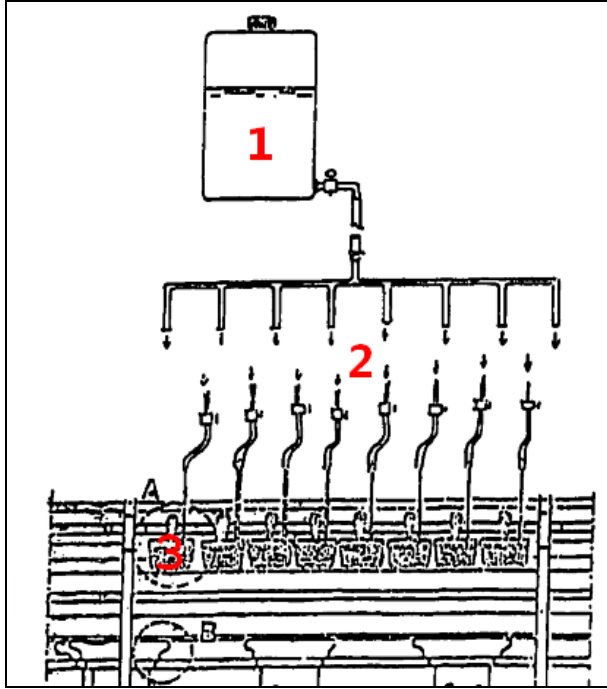
الصورة رقم 02: عملية حقن مادة مقوية في رخام أصيب بتفتت حبيبي



المصدر: عن الباحث

- طريقة أخرى تقوم على وضع فرش أو ضمادات على سطح الحجارة، يتم تبليها بصفة مستمرة بالمحلول المقوي باستخدام أنابيب صغيرة موصولة بخزان صغير، وللد من تبخر المحلول يتم تغطية الفرش أو الضمادات بورقة من البلاستيك أو الألمنيوم. (الشكل رقم: 02)

الشكل رقم 02: تطبيق مقوي بواسطة فرش (3) موصولة بأنابيب (2) موصولة بخزان (1)



المصدر: (Tabasso (L.) 1982)

- قام الباحث دوماسلوسكي (Domaslawski) سنة 1969 بتجريب نظام يقوم على استعمال جيوب تهدف لإبقاء المادة المقوية في إتصال مع سطح الحجارة لمدة أطول.
- في سنة 1988 قام ميروسكي (Mirowski) بوضع المادة المقوية في قارورات بحيث يتم تطبيقها بكميات منتظمة في عدة نقاط من سطح الحجارة.
- سنة 1993 طور الباحث شونبرود (Schoonbrood) تقنية تقوم على تطبيق المادة المقوية في ضغط شعيري منخفض يزيد من إمكانية الامتصاص.

- غمر القطعة الحجرية في المحلول المقوي حيث تتم عملية التغلغل من خلال الخاصية الشعرية، حيث توضع القطعة في إناء ويتم رفع مستوى المحلول تدريجيا حتى الغمر الكلي، وتكون مدة العملية مرتبطة بمسامية الحجرة وبالخصائص الفيزيوكيميائية للمحلول.
- إقترح الباحث " وير " (Wihr) نظام رش دائم، بحيث يعاد استغلال المحلول الذي لم يتغلغل، تم الحصول على تغلغل يقدر ب 0.5 إلى 5 سم/سا حسب مسامية الحجرة.
- طبق "نوفرمال" (Nofarmale) مركب أعطى نتائج جيدة على حجرة رملية شديدة التلف، حيث تمت عملية التقوية باستعمال بمركب مشكل من السيلكون والأكريليك عن طريق عملية الرش.
- إقترح برادلي (Bradley) تطبيق المحلول المقوي على شكل قطرات بواسطة أنبوبة تقطير حتى التشبع (الصورة رقم: 03)

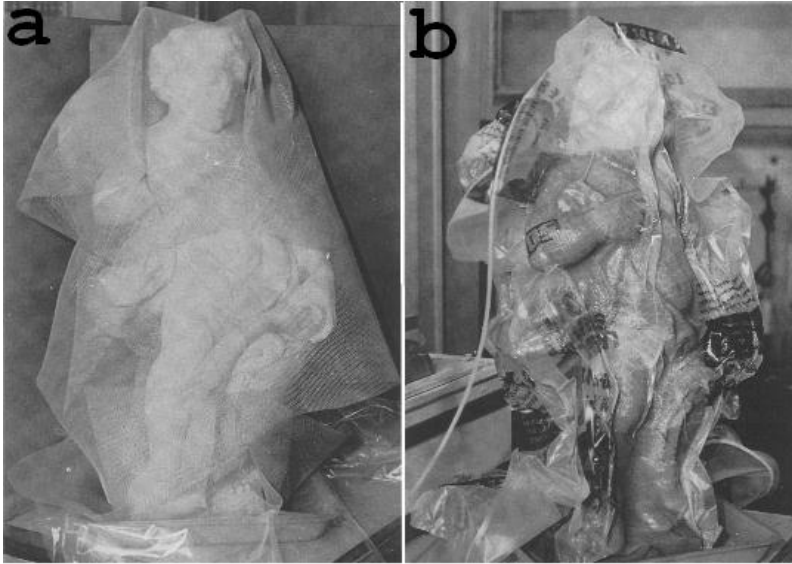
الصورة رقم 03: تطبيق المادة المقوية عن طريق التشبع باستعمال أنبوبة تقطير



المصدر: (Delgado Rodrigues (J.) 2002)

للرفع من درجة التغلغل يمكن إجراء عملية التقوية في وسط مفرغ من الهواء، حيث يتم وضع القطعة الحجرية في غرفة موصولة بمضخة ماصة تقوم بتفريغ الغرفة من الهواء حتى يصل الضغط إلى بضعة مليمترات زئبقية، تحت هذا الضغط تفرغ الشبكة المسامية للحجارة من الهواء والبخار الموجود بداخلها، بعدها يتم وصل الغرفة تدريجيا بإناء يحتوي على محلول مقوي، وبسبب التباين في الضغط يتم امتصاص المحلول ببطء إلى داخل الغرفة حيث يستبدل الهواء المنزوع من المسامات بالمادة المقوية، وفي النهاية يعاد الضغط الطبيعي بصفة تدريجية (Tobasso, 1982, p. 224). طبق الباحث "كولتيك" (Kotlik) نفس المبدأ فقام بلف القطعة المعالجة بمادة البولي إيثيلان وتم تفريغ الهواء مما أدى إلى التصاقه بالتمثال (الصورة رقم: 04) ثم تم تطبيق المادة المقوية تدريجيا عبر نفس الأنبوب الذي تم بواسطته إفراغ الهواء. (Kotlik, 1998)

الصورة رقم 04: (a) لف التمثال بمادة البولي إيثيلان (b) التصاق البولي إيثيلان بسطح التمثال بسبب إفراغ الهواء تحضيراً لتطبيق المقوي



المصدر: (Kotlik (P.) 1998)

5. خاتمة:

للحفاظ على المواد الأثرية الأصلية، ولهذا الغرض أجريت العديد من الدراسات والأبحاث وطبقت العديد من التقنيات والمواد التي تهدف لتقوية الحجارة الهشة، التي تهدف في الأساس إلى إعادة تماسك العناصر الفلزية للحجارة ومنع استمرار فقدان المادة الأثرية، وتدخل عملية التقوية في الإطار العام لترميم الحجارة إذ لا يمكن عزل هذه الخطوة عن باقي العمليات والتدخلات. لا توجد مواد لتقوية الحجارة لها فعالية مثلى، كما أن الفعالية لا ترتبط فقط بالمادة المقوية، لذا فإنه لا يمكن الحديث على فعالية أي مقوي بصفة مطلقة لأن كل علاج مرتبط بخصائص الحجارة وطبيعة المادة المقوية وكذا طريقة وكيفية تطبيق العلاج، ففي بعض الحالات تكون مادة مقوية فعالة بالنسبة لتدخل ما وغير فعالة لنفس النوع من الحجارة في أحيانا تكون طريقة التطبيق، لذا فمن الأصح الحديث على فعالية العلاج وليس على فعالية المادة المقوية.

إن العلاج الأمثل في تقوية الحجارة الأثرية يتمثل في محاولة إيجاد صيغة ملائمة بين مختلف العوامل التي تتحكم في عملية التقوية، وانطلاقا من هذا المبدأ يجب في البداية أن يكون التشخيص سليما وكفيل أن يوفر لنا جملة من المعطيات والمعلومات التي تساعدنا على اقتراح العلاج المناسب سواء فيما يخص المادة المقوية الملائمة أو فيما يخص طريقة التطبيق المناسبة.

6. قائمة المراجع:

- Doehne, E., & Clifford, A. (2010). *Stone Conservation An Overview of Current Research*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.
- Domasloski, W. (1982). *Conservation préventive de la pierre, traduit par*. (Woszyck, Trad.) Paris: UNESCO.
- Kotlik, P. (1998). Impregnation under low pressure. *Studies in Conservation* , 43, pp. 42-48.
- Lewin, S. (1982). Substances synthétiques pour la conservation de la pierre . *La dégradation et la conservation de la pierre* (pp. 225-234). Venise: UNESCO.
- Ozturk, I. (1992). *Alkoxysilanes consolidation of stone and earthen building materials*. Pennsylvania: University of Pennsylvania.

- Pinto, F., & Rodrigues, D. (2008). Stone consolidation: The role of treatment procedures. *Journal of Cultural Heritage* , 9, pp. 38-53.
- Tobasso, L. (1982). Traitements de conservation de la pierre. *La dégradation et la conservation de la pierre* (pp. 211-224). Venise: La dégradation et la conservation de la pierre.
- Torraca, G. (1986). *Matériaux de construction poreux*. (Di Matteo, Trad.) Rome: ICCROM.
- Torraca, G. (1982). Philosophie générale de la conservation de la pierre. *La dégradation et la conservation de la pierre* (pp. 187-210). Venise: UNESCO.
- Torraca, G. (2009). *Lectures on Materials Science for Architectural Conservation*. Los Angeles: The Getty Conservation Institute.