الفصل الرابع

المواد السيليكونية والمواد المرتبطة بها

(٤,١) تمهيد

تصنف المواد المختلفة مثل الزجاج والجص الملون في مجموعة واحدة في هذا الفصل، حيث أنها أساساً مركبات غير عضوية مشتقة من معادن القشرة الأرضية. تشكل السيليكا ٢٨٪ من هذه القشرة، ومن ثم توجد بنسبة عالية في كل هذه المواد. ويمكن صنع القطع الأثرية ببساطة عن طريق تشكيل المواد الخام، بشكل أكثر إتقاناً، أو عن طريق استخدام الحرارة أو التفاعلات الكيميائية. وحتى بعد هذه المعالجات تكون هذه المواد مماثلة كيميائياً وفيزيائياً للمواد التي تتوافر في الطبيعة، ومن ثم فإنها تكون عرضة للتعرية والتحلل مثلها.

(٤,١,١) طبيعة المواد

تتميز هذه المواد في هذه المجموعة بأنها بلورية أو زجاجية، وهشة، وتتفاوت ما بين مسامية للغاية، وبين كثيفة بشكل يتجاوز الحد وما بين مرنة وصلبة. ويمكن تقسيم المواد إلى مجموعتين:

١- تلك المواد التي قاعدتها السيليكا،

٢- تلك المواد التي قاعدتها الكالسيوم.

السيليكا هي ثاني أكسيد السيليكون (SiO_2)، وتتوفر في أنواع شتى من الأشكال المعدنية في شكل بلوري (الكوارتز والكريستوباليت) (quartz and cristobalite)، ومع الماء، في شكل بلور خفي (cryptocrystalline) (الصوان، العقيق الأبيض، عقيق، العقيق اليماني ... إلخ). ومع المعادن القلوية، والقلويات الأرضية، وبعض المعادن التي يشكل الألمونيوم فيها أهمية رئيسة. وتشكل السيليكا السيليكات البلورية مثل المعادن الطينية، والفيلسبار (سيليكات الألمونيوم، والجارنيت ... إلخ، والزجاج المصنع والطبيعي (السبج). إن أهم مركبين أساسهما الكالسيوم هما الكربونات التي يمكن أن تشكل كالسيت (calcite) (كربونات الكالسيوم المتبلورة) ($CaCO_3$)، والكبريتيت (sulphate) الذي يتشكل منه الجبس (gypsum) ($CaSO_4.2H_2O$).

وتتوفر هذه المواد الخام في أشكال غير محددة تعرف بالصخور. ويكمن للصخور أن تتكون بكل بساطة من معدن واحد مثل الكوارتز، أو الرخام، أو من خليط من المعادن، مثل: الجرانيت، والطين، والحجر الرملي، والحجر الجيري ... إلخ.

إذا اقتضت الحاجة تسخين هذه المواد لصناعة القطع الأثرية، سيتم إنتاج أشكال مجففة، وتكوينات بلورية متغيرة، وزجاج أو منتجات متحللة، أو مستقرة وجميعها لها أشكال مماثلة للمواد التي تتوفر بشكل طبيعي.

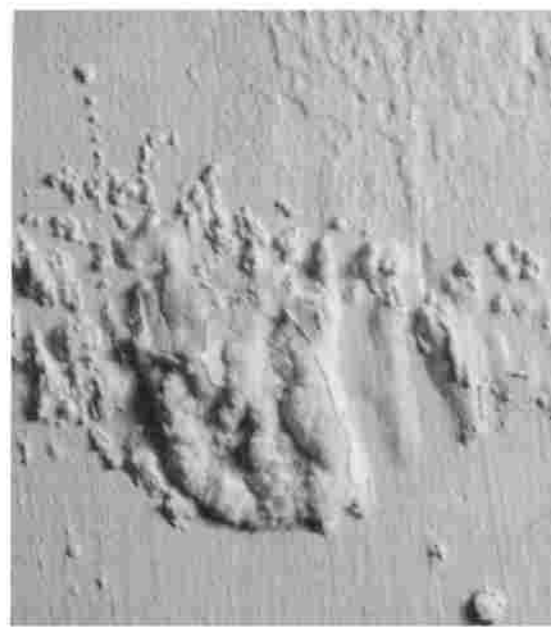
(٤,١,٢) التلف [١]

العديد من هذه المواد عندما يعاد تشكيلها في شكل مواد اصطناعية لا تتغير عن حالتها التي كانت عليها في القشرة الأرضية لآلاف السنين، وليس من المستغرب أن نجد مواد أخرى – تتعرض لتلف بسيط يحدث أثناء الدفن، عندما يتم تسخينها لتشكيل مواد مماثلة. ولأنها في كثير من الأحيان، تدفن في بيئات تكون مختلفة جداً عن تلك التي تم تشكيلها فيها، ولأنّ التعرية الجيولوجية الطبيعية عملية متواصلة، فإنها قد تتعرض لبعض التلف والتحلل.

والعديد من هذه المواد مستقر كيميائياً، لذا فإن النوع الأساسي للتحلل يكون فيزيائياً، وربما يكون مصحوباً بتكسر نتيجة لهشاشتها الأكثر وضوحاً. أكثر الأضرار فداحة يأتي من الأملاح القابلة للذوبان. وبما أن العديد من القطع الأثرية في هذه المجموعة مسامية، فإنها تحتفظ بالماء في شعيراتها لمدة طويلة بعد تركها للتربة الأساسية عندما تجف التربة، ومن ثم فإن الأملاح المذابة تميل للتركيز في أجسام المواد الأثرية. وعندما يجف المحلول في المسامات، أثناء الدفن أو بعد الحفر، تتبلور الأملاح (اللوحة ٤.١). ويحدث التلف عندما يكون المحلول الملحي مركزاً، بحيث تملأ البلورات المسامات محدثة، أثناء نموها، ضغطاً هائلاً على جدران المسامات. ويحدث ضغط أكبر تلفاً إذا ما ارتفعت الرطوبة مرة أخرى، حيث إن الأملاح تجف، مدخلة الماء داخل تركيبها البلوري بدون ذوبان. وتحدث زيادة الحجم ضغوطاً تعادل مئات، إن لم يكن الآلاف، من وحدات الضغط الجوي. ويمكن أن يحدث مثل هذا التلف بشكل سريع جداً، على سبيل المثال يجف $Na_2 SO_4$ إلى ($Na_2SO_4.10H_2O$) في خلال ٢٠ دقيقة، ولا يحتاج إلاّ لارتفاع ضئيل جداً في الرطوبة النسبية. فإذا ما هبطت الرطوبة النسبية بنسبة ضئيلة، فإن الماء الناتج من جفاف البلورات يمكن أيضاً أن يسبب تلفاً بواسطة الضغط. أما إذا كانت الرطوبة النسبية متذبذبة فإن الضغط يتكرر ويكون أكثر ضرراً، ويميل تراكم الأملاح والضرر الحاصل للحدوث عند سطح المادة، حيث تسحب الأملاح إلى السطح، في كل وقت يجف فيه الهواء. ويكون تلف السطح أكثر وضوحاً، في حالة وجود حاجز الرطوبة، سواء كان سطحاً محروقاً، أو طلاء، أو سطح إناء خزفي مزجج، أو طبقة طلاء أو شمعاً على جبس أو حجر. هنا تتراكم تركيزات عالية جداً من الأملاح تحت هذه الطبقات، حيث إنها تكون غير قادرة على الخروج إلى السطح.

من المؤكد أن هذه الأملاح إذا خرجت كلياً إلى السطح، كما يحدث أثناء التجفيف البطيء للمواد المسامية بشكل شديد، فإن البلورات قد لا تسبب ضرراً.

وبينما يمكن أن يحدث ضرر الملح أثناء الدفن، فمن المرجح أن يكون أكثر بعد الحفر، عندما تهبط الرطوبة النسبية المحيطة ويسمح لها بالتقلب بشكل أكثر تبايناً مما يحدث عادة في باطن الأرض.



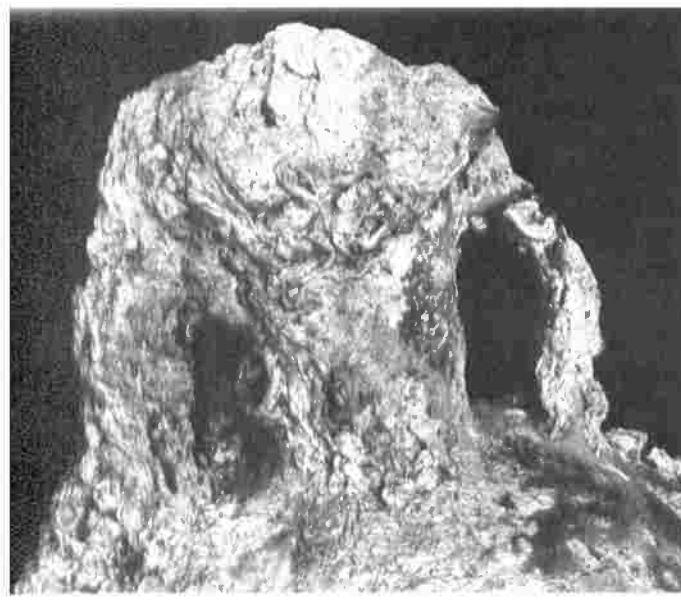
اللوحة (٤,١). بلورات من الأملاح القابلة للذوبان في الماء تسبب نتوءات في طبقة الطلاء .

المستويات العالية من الأملاح لا تحدث فقط من التربة المليئة بالأملاح، فقد تزيد بعد عملية التلف من خلال التعرض لرياح البحر، أو كيماويات التنظيف أو الاتصال بالأرض خلال التخزين ... إلخ.

يسبب تمدد الماء ضرراً مماثلاً أثناء تجمده داخل المواد المسامية المكشوفة للصقيع. ولا يحدث هذا إلاّ عندما يكون لسطح القطعة الأثرية مسامات كبيرة وشبه مشبعة تقريباً. لا

يتكون الثلج في الشعيرات الدقيقة، وما لم تكن مبتلة بدرجة معقولة فإنه سيتم امتصاص الثلج بواسطة القسم غير الممتلئ من المسامات. مرة أخرى، يكون الضرر في قمته عندما يحدث التمدد بشكل متكرر مثلما في حالة طقس التجمد/الذوبان.

وأثناء الدفن يمكن لهذه التركيبات السيليكونية والمسامية المرتبطة أن تغطى بقشور الأملاح البيضاء/الرمادية غير القابلة للذوبان (القسم ٢,٢,١,٥)، وهي - في العادة - كربونات الكالسيوم، أو الكبريتات أو السيليكات. ويساهم العديد من العوامل في هذا. وكما هو مبين آنفاً، فإن سطح الجسم المسامي في التربة هو آخر ملاذ للماء في التربة المتجففة، ومن ثم فإن ترسب الأملاح في شكل محلول في التربة سيكون ضئيلاً هنا، مما يتسبب في تراكم القشرة، ويمكن أن يتم ترسيب الكالسيوم المرشح من المواد المتحللة هنا أثناء تعرضه لتداخل ماء التربة والهواء. علاوة على ذلك، يوفر الزجاج سطحاً بارداً داخل التربة التي قد تسمح بتكوين الندى، مما يؤدي إلى حدوث ذوبان محلي وترسيب للأملاح. ومن المرجح أيضاً حدوث تقشرات حاجبة على القطع الأثرية من البحار الدافئة حيث تترسب كربونات الكالسيوم (انظر أدناه) وتزدهر الكائنات البحرية (اللوحة ٤,٢) (القسم ٤,٥,٢). أخيراً، إذا كانت المادة متحللة جداً، يحافظ الماء على تماسك بنيتها. ويظهر هذا جلياً في السطوح الملونة الهشة والأواني الفخارية اللينة. وقد يؤدي التجفيف عند الحفر إلى تحول هذه المواد إلى مساحيق ويتفاقم ذلك بانضغاط الطين المتجفف. (القسم ٤,٣,١,١).



اللوحة (٤,٢). قشور كربونات الكالسيوم على جرة تكونت بواسطة الكائنات الدقيقة والترسب الكيميائي في البحر.

في العادة يكون التلف الكيميائي للسيليكات بطيئاً، حيث إنه يقتصر على التحلل، الذي يتعزز بواسطة الأحوال القلوية. وتذوب كربونات الصوديوم أيضاً ببطء، ويتعزز هذا بشكل كبير في حالة انخفاض الرقم الهيدروجيني (pH) أو ارتفاع مستويات ثاني أكسيد الكربون (القسم ٢,٢,١,٣).

بطيء

$CaCO_3\,(S) + H_2O \longrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^- + OH^-$ الحالات العادية

$CaCO_3\,(S) + H^+ \longrightarrow Ca^{2+} + HCO_3^-$ منخفض pH

$CaCO_3\,(S) + H_2CO_3 \longrightarrow Ca^{2+} + 2HCO_3^-$ مستويات عالية من ثاني أكسيد الكربون

في العادة يكون الهجوم البيولوجي خفيفاً إلاّ عندما تتلف جذور النباتات العليا المواد المسامية التي تخترقها.

(٤,١,٣) الترميم (الحفظ)

يتم الاحتفاظ بالسطوح الأصلية للقطع الأثرية المصنوعة من هذه المواد إما في شكل المادة الأصلية أو كطبقة متقشرة، لذلك فإن النظافة تتضمن إزالة التربة والتقشرات. ويجب تجنب المنظفات الكيميائية بقدر الإمكان، وذلك لأن هذه المنظفات، في كثير من الأحيان، مماثلة كيميائياً للطبقة المتقشرة التي يمكن أن تتضرر بواسطة المعالجة من ناحية، بسبب ذوبان القشور، ومن ناحية أخرى فإن استخدام هذه الكيماويات نفسها يكوّن أملاحاً قابلة للذوبان في داخل السطوح المسامية. ويجب عدم تبليل السطوح المسامية الجافة من أجل تنظيفها، حيث إن هذا يعمل على دفع التربة وغيرها إلى داخل المسامات في القطعة الأثرية، الأمر الذي يجعل إزالتها صعبة. ويجب توخي الحذر في استخدام المواد القطنية والخيوط الصوفية، حيث إنها قد تحبس على السطوح الخشنة وهي مواد ماصة، (٤,٣,٢,١) مثال على ذلك السيوبولايت (Sepiolite)؛ فعند استخدامه، يجب استخدام طبقة من الورق الناعم لتفادي التصاق السيوبولايت على السطح الخشن. ويمكن تنفيذ الاستقرارية للقطع الأثرية لمنع التلف الذي تسببه الأملاح القابلة للذوبان عن طريق السيطرة البيئية، لكن إذا ما استلزمت المعالجة الكيميائية، فإنه من الضروري تخفيض مستوى الأملاح بأساليب التحلية (القسم ٣,٤,٢,١). وفي كثير من الأحيان تتم تقوية الكِسَر الضعيفة وإعادة تركيب القطع المكسورة، خاصة الأواني الفخارية، منذ أن بدأت عمليات "الترميم" تاريخياً.

(٤,٢) الأحجار

(٤,٢,١) طبيعة المواد[٢]

تقطع المواد الحجرية من الصخور التي عادة ما تكون صلبة، وخاملة بشكل معتدل، وتتمتع بدرجة متباينة من المسامية. وتصنف من حيث تكوينها الجيولوجي الذي يعطي فكرة عن درجة صلابتها واستقراريتها ومساميتها.

تتكون **الصخور النارية (البركانية)** عندما تبرد المواد المنصهرة، مما ينتج شبكات مكثفة من البلورات. وقد تستغرق قروناً عديدة لتعريتها حيث إنها خاملة نسبياً. وأهم المعادن المكونة لهذه الصخور هي الكوارتز (SiO_2) وسليكات الألمونيوم المعقدة (الفلسبار) وسليكات الكالسيوم والمغنسيوم والحديد (Hornblende) والمايكا، والتي تعدّ جميعها صلدة عدا الأخيرة. وهي تتوافر إما في شكل نقي مثل الأحجار الكريمة، على سبيل المثال الجمشت (SiO_2) والجرانيت (سليكات الألمونيوم)، أو في خلائط البلورات المتشابكة مثل الجرانيت والبازلت. وإذا ما بردت المادة المنصهرة بسرعة، فقد يتكون زجاج مثل السبج أو النسفة (pumice).

تتكون **الصخور الرسوبية** من المعادن الفردية التي التصقت إما بالضغط الذي يلحمها عند سطوحها، أو عن طريق تقوية المادة المترسبة حولها. ومن ثم فهي أقل كثافة من الصخور البركانية. ويتكون **الحجر الرملي**، على سبيل المثال، من كوارتز وفلسبار ملتحمين بواسطة السليكات، والكربونات أو أكاسيد الحديد. أما **الحجر الجيري** فمتباين إلى أقصى حد، فهو يتكون إما من الكالسيت غير العضوي، أو كربونات عضوية من القواقع والهياكل العظمية، ملتحمة بكربونات الكالسيوم، وكربونات الماغنسيوم، والسليكات أو الطين. أما المرمر فهو شكل من أشكال الجبس ($CaSO_4.2H_2O$)، وأما الصوان فهو سليكا بلورية مصغرة (SiO_2). ويتكون الطين من

فلسبار متحلل، وحيث إن الماء يتخلل البلورات، فإنها تصبح لدنة عند البلل (القسم ٤,٥,١,١). من ناحية أخرى يتكون الطفل الصفحي (صخر مشكل من صلصال Shale) من معادن مماثلة تظل غير بلاستيكية عندما تكون مبتلة. وهي جميعها صخور رخوة بشكل نسبي.

أخيراً، هناك **الصخور المتحولة** وهي صخور رسوبية تحولت بواسطة درجات الحرارة والضغط العاليين، حيث إنها تتسبب في ظهور شبكة متداخلة من البلورات نتيجة لعملية إعادة البلورة ومن ثم كمية أقل من الصخر المسامي. وعليه، فالكوارتز هو حجر رملي، والرخام من الحجر الجيري، والأردواز من الطفل الصفحي والطين المتكلس، وعلى هذا النحو، فإنها صخور كثيفة وصلبة على نحو معتدل. أما الاستثناء فهو الحجر الصابوني (Steatite) ($Mg_3[Si_4O_{10}]OH_2$) الذي يتسم بالمرونة المتناهية لكن يمكن حرقه مثل الطين.

والقطع الأثرية الحجرية ما هي إلاّ تشكيل للصخر، غير أن الطين هو الاستثناء الذي يتم التعامل معه بشكل منفصل مثل الفخار.

في العادة ترتبط الحجارة في المباني بالمواد اللاصقة (القسم ٤,٣) مثل الملاط والجبس. أما في القطع الأثرية الأخرى مثل التماثيل، فيمكن استخدام المعدن، كما في عملية الترميم القديمة، في شكل أوتاد تغرس في عمق القطعة الأثرية. في هذا الصدد نجد أن تلوين أو تزيين التماثيل وحتى الجدران أمر شائع، ويمكن أن يتم هذا مباشرة على الحجر، أو عقب طلائه بطبقة من الجبس الأحمر أو الأبيض (gesso) (القسم ٤,٣,١,٢) أو الجير على سبيل المثال. وكذلك يمكن طلاء التمثال الرخامي بالشمع لإعطاء انطباع وكأنه جلد حقيقي. أما في حالة الجواهر، والأسلحة والأدوات، فإن بعض آثار المواد اللاصقة، التي استخدمت في السابق، التي تثبت بها المشابك، والمقابض وغيرها تظل باقية. وقد تظل آثار

دقيقة متعلقة بكيفية استخدام القطع الأثرية الحجرية، مثلاً الحشوات المعدنية التي تبقى محبوسة في الفجوات السطحية في حجر الشحذ.

(٤,٢,٢) طبيعة الحجر المتحلل[٣]:

يقتصر مجال هذا الكتاب على المواد الأثرية المكتشفة، وبالتحديد على تلك القابلة للتحريك، لذلك فإن تحلل الحجر في المباني القائمة والمكشوفة لا يُذكر هنا.

التلف قبل الدفن: يمكن أن يكتسب الرخام وحتى الأحجار الجيرية، ولدرجة معينة، غشاء عتق أبيض نصف شفاف وخفيف اللون من جراء التعرض الطويل للأمطار، حيث إن حامض الكربونيك المتكون من ثاني أكسيد الكربون في ماء الأمطار يذيب السطح المتكلس على نحو بسيط، والذي يتبلور بعدئذ معطياً سطحاً لامعاً. ولأغشية العتق هذه تأثير كبير على التماثيل الرخامية. يمكن أن تحدث الحرارة العالية تشوهاً في الرخام نتيجة للتمدد البلوري غير المنتظم، أو حتى أن يؤدي ذلك إلى تداعيه في شكل مسحوق أبيض يسمى بـ "السكر" أثناء تحطم الشبكة البلورية المتكلسة. ومن المعروف جيداً أن الحجر يظهر أحمر عندما يحرق، وذلك نتيجة لتأكسد الحديد، وهو أمر يحدث في كثير من الصخور ليشكل الهيماتيت الأحمر Haematite (α- Fe_2O_3).

الحالة الجيدة للحجر: ليس من المستغرب أن تبدو العديد من القطع الأثرية الحجرية في حالة جيدة جداً (وتظل هكذا) عند الحفر، حيث إنها ذات كثافة عالية وخاملة نسبياً. غير أن هناك بعض الحجارة قد يظهر بحالة جيدة، ولكنه في الحقيقة، يكون متحللاً بشكل كبير. ومثال لذلك الأردواز المستخرج من المواقع المشبعة بالماء. وخلافاً للمعادن الطينية المضغوطة، فإن الأردواز يحتوي، في كثير من الأحيان، على مواد متكلسة، وبيرايت Pyrite (FeS_2)، ومواد عضوية كربونية، تترسب جزيئاتها بين الطبقات. أثناء عملية التشبع بالماء، تترشح هذه المكونات المحجوزة بين الطبقات من جراء وجود الماء.

وأثناء الدفن قد ينتج الصوان، في ترسبات متنوعة، طبقة شفافة من غشاء العتق بينما تتكون قشرة بيضاء في الترسبات التي يكون فيها الرقم الهيدروجيني (pH) أكبر من ١٠.[٤]

تتفتت الحجر وتحوله إلى مسحوق – في كثير من الأحيان – عند السطح فقط: وهذا أشبه بالتعرية الجيولوجية، التي تحدث نتيجة لفعل الصقيع، والغزو الملحي والذوبان (القسم ٤,١,٢). وهي مشكلة عامة في الصخور الرسوبية، والمسامية غير المستقرة نسبياً. وفي المواقع الجافة المالحة جداً تظهر بلورات الملح عند الحفر وقد تكون بالفعل هي التي أبقت الحجر المتحلل متماسكاً.

يهاجم الرقم الهيدروجيني (pH) المنخفض الكربونات وأكاسيد الحديد ويرشح الفلسبار، ومن ثم قد يصبح الرخام خشناً، ويتفتت الحجر الجيري في شكل حبيبات رملية، ويصبح كل من الحجر الجيري والحجر الصابوني رخواً. كما تتعرض الصخور المتكلسة لهجوم من قبل المستويات العالية لثاني أكسيد الكربون (القسم ٤,١,٢) وتصبح خشنة في مياه الأرض الرخوة. ويمكن أن يتأكسد البيريت الموجود في الأردواز وفي الصخور الرسوبية الأخرى في الترسبات الرطبة المشبعة بالأكسجين، مما يتسبب في هبوط الرقم الهيدروجيني (pH) وهذا يعرض المكونات الحجرية الأخرى للخطر.

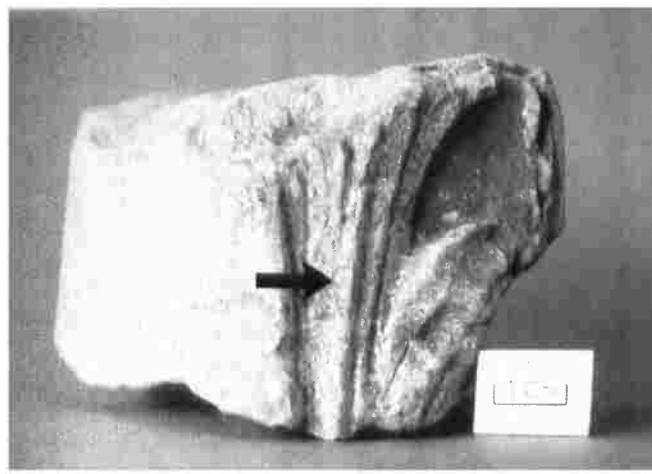
وبما أن الحديد يتمدد عندما يصدأ، فإن وجود أي من الأوتاد الحديدية داخل التمثال سيكون سبباً في تهشم المناطق المجاورة له من الحجر أثناء تفاعله مع الهواء والماء.

تغير اللون: يتلطخ الحجر الشاحب، خاصة الرخام والمرمر بسرعة بواسطة النحاس، أو الحديد أو الزيوت العضوية من طبقة التربة. أما في المواقع التي لديها احتمالات اختزال – أكسدة منخفضة، فمن المحتمل أن يتم اختزال التلون القرمزي للحجر نتيجة للحديد (III) إلى التلون الرمادي للحديد (II) على الأسطح المكشوفة.

التلف في الأحوال البحرية: إضافة إلى أنواع التلف المذكورة سابقاً، يمكن أن تتسم أسطح الحجارة المستخرجة من المواقع البحرية بنحر حاد نتيجة للتعرية بواسطة ماء البحر والجزئيات مثل الحبيبات الرملية. ويمكن أن يوفر مثل هذا الحجر المكشوف قواماً جذاباً للكائنات الدقيقة المتقشرة مثل؛ البريوزونات والبارانكلات Bryozoans, Barnacles. ومعظم هذه الكائنات غير ضار لكن البعض منها، مثل الحلزون الصدفي الثاقب للحجر وبعض الحيوانات الرخوية، تهاجم الحجر الرخوي المتكلس؛ مما يسبب تلفاً مماثلاً لهجوم دودة السفن على الخشب (القسم ٦,٢,٢,٤).

(٤,٢,٣) الفحص

قبل غسيل أية قطعة أثرية حجرية صغيرة، لابد من فحصها بدقة بحثاً عن أي أثر لمادة مرتبطة بها (القسم ٤,٢,١). وعلى هذا النحو، يتم فحص التماثيل وحجارة المباني، خاصة القطع المنحوتة بحثاً عن الجير الملون، والتزيين أو اللوحات الجدارية التصويرية قبل عملية النظافة وأثناءها. وفي هذا الصدد يمكن استخدام ضوء الأشعة فوق البنفسجية، أو تصوير الأشعة تحت الحمراء (اللوحة ٤,٣). كما يساعد ضوء الأشعة فوق البنفسجية في تمييز التكسرات الحديثة والقديمة في الرخام مما يفيد في عملية إعادة التركيب. ويكشف تصوير الأشعة السينية عن وجود المسامير (الأوتاد) والتشققات ومدى التلف الذي تسببه الكائنات الدقيقة، البحرية أو الحشرات. وسيعطي الفحص البصري فكرة عن حالة تلف الحجر، لكن من الصعب الحصول على مقياس موضوعي لهذا بدون أخذ عينة. مع أن أخذ عينات من المواد الأثرية الصغيرة قد يكون غير نموذجي بالنسبة للكبيرة.



اللوحة (٤,٣). طلاء وتذهيب وجد على جزء من حجر منحوت من العصور الوسطى أثناء التنظيف.

إن الفحص الدقيق بواسطة المجهر الإلكتروني، وقياس امتصاص الماء، ومقارنة الجاذبية النسبية للعينة مقابل الجاذبية النسبية المتوقعة للحجر المعني، كلها تعطي فكرة عن حالة تلف العينة. ويشير قياس الموصلية الحرارية أو الكهربائية إلى محتوى الرطوبة والأملاح في القطعة الأثرية.

ويمكن تحديد الحجر المتكلس بسرعة، حيث إنه يفور في محلول الحامض المخفف، ويستطيع المرمم الخبير تحديد الأنواع الأخرى بواسطة فحص السطح وتحديد الصلابة، ويتطلب الوصف الدقيق إعداد شرائح رقيقة.

(٤,٢,٤) التنظيف[٥]

إن أهم مظاهر تنظيف الحجر هي:

أولاً: تجنب إدخال الأوساخ إلى مركز القطعة الأثرية.

ثانياً: تجنب إدخال أملاح أخرى قابلة للذوبان فيه (القسم ٤,١,٣).

وعندما يكون الحجر الأثري جافاً، ينظف ميكانيكياً، ما أمكن ذلك، بالمكنسة الكهربائية. أما لإزالة التراب اللاصق فيجب استخدام الأساليب الرطبة. وفي هذه الحالات، يجب توخي الحذر في عدم تنقيع الحجر الأثري أو تبليله في ماء، لأن ذلك قد يزج بالتراب إلى داخل الحجر، وعوضاً عن ذلك يتم وضع محارم رطبة ماصة على السطح، حيث يتم سحب الأوساخ إلى داخلها. وإذا لم تغطِّ هذه المحارم كل سطح القطعة الأثرية، فقد يظهر على السطح بقع متفرقة. وفي حالة تقشر كبريتات الكالسيوم المسودة (القسم ٤,٢,٥)، فمن الضروري وضع محارم ماصة تحتوي على مادة كيميائية خاصة، حيث يمكن بهذه الطريقة إذابة القشور بدون حدوث تلف للحجر الأثري (اللوحة ٣,١١). وقبل أن يخضع الحجر المتحلل، والمثبت بواسطة بلورات الأملاح القابلة للذوبان في الماء (القسم ٤,٢,٢)، لعملية التنظيف الرطب يجب أن تتم استقراريته بطريقة ما (القسم ٤,٢,٦,٢). وقد تستخدم المواد الكيميائية والمبيضات، وفي حالات نادرة فقط، لنظافة الأحجار الأثرية حيث إنها غالباً ما تهاجم مكونات معظم الصخور، مما ينتج عنه أملاح قابلة للذوبان.

(٤,٢,٥) التلف عند الحفر

التفتت (تحول السطح إلى شكل مسحوق) / التداعي مع احتمال ظهور تزهر أبيض للأملاح (اللوحة ٤,٤): هذا النوع من التحلل تسببه الأملاح القابلة للذوبان التي وُصِفت في القسم (٤,١,٢)، ويحدث عندما يجف الحجر المشبع بالماء أو عندما يتعرض لرطوبة متقلبة نسبياً عندما يخزن بشكل سيّئ. وتتفاقم المشكلة عندما يحتوي سطح القطعة الأثرية على طبقة غير مسامية تمنع الأملاح من التحرك إلى السطح، أو عند تراكم طبقة الكبريتات (القسم ٤,٢,٥)، أو تتفاقم عند معالجات التقوية المبكرة بواسطة الشمع.

اللوحة (٤,٤). مسلة من الحجر الرملي تفتتت بعد مضي سنين عديدة من الحفر نتيجة لفعل الأملاح.

التصفح (تكون الرواسب في طبقات رقيقة): الحجارة الترسبية الغنية بالطين الرطب عرضة لتكوين طبقات رقيقة عند الجفاف، وأكثرها تعرضاً هو الأردواز (اللوحة ٤.٥). وأثناء الدفن، يتم تدمير المركبات الإسمنتية ويحل محلها الماء. أما عند الجفاف، فينكمش الطين (القسم ٤,٥,١) حيث لا تستطيع البنية الضعيفة مقاومته، ومن ثم تحدث التشققات.

اللوحة (٤,٥). خاتم روماني من الطفل تحول إلى رقائق عند تجفيفه بعد استخراجه من موقع مشبع بالماء .

اللوحة (٤,٦). عمود درابزين من الحجر الجيري من العصور الوسطى المبكرة يظهر عليه الاسوداد الذي أحدثه العرض الذي أقيم في جو ملوث.

تشظي السطح أو حدوث تشققات عميقة: قد يحدث هذا عندما يتأثر الحجر المسامي الرطب بالصقيع (القسم ٤,١,٢). ففي الأحوال الرطبة، يتسبب صدأ الأوتاد الحديدية المدفونة في عمق التمثال في انشطار الحجر المحيط، ومن ثم تخترق جذور اللبلاب الحجر المسامي، حيث يتمدد وتتشقق المناطق المحيطة به أيضاً.

تخشن السطح: يتسبب الحامض في ذوبان الحجارة الجيرية والرخام عندما يتراوح الرقم الهيدروجيني (بين ٤ و ٧ pH)، كما يسبب ماء المطر الملوث (القسم ٤,٢,٢) والأحماض العضوية التي تفرزها الأشنة تخشن السطوح الحجرية.

تغير اللون: من المحتمل أثناء غسيل الحجر الأثري المسامي أن تنقل الأوساخ من سطح الحجر إلى داخله، حيث يغدو من المستحيل إزالتها. كما أنه ليس من السهل إزالة الأوساخ اللزجة والسناج من السطح، ولربما أصبحت جزءاً منه، ففي البيئات الملوثة

بكثافة، يتفاعل الحجر الجيري والرخام مع ثاني أكسيد الكبريت في الهواء، منتجاً بلورات كبريتات الكالسيوم التي تحبس جزيئات السناج في شكل طبقة سطح مسودة (اللوحة ٤,٦). ويمكن أن تشكل الحجارة الرملية طبقات سيليكونية سوداء بشكل مماثل، وتتعاظم هذه القشور عندما يحتوي الحجر الجيري على كالسيت (كربونات الكالسيوم المتحجرة). وفي التخزين، يتغير لون الحجر (يتلطخ) بسهولة عندما يلامس القطع الأثرية المعدنية الصدئة، وفي بيئات شديدة الرطوبة تقوم الفطريات بتغيير اللون (التلطيخ)، أما الطحالب فتجعله قاتماً.

(٤,٢,٦) الاستقرارية (انظر الملحوظة ٥):

(٤,٢,٦,١) الأساليب الوقائية

تمنع السيطرة على الرطوبة النسبية التلف الذي تسببه الأملاح القابلة للذوبان (انظر القسم ٤,٢,٥)؛ فعندما يكون الحجر رطباً، يجب المحافظة على الرطوبة النسبية (RH) عالية لمنع حدوث بَلْوَرَة للمحاليل المشبعة، وعندما يكون الحجر جافاً، يجب المحافظة على الرطوبة النسبية (RH) عند معدل منخفض لمنع تمّيع البلورات الموجودة، لكن الأمر الأهم هو تفادي تقلبها، حيث يتسبب هذا في تفاقم التلف. ويُمنع تكوّن طبقات رقيقة على الحجر الرسوبي الرطب من خلال إبقائه رطباً. ويمكن منع التلف المحدث بواسطة الصقيع، وتخشن السطح، والتشظي، وتغير اللون من خلال تأمين بيئة تخزين مناسبة لا تتطلب إلا قليلاً من الجهد.

(٤,٢,٦,٢) الأساليب العلاجية

الأملاح القابلة للذوبان: يحدث تلف للحجر عندما يكون محتوياً على نسبة عالية من التركيز الملحي (انظر القسم ٤,١,٢)، لذا تجرى محاولات التحلية لإزالة هذه الأملاح. وبما أن هذه الأملاح قابلة للذوبان في الماء، فإن الوسيلة التي تستخدم لإزالتها، إما عن طريق التنقيع أو باستخدام كمادات عجينة الورق[٦]؛ إلا أن هناك مشكلات قد

تظهر، عندما يكون الحجر في حالة تقشر أو تفتت، وعلى وجه الخصوص، عندما تكون الأملاح هي التي تحافظ — فعلاً – على تماسك بنيته (القسم ٤,٢,٥)، حيث إن أي ذوبان سيؤدي إلى تداعي المادة. ويمكن التغلب على هذا الخطر عن طريق تقوية الحجر قبل تنقيعه، بيد أنه في الماضي قد أدى ذلك إلى تطويق الأملاح داخله. وهناك أمل في أن يتم استخدام السيلينات (silanes) (سلسلة من هيدريدات السيليكون)، التي تم إدخالها حديثاً (انظر لاحقاً)، بنجاح كبير لهذا الغرض.

التقوية: تكمن المشكلات الرئيسة التي تعوق تحقيق تقوية للحجر في صعوبة الحصول على اختراق كاف للمادة المقوية، وذلك لأن الحجر بطبيعته مادة ذات كثافة عالية والمواد (القطع الأثرية) كبيرة الحجم، كذلك يجب أن تكون المادة المقوية قوية جداً، حيث إن الحجر ثقيل لدرجة كبيرة. وقد تم استخدام أنواع عديدة من المواد المقوية، إحداها المركبات غير العضوية، وهي فكرة حديثة مثيرة للجدل وتخضع حالياً لفحص دقيق، تتمثل في ترسيب كربونات الكالسيوم في الحجر المتكلس المتحلل[٧]. وتشمل الأنواع الأخرى المستخدمة المونمرات المبلمرة في الموقع، والإيبوكسيات Epoxies، وحالياً السيلينات[٨]. وترسب هذه المجموعة الأخيرة السيليكا، والتي تُعد – في حد ذاتها – معدناً مكوِّناً للصخر، داخل الحجر المتحلل حيث أثبتت نجاحها مع كل من الحجر الجيري والحجر الرملي. ويعدّ هذا أسلوباً غير ممكن استرجاعه وتفاديه، لكن في الواقع فإن هذا العيب شائع حتى بالنسبة للواصق المقوية القابلة للذوبان مرة أخرى عندما تستخدم لتقوية الحجر (القسم ٣,٤,٢,٢). ويعدّ مجال البحث هذا من أعظم المجالات إثارة في علم الترميم في الوقت الحالي.

ولمنع تكون طبقات رقيقة على الطفل الصفحي عند الجفاف، تتم تقويته وبنجاح بواسطة جليكول البولي إيثلين (polyethylene glycol)[٩]، لكن هناك شكاً في أن تكون هذه المادة مفيدة في حالة الحجر الرسوبي المتقشر. ويتوقع إجراء بحوث أوسع خلال السنوات القليلة القادمة.

اللصق (الربط): قد تكون عملية لصق الحجر صعبة وذلك لكثافته الكبيرة؛ مما لا يسمح للمذيبات في أنظمة اللصق بالتبخر، وبسبب أن القطع عادة ما تكون ثقيلة جداً، وتتطلب قوة لصق ضخمة. وبينما تكون مواد اللصق القابلة للذوبان (القسم ٣,٤,٢,٤) مناسبة في بعض الأحيان، إلا أنه في كثير من الأحيان يستلزم استخدام بوليسترات (polyesters) ذات تركيبة كيميائية قوية (لواصق أيبكوسي) تتخلل الحجر بسهولة كبيرة، وكذلك يمكن استخدام هذه البوليسترات كالأوتاد[١٠]. وكما هو الحال مع كل المواد اللاصقة، حيث إنها يجب أن تكون أقوى من المادة الأثرية التي تقوم بلصقها، فإنه يجب عدم استخدامها على الحجارة المتداعية أو المتفتتة قبل تقويتها.

(٤,٢,٧) ملخص

عند الرفع، تترك الأتربة الملتصقة بالقطع الأثرية التي من المرجح أن تكون مزينة أو ملونة أو استخدمت للكشط (القسم ٤,٢,١). ولا يغسل في الموقع إلاّ الحجر الصلب غير المسامي وغير المزين. أما أي نظافة أخرى، كاللصق أو التقوية فيجب أن تتم في المختبر.

وفي العادة يجف الحجر الرطب بأمان – إلاّ إذا كان مدهوناً أو إذا كان طفلاً صفحياً أو صخرة ترسبية طينية– إذا كان من موقع أثري يحتوي على مستوى منخفض من الأملاح القابلة للذوبان. فإذا كانت القطعة الأثرية واحدة من هذه الفئات المستثناة، فإنها تحفظ رطبة (القسم ٣,٤,١,١) حتى تتم معالجتها. ومن الضروري ألاّ تترك الحجارة المستخرجة من مياه بحرية لتجف، حيث يجب وضعها مباشرة في حاويات من الماء العذب، حيث تجري عملية استخلاص الأملاح. ويمكن تنفيذ استخلاص الأملاح من الأحجار الرطبة والصلبة غير المسامية ببساطة عن طريق غمرها في ماء عذب يتم تغييره بضع مرات فقط. أما بالنسبة للحجارة الهشة والأقل مساميةً، فإن الأمر ليس سهلاً، وقد يتضمن عملية مطولة تجب، خلالها، مراقبة استخلاص الأملاح بحذر شديد.

وتشكل الحجارة المتكونة من الترسبات الملحية مشكلات مختلفة؛ فإذا كانت متماسكة بواسطة بلورات الأملاح، فإن التبليل سوف يؤدي إلى انهيارها. وفي هذه الحالة، من الضروري، تخزينها في معدل رطوبة نسبية منخفض غير متقلب (القسم ٣,٤,١,١).

تستطيع الحجارة الصلبة ومعظم الحجارة التي تمت معالجتها الصمود في حالة تخزينها لفترة طويلة عبر مدى معقول من الرطوبة النسبية المحيطة. أما الحجارة الهشة، الملحية أو المتقشرة، والطفل الصفحي والباريت، فتتطلب تحكماً شديداً بالرطوبة النسبية ودرجة الحرارة. ويجب أن يكون تخزين أنواع الحجارة كافة في مخازن خالية من الغبار، كما يفضل تغطية المواد الكبيرة بقماش خفيف الوزن منفذ للسوائل.

(٤,٣) المواد الإسمنتية* ومركباتها

يتضمن هذا القسم المواد غير العضوية التي تستخدم الإسمنت الذي ساعد في صنع الملاط، والجص، واللوحات الجصية الملونة، والخرسانة، والفسيفساء ... إلخ. وبينما يمكن تعريف المواد نفسها من خلال الغرض من استخدامها، فإن تركيباتها التي تتألف منها قد لا تكون واضحة بشكل جلي.

(٤,٣,١) طبيعة المواد

(٤,٣,١,١) مواد التقوية

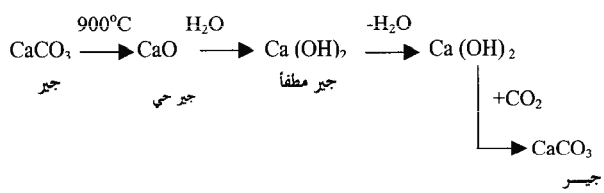
تنقسم هذه المواد إلى مجموعتين من المواد اللاصقة: المواد الإسمنتية غير الهيدروليكية التي تستقر وتجف في الهواء فقط، والهيدروليكية الأكثر قوة التي يمكن تحضيرها تحت الماء ومن ثم فهي غير قابلة للذوبان.

المواد الإسمنتية غير الهيدروليكية لا تقاوم الماء على نحو مطلق، فور استقرارها، ولكن تتفاوت درجة تأثرها بالماء بشكل كبير، فالطين (القسم ٤,٥,١,١) يعد مادة خاماً

* الإسمنتية هنا تعني مواد التقوية وهي المواد المستخدمة في ربط الأشياء بعضها مع بعض مثل الملاط والجص ... إلخ.

إسمنتية، عندما يتعرض للجفاف في الهواء، فإن جزيئاته تتحرك سوياً، ولكونها تصبح في شكل صفائح مستوية، فإنها تملك مناطق سطحية كبيرة قابلة للالتصاق بعضها ببعض وفقاً لحجمها. أما الجبس ($CaSO_4.2H_2O$) فهو مادة إسمنتية أكثر قوة؛ فعندما يسخن إلى حوال ١٥٠ درجة مئوية، لمدة ثلاث ساعات، يتحول إلى جبس (يسمى جبس باريس) ($CaSO_4.{}^1/_2H_2O$). وعندما يخلط بالماء فإنه ينتج، بسرعة، بلورات متداخلة صغيرة من الجبس تتحول إلى كتلة صلبة.

وإذا ما حرق الجبس في درجة حرارة ٦٠٠ مئوية يصبح "ميتاً" متحولاً إلى مادة إسمنتية تستقر ببطء، يوجد هذا النوع في مادة باريان (Parian) أو مادة كيين (Keene) الإسمنتية ($CaSO_4$). ويعطي الجير مادة إسمنتية أكثر صلابة وأكثر مقاومة للماء. وعند حرقه في درجة حرارة ٩٠٠ مئوية فإنه يعطي الجير الحي (CaO) الذي يتحد بدقة بعدئذ مع الماء في غياب ثاني أكسيد الكربون، ويفضل أن يكون ذلك في حفرة لعدة سنين، ليعطي الجير المطفأ ($Ca(OH)_2$). ويتكون هذا أولاً من خلال فقدان الماء ليعطي بلورات الجير المطفأ المتداخلة ومن ثمّ يتحد ببطء مع ثاني أكسيد الكربون ليعطي الجير مرة أخرى.



أما المواد الإسمنتية الهيدروليكية فهي مجموعة من سيليكات الكالسيوم / سيليكات الألمونيوم المميعة التي تتكون ببطء من الماء والجير، في شكل مسحوق من السيليكا أو أكاسيد الألمونيوم. على سبيل المثال؛ $3CaO.2SiO_2.3H_2O$ (التوبيرمورايت) (Tobermorite) و$2CaO.Al_2O_3.SiO_2.nH_2O$. ويمكن العثور على المادة المسحوقة، في

الطبيعة، في التربة البركانية مثل البوزولانا (pozzolana) والتراس (trass) كما توجد في الطين المحروق (القسم ٤,٥,١,١) وكذا الطفل الصفحي (shale). وإذا ما خلطت هذه مع الجير المطفأ، فإنها تعطي خليطاً من المادة الإسمنتية الهيدروليكية وغير الهيدروليكية. ويسمى الخليط الذي يشكل ٥٠٪ من المادة الهيدروليكية المادة شبه الهيدروليكية. وينتج خليط مماثل عندما يتم حرق الطباشير الطينية الرمادية، أو حجر الجير الصلصالي عند درجة حرارة ٩٠٠ مئوية. وتتكون المادة الإسمنتية المحتوية على أكثر من ٦٠٪ من المادة الهيدروليكية عندما يتم حرق الحجر الجيري أو طباشير الطين الجيري.

(٤,٣,١,٢) مركبات التقوية

الملاط والخرسانة والجبس[١١]: كما ذُكر سابقاً، فإن الفرق بين هذه المواد يتمثل في استخدامها أكثر من تركيبتها. ومن ثمّ يمكن استخدام الملاط للمواد الأكثر مرونة، بينما يغطي الجص السطوح المكشوفة أو يحميها. وهناك فرق آخر وهو أن الملاط يخلط معه قطع صغيرة من الأحجار والأتربة بقطر أقل من ٥ ملم، بينما تخلط مع الخرسانة قطع أكبر. وفي الغالب يعدّ الملاط الطيني أو الجص ذا قاعدة طينية، ويمكن أن يحتوي على بعض المواد المتكلسة الذائبة، التي تتبلور في شكل كالسيت عند الجفاف. ونتيجة لاستخدامها في الجدران والأسقف فإنها قد تحتوي على مواد ليفية تساعد على تقويتها وتماسكها رأسياً أو بشكل معلق. فقد يحتوي الطين على قش، ويمكن جعل الجص الضعيف أكثر مرونة بإضافة الشعر إليه. وهذه الإضافات، مثل الرمال الحادة المدببة وغيرها، تؤمن قوة وسماكة للمادة المقوية وتمنع تشققها عندما تجف. ويستخدم جبس باريس السريع – عادة – للصب، وعند إضافة الجلاتين، ينتج سطح أكثر صلابة، وأكثر مقاومة للماء، يعرف باللوحات الجصية الملونة (gesso). وفي مسحوق الجص الجيري، يستبدل الرمل بمسحوق الرخام. وفي كثير من الأحيان، يكون الملاط الجيري

مادة شبه هيدروليكية، وذلك إما لأن الجير يحتوي على بعض الطين أو لإضافة البوزولانا، والطفل المحروق أو القرميد، والأخير يعطي اللون القرمزي. غير أن الجص الجيري النقي الجيد الصنع يمكن أن يتحمل الماء بشكل جيد. وقد يخفق الجير المطفأ، عند استخدامه في المباني مثل داخل جدار حجري سميك، حيث يصعب تكون كربونات الكالسيوم وذلك لعدم وجود الهواء.

اللوحات الجصية الملونة[١٢]: يطلق على الجبس الذي يدهن مصطلح "اللوحات الجصية"، التي بدورها توضع على الدعامة مثل الجدار والحجر وغيرهما. يمكن أن تكون الأرضية متجانسة أو تبنى في شكل طبقات متعددة من السطوح الخشنة، حتى يتشكل سطح مستوٍ. توضع المواد الصبغية (الصبغ) إما على الجص المبلل (فريسكو) (fresco) أو على الجص الجاف (سيكو) (secco). وفي الحالة الأخيرة، تلصق مادة الصبغة على الجص إما عن طريق المواد اللاصقة العضوية الشفافة (المعروفة بالتمبيرا) (tempera) مثل البيض، أو العسل، أو الجلاتين، أو عن طريق استخدام ماء الجير الذي يستقر مثل الجص الجيري (القسم ٤,٣,١,١). ويمكن الحصول على دهان واضح وثابت على الجير، الفريسكو، عن طريق وضع الصبغة على الجص وهو لا يزال مبتلاً؛ أي الموضوع حديثاً، بحيث يندمج اللون في بلورات الجير أثناء تكونها عندما يستقر الجص، وفوق هذا يمكن طلاء التفاصيل في التمبيرا. ومن المحتمل أن تكون المواد الصبغية المطبقة على جدران كهوف الحجر الجيري، ملتصقة بواسطة آلية طبيعية مماثلة لأسلوب (الفريسكو).

يتغير لون المواد الصبغية المستخلصة من مواد عضوية، خاصة الأرجواني والأزرق، في البيئة القلوية، كما يحدث في الفريسكو الأصلي. كما تتغير ألوان مواد صبغية أخرى لأسباب عديدة. لا نود هنا الاستفاضة في الحديث عن تركيب المواد

الصبغية ومداها، حيث إن هناك العديد من الكتب المتنوعة حول هذا الموضوع[١٢]، لكن (الجدول رقم ٤,١) يحتوي على بعض قصور المواد الصبغية العامة.

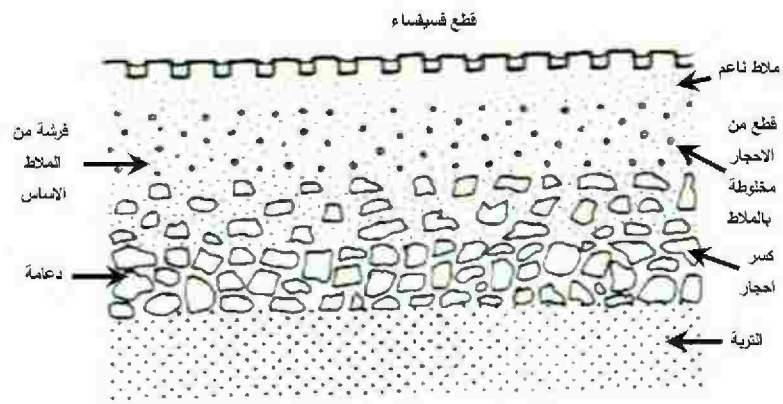
الجدول رقم (٤,١). أمثلة لبعض الأصباغ والألوان العامة.

الأصفر/الأحمر/البني/ الأرجواني	أكاسيد الحديد	مستقرة
الأحمر	سينابار/فيرميلون (HgS)	قد يتحول إلى أسود تحت ضوء الشمس
	الرصاص الأحمر (PbO_4)	بني في كثير من الأحيان
الأحمر/القرمزي	مادار (صبغة)	يتأثر اللون بالرقم الهيدروجيني (pH) والضوء
الأزرق	اللون النيلي/ الوسمة (صبغة)	يتأثر اللون بالرقم الهيدروجيني (pH) والضوء
	زرقة البحر ($2CuCo_3.Cu(OH)_2$)	
		مستقر إلاّ في الرقم الهيدروجيني (pH) الحمضي
	لابيس لازول	مستقر إلاّ في الرقم الهيدروجيني (pH) الحمضي
		مستقرة جداً
	الصبغ الأزرق المصري	
الأخضر	الأخضر الزرعي	مستقر جداً
	المالاكيت ($CuCo_3.Cu(OH)_2$)	مستقر إلاّ في الرقم الهيدروجيني (pH) الحمضي
	زنجار النحاس (أسيتات النحاس)	غير مستقر، قد يسود
الأزرق- الأسود	الفحم	مستقر جداً
الأسود	السناج	مستقر جداً
الأبيض	الجير الأبيض ($CaCO_3$)	مستقر إلاّ في الرقم الهيدروجيني (pH) الحمضي
	الرصاص الأبيض	غير مستقر إذا كان غير نقي أو في الرقم
	($2PbCO_3.Pb(OH)_2$)	الهيدروجيني (pH) الحمضي

الفسيفساء الأرضية[١٣]: كما يمكن أن نجد الفسيفساء على الجدران، إلا أنها أكثر شيوعاً على الأرضيات. وحتى تظل الأرضية، المرصعة بالفسيفساء متماسكةً مع طبقة التربة التحتية، يجب أن يكون لها أساسات جيدة، لامتصاص أي حركة. ويمكن تقويتها أمام عوامل التعرية باستخدام مواد إسمنتية شبه هيدروليكية ومن ثم يضاف

القرميد المكسر إليها، عادة يضاف إليها الملاط الرقيق. وبعد ذلك يمكن تنظيم السطح وتلميعه، لأنه من المهم جداً أن يصبح السطح ناعماً وإلاّ فإنه سيبلى بدرجة سيئة. وبالطبع فإن التطبيق العملي يختلف كثيراً عن النظري (الشكل رقم ٤,١). ترصع الأرضيات بالفسيفساء باستخدام أنواع مختلفة من قطع الزجاج والفخار والرخام والأحجار الملونة التي تعطي تشكيلة من الألوان.

مجالات القرميد: يغطي هذا القسم قرميد الفخار المثبت بالملاط؛ بينما تكون المواد المستخدمة هنا مماثلة لفسيفساء الأرضيات، فإن بناءه، عادة، أقل تعقيداً بكثير، ويمكن تزجيج القرميد بطريقة جيدة.



الشكل رقم (٤,١). التركيب العلمي للفسيفساء الأرضية.

(٤,٣,٢) طبيعة المواد المتحللة

التفتت أو التحول إلى مسحوق: تلين المواد الإسمنتية، غالباً، في التربة الرطبة؛ فالطين يمتص الماء، ويذوب الجص والجير المطفأ ببطء، بينما يتحلل الجير وسيليكات الألمونيوم ببطء شديد، ومن ثم يؤدي ذلك كله إلى تفتت هذه المواد وتحولها إلى مسحوق. أما الشعر والقش فيتعفن مما يضعف الجص. وإذا كانت المادة

الإسمنتية سيئة الصنع منذ البداية، فإن التلف والدمار يحدث بسرعة، فإذا كان الرمل في الجص شديد النعومة أو أملس؛ فلن تكون هناك قوة إمساك كافية، ومن ثم يحدث الانهيار. وبالمثل، إذا كانت القطعة الأثرية كبيرة جداً، فلا تستطيع المادة الإسمنتية تغطيتها كلها. وإذا كان الارتخاء غير مكتمل فستحدث تقشرات يسببها تَشَكُّل $Ca(OH)_2$. وإذا كانت درجة الحرارة عالية بالقدر الكافي يمكن أن يتحول الجص أو الملاط المحروق، في الموقع، إلى الجير الحي. أما الارتخاء الذي يحدث فيما بعد فيمكن أن يكون مؤثراً. أما الفسيفساء التي تكون على مسافة بضعة سنتيمترات تحت سطح الأرض، فإنها حساسة - بشكل خاص — لبقايا النار، حيث تعمل الحرارة على تكسير مكعبات الفسيفساء والمادة الإسمنتية. وبما أن معظم هذه المواد مسامية، فقد تسبب الأملاح القابلة للذوبان والصقيع تلفاً لا يمكن علاجه.

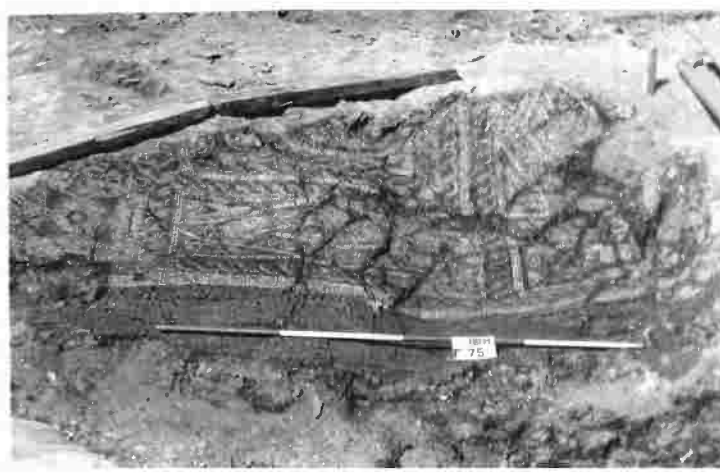
التحجر: في كثير من الأحيان تغطي السطوح الملونة أو الفسيفساء طبقات من الأملاح غير القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٢) وهذه قد تكون متكونة قبل الدفن. ويسهم الملاط أو الجص المتكلس والمتحلل في ظهور هذه الأملاح.

التصلب: عند تعرض الطين للحرق قبل الدفن أو خلاله يتحول إلى سيراميك. ويمكن لترسب الأملاح، غير القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٢)، داخل قاعدة الفسيفساء أو في أساسها، أن تعمل كمادة مقوية وأن تجعلها أقوى من ذي قبل.

تغير اللون: قبل الدفن، يمكن أن يؤثر الضوء في المواد الصبغية (القسم ٤,٣,١,٢) فيحول ألوانها إما إلى ألوان باهتة أو إلى ألوان غامقة، وخلال الدفن يمكن أن تتأثر الألوان أكثر من ذلك بالتحلل، والتفاعل الكيميائي، والحريق أو تغير الرقم الهيدروجيني (pH). ويمكن أن تنفصل ألوان التمبيرا (Tempera) بالاحتكاك أو بواسطة الأملاح القابلة

للذوبان، تاركة أثراً خفيفاً تحت الجص، في الحقيقة يمكن أن تفقد طبقة الألوان الرقيقة كلها بسهولة. ويمكن أن تتلوث هذه المواد المسامية الشاحبة بوجود الحديد أو البكتيريا.

الاستقرار: إذا ما انهارت الأرض تحت أرضية الفسيفساء نتيجة لأي سبب، فإن الفسيفساء سوف تستقر فيها، وتصبح مشوهة ولكنها متماسكة ما لم يكن الملاط هشاً جداً، الأمر الذي قد يؤدي إلى التشقق. (اللوحة ٤,٧).



اللوحة (٤,٧). تثبيت أرضية فسيفساء روماني نتيجة لانهيار التربة التحتية.

(٤,٣,٣) الفحص

يمكن فحص القطع الأثرية، للكشف عن حالتها والتأكد من وجود الرسومات الملونة أو عدمه. في هذا الصدد يمكن الاستعانة بضوء مائل، أو ضوء الأشعة فوق البنفسجية، أو صور الأشعة تحت الحمراء لتحديد موقع التمبيرا المفقودة. ويعدّ فحص الجص والطين من الخلف في غاية الأهمية، لتحديد نوع الجدار أو السقف المثبت عليه، والمساعدة في إعادة البناء إذا ما تطلب ذلك. وفي حالة الرسم سوف يشمل التحليل لأغراض الترميم، تحديد طريقة وضع الألوان، وقد يتضمن تحديد نوع الأرض والمواد

الصبغية المستخدمة. ويمكن تحقيق ذلك عن طريق التحليل الكيميائي البسيط والفحص البصري لقطاع من الجص تحت المجهر. كما يساعد هذا التحليل البصري في تحديد الإضافات إلى المادة الإسمنتية، لكن للتحديد الأكثر دقة، من الضروري أخذ قطاع عرضي رقيق للفحص، أو أخذ عينات للتحليل المتلف الفيزيائي أو الكيميائي[١٤]. ومن أجل إجراء دراسة مقارنة للجص والملاط، لا يزال هناك غموض حول أفضل الباروميترات التي تستخدم للقياس، فالكيمياء المعهودة لا تفرق بين المادة الإسمنتية القديمة والمواد المضافة، وعلاوة على ذلك، فإن تغير اللون أثناء الدفن يحجب التركيبة الأصلية. لذا فإن معظم العمل ينفذ على الجزء القابل للذوبان في الحمض فقط (سيليكات الألمونيوم، السيليكات، الطين، المعادن الثقيلة).

(٤,٣,٤) التنظيف

يمكن إزالة تقشرات الأوساخ والأملاح بسهولة من هذه المواد بينما لا تزال رطبة، حيث إن هذه التقشرات والأملاح تصبح صلبة جداً بعد أن تجف، ويمكن أن تخلع السطح. يجب مراعاة الحذر الشديد، عند استخدام المواد الكيميائية لإزالة التقشرات، حيث إن المواد الكيميائية ستذوِّب المادة الإسمنتية، وكذا التقشرات، حيث إن لكليهما تركيباً كيمائياً مماثلاً. وتعدّ نظافة ألوان التمبيرا المتقشرة عملاً يحتاج لمهارة عالية، ومن ثم يتطلب يداً ثابتة، وصبراً وأداة تكبير.

(٤,٣,٥) التلف عند الحفر

التفتت، والتقشر مع ظهور التزهر الأبيض أو عدم ظهوره: عندما تكون المواد الأثرية مسامية، وتستخرج من تربة مشبعة بالأملاح، فإن هذه الأملاح القابلة للذوبان من الممكن أن تدمر المادة الأثرية (القسم ٤,١,٢). ويلاحظ هذا بشكل خاص في الجص الملون (التمبيرا)، وذلك لأن الأملاح قد تزيل طبقة الألوان، ويكون الطين*

* الطين النضيج المستخدم في ترصيع الفسيفساء. المترجم.

المرصوص (terracotta tesserae) في الفسيفساء عرضة لذلك حيث إنها رخوة ومسامية. وعندما تضعف المادة الأثرية المركبة بشكل كبير، أثناء الدفن، يمكن أن تنهار عند تجفيفها، وقد لا يكون للأملاح دور في ذلك.

التصلب: عندما تجف المواد الرطبة فإنها قد تتصلب، وقد يكون هذا مفيداً، لكن يجب تجنبه إذا ما صاحبه تصلب وانكماش للأوساخ أو التقشرات على الألوان.

تغير اللون: قد تصبح المواد الصبغية أكثر عرضة للتحلل عندما تكتشف. فعندما تكشف للضوء قد تشحب ألوانها أو تصبح داكنة، وخاصة إذا صاحبها تلوث في شكل كبريت.

المواد التي تترك مكشوفة في الموقع: لا يتوقع أن تتعرض هذه المواد للتلف خلال فترة الدفن، بل قد تعيش فترة طويلة جداً. واللوحات الجصية والفسيفساء لم تنشأ في المقام الأول لتكون مكشوفة للبيئة الخارجية. حيث إنها حساسة جداً للأحوال الجوية، مثل الرياح والأمطار والصقيع، والتي تسبب التلف خاصة في الفسيفساء غير المكتملة. نمو النبات (الجذور، والإفرازات الحمضية) يؤدي أيضاً إلى التلف، وكذلك قلع الأعشاب الطفيلية يمكن أن يكون أكثر دماراً.

تشكل الأملاح القابلة للذوبان مشكلة خاصة؛ ففي أثناء جفاف سطح المادة المسامية في الريح وتحت أشعة الشمس، يتم سحب الماء مع الأملاح الذائبة من طبقة الأرض السفلى إلى أعلى. وتتبلور الأملاح أثناء تَبَخُّر الماء ومن ثم تعمل على تدمير الأوجه المكشوفة، مما يسبب تلفاً مصحوباً بارتفاع في الرطوبة.

يمكن أن تغطي طبقة رقيقة من كربونات الكالسيوم الألوان على جدران كهوف الحجارة الجيرية وحتى على جدران المباني. ويحدث هذا عندما يكون الماء الأرضي مشبعاً بثاني أكسيد الكربون، ويخرج الجير المذاب إلى هواء الكهف المفتوح، على سبيل المثال، ومن ثم يتسرب ثاني أكسيد الكربون وتترسب كربونات الكالسيوم (٤,١,٢).

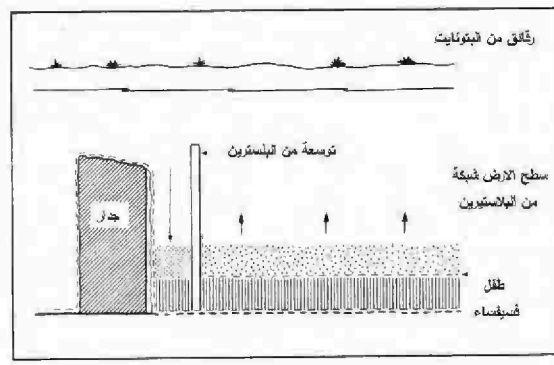
غير أن البكتيريا قد تؤدي دوراً هنا. وقد يتسبب نمو الطحالب في الزوايا الرطبة في تغطية سطح اللوحات الجصية.

(٤,٣,٦) الاستقرارية

(٤,٣,٦,١) الأساليب الوقائية

يمكن منع التلف الذي يحدث عند الحفر، الذي يسببه التجفيف والضوء، ببساطة، عن طريق التحكم في هذه العناصر فوراً. وإذا لم تكون هناك خطة محكمة لرفع المادة الأثرية من الموقع ثم يتبعه تحكم متواصل في غضون أشهر، فإن من الواجب أن تطمر، هذه المادة الأثرية مرة أخرى بمواد خاصة لمنع تلف آتٍ لا محالة. ويجب أن تسمح هذه المواد الخاصة المستخدمة في الطمر بمرور بخار الماء دون أن تسمح بمرور السوائل، حتى لا تسبب الرطوبة تلفاً. علاوة على ذلك، يجب أن تمنع هذه المواد التلف الذي يسببه الصقيع والتعرية. لذا يجب تجنب استخدام شرائح البولي إيثيلين ويقترح استخدام مادة خاملة مثل Vermiculite (الميكا المتمددة) المضغوطة بواسطة الطين والتربة (الشكل رقم ٤.٢). في حالة الرسومات الجدارية في الكهوف، يمكن أن يؤدي أي تغيير اصطناعي للجو إلى نتائج وخيمة، ومن ثم من الضروري إجراء دراسة أولية قبل التدخل[١٦].

وبما أن الجص ، والجص الملون ، والفسيفساء جزء من الخطة المعمارية للمبنى، فإنه يفضل تركها في مكانها. ومن الناحية العملية فإن الترميم بالتحكم في البيئة (passive technique) وحدها ليس ممكناً، وفي كثير من الأحيان يتحقق نجاح أكبر عن طريق رفع هذه المواد الأثرية تماماً، حيث يتم استقرارها عملياً (actively stabilizing)، ومن ثم ترجع إلى مواقعها الأصلية المحمية بواسطة مجارٍ ضد الرطوبة، وأماكن الحماية ... إلخ[١٧].



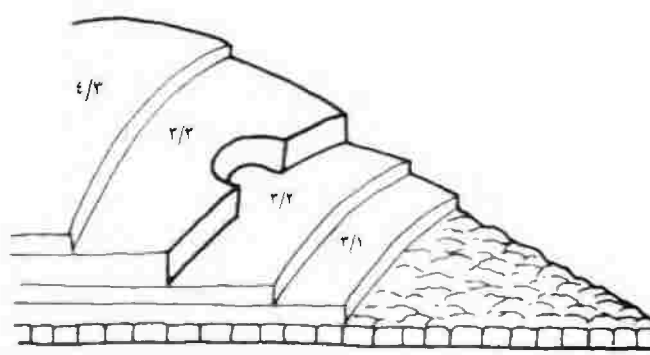
الشكل رقم (٤,٢). طريقة مقترحة لردم أرضية فسيفسائية.

(٤,٣,٦,٢) الأساليب العلاجية[١٨]

تتضمن تقوية القطع الأثرية الجصية الصغيرة، أو قطع الملاط أو الجص أو الجص الملون أو الطين اللين المتداعية أساليب مماثلة لتلك التي تستخدم للسيراميك (القسم ٤,٥,٦,٢)، غير أن الفسيفساء واللوحات الجصية الكبيرة، سواء كانت في مكانها (على الجدار) أو ساقطة يجب أن ترفع بأساليب وعناية خاصة، حيث تغطى بطبقة مؤقتة من قماش يلصق بمادة لاصقة، قابلة للذوبان، على السطوح الخارجية أو العليا المكشوفة (اللوحتان ٣,٢ و ٤,٨). وهناك مشكلات وطرق مختلفة كثيرة في رفع الرسومات الجدارية من الموقع، يحددها نوع الرسم (فريسكو أو سيكو Fresco or Secco)، وحالة سطح الألوان، وحالة طبقات الجص، ولصق كل طبقة من هذه الطبقات، وانحناء الرسم، واختيار المادة اللاصقة. وعن طريق تغيير الأسلوب، يصبح من الممكن بكل بساطة إزالة طبقة الألوان (Strappo استرابو)، ويكون ذلك مفيداً حيث تكون هناك طبقات ألوان أخرى في الأسفل. وفي العادة تتم إزالة طبقة الألوان بالإضافة إلى طبقة الجص (استاكو Stacco)، لكن في كثير من الأحيان يتم رفع الجدار كله. ويمكن رفع كل الفسيفساء الكبيرة بتغطيتها بقماش يلصق بمادة لاصقة، قابلة للذوبان، مرنة قوية، ومن ثم تُلفّ الفسيفساء مثل السجاد، بينما يفضل خبراء آخرون تقسيمها إلى

أجزاء ورفع كل جزء مسطحاً. وتكمن مشكلة رفع الفسيفساء أو اللوحات الجدارية في التخطيط لذلك، فقد يستغرق ستة أشهر، بينما يستغرق رفعها ست ساعات فقط.

اللوحة (٤,٨). لوحة جصية، في الموقع الأثري، يمكن رفعها أولاً بلصق قماش غطاء ومن ثم فك مناطق الجص.



الشكل (٤,٣). جزء داعم لرصيف فسيفسائي:

١– واجهة من خيش ومادة لاصقة حيوانية (تتم إزالته عندما يكتمل الدعم).

٢– مكعبات فسيفسائية.

٣– دعم.

- **طبقة من الرمل (منكبة على وجهها) ومستحلب** PVAC.

- **طبقة وسادة من الألياف الزجاجية ورايتنج البوليستر.**
- **طبقة من رغوة البولي يوريثان مصبوبة سلفاً.**
- **طبقة وسادة من الألياف الزجاجية ورايتنج البوليستر.**

يتم رفع قطعة اللوحة الجدارية، الساقطة على ظهرها (الوجه إلى أعلى) (أو منكبة على وجهها)، باستخدام مواد لاصقة قابلة للذوبان داعمة. هنا يمكن ملاحظة خطر الاختيار غير الحكيم لتغطية الواجهة. فعندما تتداعى القطع الأثرية أو تتقشر، ما لم تقوّى أولاً، فإن دعامة الواجهة سوف تنزع فقط، ومن ثم ينتج تلف أكثر من عدم استخدامها. عندما يكون السطح متسخاً أو تكون المادة اللاصقة ضعيفة جداً أو لا تلتصق، قد تحدث كارثة عندما يبدأ في رفع القطعة الأثرية وتخفق المادة اللاصقة. إذا ما استخدمت مادة لاصقة قوية جداً، فإنها قد تنكمش وتخلع السطح قبل تنفيذ المعالجة المختبرية.

فور وصول الرسومات الفسيفسائية إلى المختبر يتم وضعها منكبة على وجهها ويفحص الظهر (الخلف) وينظف ويقوّى إذا دعت الضرورة. ويتم وضع دعامة جديدة مصنوعة من مادة خفيفة قوية جداً مثل شبكة ألمونيوم، رايتنج إيبكوسي رغوي أو ألياف زجاجية في الخلف، بحيث يمكن إزالة دعامة الواجهة المؤقتة (الشكل ٤,٣).

عندما لا يرفع الجص بشكل سطح كامل؛ بل بشكل قطع صغيرة، ولا يعاد تركيبها بمساعدة فحص الألوان، وضربات الفرشاة، والعلامات، فحسب؛ بل بواسطة الفحص الدقيق للعلامات على الظهر (الخلف) الذي ثبتت به على الجدار. ومن ثم يتم توصيل الأجزاء بواسطة المواد اللاصقة، ويتم وضع الدعامة كما هو الحال بالنسبة للوحة ممدودةً بالكامل. وعند العرض، يتم تغطية الفجوات، عادة، بواسطة مواد اصطناعية ثم تلون. وتختلف طريقة "إعادة الرسوم" للتصميم الأصلي الذي يتم تحقيقه عن طريق رسم المناطق المفقودة. وهي مسألة خاضعة لأخلاق المهنة والجماليات.

لن يتم نقاش التوازن العملي للمواد هنا، لكن يجب ملاحظة أنه قد يحدث تلف كبير، عندما تطبق هذه الطريقة، وعندما تظل البيئة غير مسيطر عليها. على سبيل المثال، سوف يتعاظم تراكم الرطوبة المرتفعة باستمرار خلف السطح المقوى مما يتسبب في تقشر كل السطح في نهاية المطاف.

(٤,٣,٧) ملخص

إن أهم خطوة في استرجاع أقصى معلومات من اللوحة الملونة الجدارية أو الفسيفساء، هي الرفع من الأرض وما لم يتم ذلك بالشكل الصحيح، فإن المعلومات لا تفقد فحسب بل يضيع الكثير من الوقت سدى.

ومن الأفضل أن ترفع القطع الصغيرة المتكسرة من الجبس أولاً، والتي قد تكون ملونة، لضمان التصاق التربة بالسطح (اللوحة ٤,٩). ويستخدم التغليف "الرطب" لمنع الكشط كذلك.

اللوحة (٤,٩). قطع صغيرة من الجص سقطت من السطح الملون ووجهها إلى الأعلى ويمكن رفعها بوسائل بسيطة.

وتتطلب المساحات الواسعة من الجص الساقط والأماكن المكسوة بالآجر تخطيطاً أولياً. ومن الضروري أن يتم أولاً تسجيل هذه المساحات، وفقاً للخطة وعن

طريق التصوير. ويجب ملاحظة تكيف الجص الساقط للمساعدة في تحديد زمن وقوعه. وإذا لم تتوفر المساعدة، فمن الأفضل رفع القطع والآجر بشكل فردي (كما مر سابقاً) ووضعها على القالب الورقي الذي أُعدّ سلفاً[١٩]. ويمكن ترقيم القطع وتغليفها حسب ما ورد أعلاه. من الضروري رفع القطع "غير الملونة" البيضاء وكذا تلك المطلية بالبولي كروم، وما عدا ذلك فإن إعادة البناء في تاريخ لاحق سوف تعاق بشكل كبير. إذا كان الجص أو الآجر ضعيفاً جداً لدرجة لا تسمح بالرفع كقطع فردية أو إذا كانت الفسيفساء أو الرسومات الجدارية في الموقع غير مغطاة، فإنه يجب اللجوء لمتخصص في أسرع وقت ممكن. في هذه الأثناء، يجب الاحتفاظ بالمواد الأثرية رطبة وذلك بتغطيتها بواسطة شرائح البولي إيثلين، وتفضل السوداء منها، لحجب ضوء الشمس.

لا يُنظف الجص الملون في الموقع على الإطلاق، أما المواد الصلبة الأخرى فيمكن مسحها برفق، لكن لا تغمس إطلاقاً في الماء. يمكن نزع الأملاح من القرميد الأرضي من المواقع المالحة في الموقع بالطريقة نفسها الموصوفة بالنسبة للسيراميك (القسم ٤,٥,٨,٢). يجب أن تغلف المواد الأثرية كافة لمنع الاحتكاك بين القطع.

وإذا كانت المادة الأثرية سترفع في الموقع، فيجب طلب مساعدة الخبير. من المرجح أن يقترح الردم، لكنه لا يكون ناجحاً إلاّ إذا طُبق بشكل صحيح[٢٠]. حيث إن الإجراءات غير الصحيحة يمكن أن تؤدي إلى تراكم الماء بكل ما فيه من مشكلات، أو إلى تفتت القطعة الأثرية بواسطة تقلبات الطقس.

أثناء التخزين يجب الاحتفاظ بالمادة المعالجة بعيدة عن الغبار. أما الرطوبة النسبية فيتم الاحتفاظ بها أدنى من ٦٥٪ لمنع نمو الطحلب الملوث والبكتيريا.

(٤,٤) الزجاج[٢١]

(٤,٤,١) طبيعة المواد

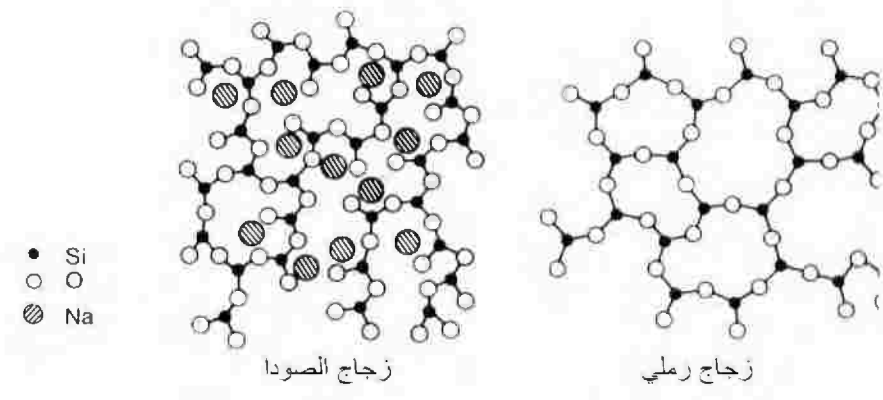
(٤,٤,١,١) الزجاج[٢٢]

السيليكا (SiO2) هي أساس الزجاج، أما في الكوارتز والصوان فيكون ترتيبه بلورياً متماثلاً، إلا أنه هنا يترتب عشوائياً في شكل شبكة ثلاثية الأبعاد تماماً. فعندما تبرد المادة المنصهرة بسرعة حتى يستطيع الترتيب الكامل للذرات محاذاة نفسه أثناء استقراره، تتشكل شبكة عشوائية عوضاً عن ذلك. يعطي هذا الزجاج الناتج بعض الخصائص المشابهة للسوائل، ونقطة انصهار غير دقيقة. درجة انصهار سيليكا الزجاج النقي حوالي ١٧٠٠ درجة مئوية، وتهبط هذه الدرجة إلى أقل من ١٠٠٠ درجة مئوية عند وجود الشوائب أو إدخالها (مواد معدّلة). وتعمل الأكسيدات القاعدية أحادية

$$-Si-O-Si- \xrightarrow{R_2O} -Si-O^- \quad {}^{R^+}_{R^+}O^- \quad -Si-$$

التكافؤ (R_2O)، مثل الصودا أو المواد المعدلة البوتاس (K_2O)، مساعدات صهر عن طريق قطع بعض روابط السيليكون- الأكسجين ومن ثم كسر الشبكة المتواصلة. وتصبح ذرات الأكسجين غير المرتبطة ذات شحنة سالبة، وممسكة بارتخاء بالكاتيونات أحادية التكافؤ في مساحات الشبكة (الشكل رقم ٤,٤).

ويكون هذا الارتباط ضعيفاً، ويمكن أن تخرج الكاتيونات من الشبكة في وجود الماء؛ مما يجعل هذا الزجاج قابلاً للذوبان في الماء. وللتغلب على هذا النوع الثاني من المواد المعدلة، يجب إضافة مواد استقرار، أكاسيد ثنائية التكافؤ (RO) مثل الجير أو الماغنيزيا (MgO). ولكونها مشحونة فإن بعضها يلتصق ببعض بشدة أكثر من الأيونات أحادية التكافؤ، ومن ثم تبقي على التدفقات داخل الشبكة.



الشكل رقم (٤,٤). ترتيب العناصر في الزجاج.

يعدّ محتوى السيليكا وتوازنها، والمادة المساعدة على الانصهار والمعادل ($SiO:R_2O:RO$) في الزجاج حيوياً في تحديد درجة انصهاره وخاصيته. فالزجاج المكون من الصودا-الجير يحتوي على ٧٣٪ سيليكا، و٢٢٪ مادة مساعدة على الانصهار، و٥٪ معادل له درجة انصهار حوالي ٧٢٥ درجة مئوية، بينما يتصلب زجاج البوتاس بسرعة أكبر وعند درجة حرارة أعلى. ويكون الأول أكثر لمعاناً من الأخير، بينما يمكن قطع بلور الرصاص (هنا الرصاص بديل السيليكا)، بسهولة، لكونه مرناً، معطياً لمعاناً أكثر. كما يستخدم الرصاص لعمل الزجاج القابل للدمج المطلوب لصناعة المينا (القسم ٥,١,٢,٦).

في العادة يتكون اللون في الزجاج بواسطة أيونات المعدن الانتقالية المستبقاة في الشبكة؛ مثل الأيونات المعادلة. ويعتمد اللون النهائي[٢٣] على أحوال الاختزال والأكسدة في الزجاج، وخلائط الأيونات الموجودة والتركيزات الدقيقة جداً للأيونات، ومن ثم فمن الخطورة تخمين الأيونات المسئولة عن لون معين. ويمكن تمييز اللون بواسطة الإضافات. وعليه فإن اللون الأزرق المخضر للحديد المختزل يتضاءل

بواسطة إدخال أيونات المانجنيز القرمزية. حيث إن الحديد يتأكسد إلى لون أخضر ويظهر عديم اللون عند مشاهدته من خلال اللون القرمزي من المانجنيز. ويمكن لبعض المركبات المعدنية أن تجعل من الزجاج غير شفاف، لكن يمكن أن تجعله شفافاً، فهو قد يظهر غير شفاف من جراء الكميات الكبيرة لفقاقيع الغاز.

يمكن صناعة القطع الزجاجية الأثرية في مكان ما وتشكيلها في مكان آخر. ويختلف هذا النشاط الأخير بشكل كبير ابتداء من تكسير الكتل الصلبة من الزجاج وطحنها، إلى ثني الزجاج المرن، الذي يتطلب درجة حرارة بمعدل ٥٠٠ درجة مئوية فقط، إلى نفخ الزجاج المنصهر، الذي يتطلب حرارة أكثر (حوالي ١٠٠٠ درجة مئوية). ويلاحظ أن أي أسلوب تشكيل يترك بصماته الخاصة به في الشكل العام للمادة، وتركيبها الكيميائي (بعض الزجاج أكثر ملاءمة للقطع والبعض أكثر ملاءمة للنفخ ... إلخ)، وبقايا مرئية صغيرة مثل الفقاقيع وعلامات الأدوات المستخدمة.

(٤,٤,١,٢) المواد المرتبطة

كما ذكر في (القسم ٥,١,٢,٦)، يمكن طلي المعادن[٢٤] بالزجاج الذي يصبح مرناً تحت درجة انصهار المعدن، ومن ثم يتدفق ليغطي المعدن الذي يلتصق به ويكون له معامل تمدد مماثل للمعدن. والزجاج المحتوي على رصاص بكثافة عادة ما يلائم هذه المتطلبات. ويمكن أيضاً وضع الزجاج داخل الجص عن طريق أسلوب يعرف بـ(أوبس سكتايل) (*opus sectile*). يمكن زخرفة القطع الزجاجية بحرق الزجاج المسحوق عليها، أو بعض مساحيق المعادن، أو بالتذهيب أو بالألوان غير المحروقة المطبقة باللك، أو الورنيش أو الزيت. ويمكن تطبيق الذهب بأسلوب يعرف باسم "ساندويتش الذهب"، عندما يكون هناك تصميم على رقيقة ذهبية تلصق على قطعة زجاجية ثم تغطى بطبقة رقيقة ثانية من الزجاج. ويتم طلي زجاج النوافذ إما بواسطة الطلي بالمينا، أو حرق

خليط الزجاج المسحوق وأكسيد الحديد، أو لون أصفر مع الفضة عن طريق الحرق بواسطة كبريتيد الفضة. ويمكن العثور على زجاج النوافذ مع ما يرتبط معه – في الغالب – كالرصاص، حيث يكون الإطار من الحديد، أو الخشب أو الجص وحتى المعجون.

(٤,٤,١,٣) المواد شبه الزجاجية[٢٥]

تشمل هذه الفئة المواد التي تبدو زجاجية لكنها في الحقيقة ليست كذلك، وتلك المصنوعة من الزجاج ولكن في شكل مغشوش. إذا حرق خليط من المعادل ($SiO:R_2O:RO$)، والرمل وأكسيد النحاس أو الملاخايت في درجة حرارة تصل إلى ١٠٠٠ درجة مئوية، فإنه سيتكون نوع من الخزف يسمى بـ (فينس) (Faience) (أي الخزف المزخرف). ويظهر هذا في شكل جسم أصفر شاحب من الحبيبات الرملية الملتصقة سوياً مع الزجاج بواسطة قشرة زرقاء من سطح أملس لامع يتشكل ذاتياً. ومن ناحية أخرى، إذا حرق الزجاج الأزرق وعجينة الجير عند حوالي درجة حرارة ٨٥٠ درجة مئوية، فإنه سوف تنتج مادة طباشيرية ناعمة (غير لامعة) تصبح زرقاء شاحبة في مجملها. وهذا ما يعرف باسم الفريتة (frit)* وقد تحتوي على شكل بلوري ($CuO.CuO.4SiO_2$). والزجاج الذي يكون في شكل خبث رمادي – شاحب/أخضر يتشكل بوصفه منتجاً عرضياً من العديد من المواد المختلفة مثل الزجاج الذي يتكون من نفسه في الأفران، وكذلك الحرق المفرط للطين. يحدث خبث الرماد – الوقود هذا أينما وجدت المواد الخام للزجاج متحدة، وبلغت درجات الحرارة حوالي ٨٠٠ درجة مئوية. ويمكن أن يكون خبث المعدن الداكن اللون، الناتج من الشوائب غير المعدنية في خامات المعادن، لامعاً إلى حد ما. لذا، فإن الخبث الناتج من الصهر أو الحدادة لكل

*مزيج متكلس من الرمل والمواد المصهورة لصنع الزجاج. المترجم.

من الحديد والنحاس هو بشكل أساسي خليط من بلورة الفلايت ($2FeO.SiO_2$) والزجاج.

(٤,٤,٢) طبيعة تلف المواد

يعتمد تلف الزجاج[٢٦] على تركيبته، وزمن حرقه، وبيئة دفنه ومدته. يمكن أن يظهر الزجاج تالفاً جداً في حالات مختلفة، وقد يكون من الخطأ الحكم على تركيب الزجاج من خلال حالته لأن هناك عوامل كثيرة تكون مسؤولة عن ذلك. وعموماً، فإن الزجاج الذي يحتوي على قليل جداً من السيليكا يكون غير مستقر في وجود الرطوبة، وإذا كان هناك محتوى من الجير (RO) أقل أو أكثر من الحد الأمثل وهو ١٠٪، فإن هذا يشكل أيضاً عدم استقرارية. ويلاحظ أن لزجاج الصودا تقريباً ضعف قوة تحمل زجاج البوتاس، وذلك ربما لأن أيون البوتاسيوم أكبر من أيون الصوديوم، لذا فإن فقدانه خلال الدفن قد يسبب تلفاً أكبر. ولزيادة الاستقرارية يمكن إضافة نسبة مئوية قليلة من الألمونيا (Al_2O_3). كما أن الخدوش والتشققات (الصدوع) في الزجاج تعزز من التلف بحيث يظهر وكأنه نحت مقصود. رغم أن هناك بحوثاً مكثفة تناولت تلف الزجاج، إلا أن الأمر يلزم جهداً أكبر خاصة فيما يتعلق بمجال التنبؤ بالتلف المرجح. وسنناقش لاحقاً التلف الذي تحدثه العوامل البيئية إلاّ أن الرطوبة تعدّ العامل الرئيس. ويعرف التلف عموماً بـ "التعرية" والأماكن التالفة من الزجاج تعرف باسم "القشرة المتعرية".

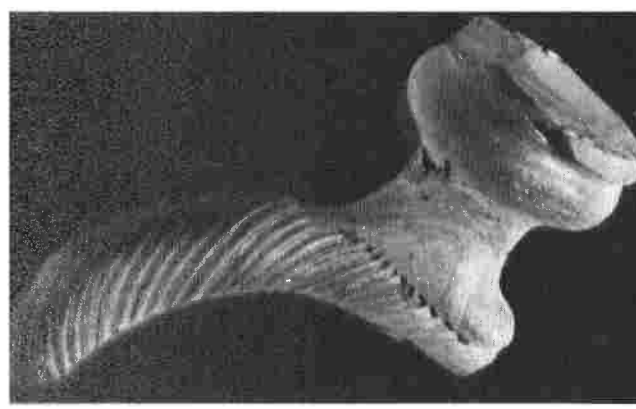
(٤,٤,٢,١) المظهر

الحالة الجيدة: إذا كان تركيب الزجاج ملائماً للاستقرارية تماماً، أو كان غير متزن قليلاً، مع غياب الماء من البيئة، يمكن للزجاج أن يظل في حالة جيدة حتى بعد دفنه لآلاف السنين. وفي كثير من الأحيان لا تتوفر هذه الأحوال، وقد يبدو الزجاج في حالة جيدة، إلاّ أنه في الحقيقة يكون قد تعرض لتلف دقيق. وذلك بسبب ذوبان السطح، كما

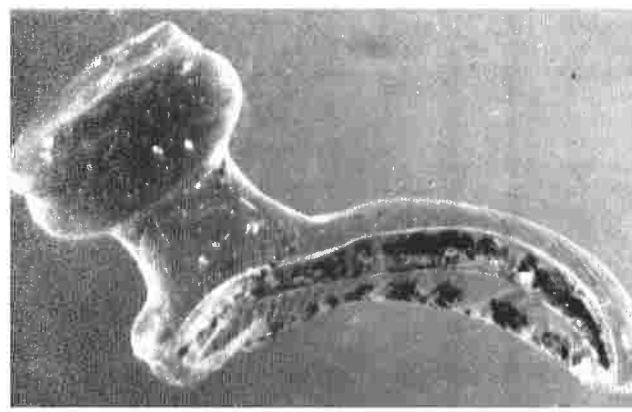
سيوضح لاحقاً، إلاّ أن آثار التعرية لا تظهر ومن ثم يبدو الزجاج لامعاً. وإذا كان الزجاج مبتلاً، فقد يكون أكثر تلفاً من هذا حيث إن الماء يحجب حالته الحقيقية.

التقرّح والبهتان (اللوحة ٤,١٠): عندما يتعرض الزجاج للرطوبة، فإن أيونات المعدن القلوية (R^+) تترشح ببطء لتحل محلها البروتونات (H^+) من الماء. وتفقد طبقة السطح طبيعتها اللامعة ومعامل الانكسار المتميز، ومن ثم تظهر باهتة أو متقرحة. ومثلما تظهر الطبقة الرقيقة من الزيت على الماء، كذلك يظهر سطح الزجاج البالي شبه الشفاف، عندما يكون سمكه أقل من ٠,٩ ميكروميتر. غير أنه إذا أدخل سائل، مثل الماء، في هذه الطبقة المتعرية، فإن عدم انسجام معامل الانكسار سيزول ويصبح التلف غير مرئي. لذا، فإن الزجاج الرطب قد يبدو عند الحفر بحالة أفضل مما هو عليه بالفعل. وقد يشتمل السطح المتقرح على عدد كبير من الطبقات المتعرية الرقيقة جداً.

لم تعرف بعد بالضبط أسباب تلف الزجاج في شكل طبقات. فمن المحتمل أنه أثناء استبدال البروتونات بأيونات الصوديوم الكبيرة وحتى البوتاسيوم يتسبب الجهد الفيزيائي على الهيكل في تمزيق طبقات السطح المرشحة. ويمكن أن يتغلغل الماء، ويهاجم الزجاج النقي في الأسفل، ومن ثم تكرر هذه العملية مرة تلو الأخرى.



(أ)



(ب)

اللوحة (٤,١٠). زجاج متقرح اللون: (أ) زجاج تالف يبين تقرح اللون. (ب) الزجاج نفسه وقد تم غمره في سائل يزيل تقرح اللون عن طريق إحلال الهواء في السطح المتعري.

السطح غير الشفاف ممكن أن يتصفّح: عند فحص مثل هذا النوع من السطح المتعري، سيتضح أنه مكون من عدد كبير من الطبقات (اللوحة ٤,١١).

اللوحة (٤,١١). صورة مجهرية فوتوغرافية لمقطع عرضي لقطعة من الزجاج التالف تبين طبقة القشرة المتعرية، من المحتمل أن تكون الربش المسودّة نتيجة لأكسدة الحديد والمانجنيز في الزجاج.

ويمكن أن تكون الطبقة ملتصقة بطبقة أخرى وقد تخترق المادة، أو قد تكون قشرة وسطحية. وحيث إن هذه الطبقات جافة بشكل كبير، فإذا كانت درجة رطوبة المادة المترسبة متذبذبة، فإنها قد تنكمش وتتمدد محدثة تقشراً. ويكون مركز الزجاج الذي يكشف عنه عند فصل الطبقات خشناً أثناء انكشاف الشقوق والفقاقيع داخل جسم الزجاج. علاوة على ذلك، لا يكون التعري (التلف) منتظماً ويتم تآكل المركز في شكل تصدعات متموجة.

وقد يبدو أن زجاج المينا لا يتقشر بهذه الطريقة، إلاّ أنه قد يظهر باهتاً ومتشققاً بسبب التلف. تصنع العديد من أنواع مواد المينا، أصلاً، من زجاج غير شفاف يتم طحنه

ويُلْحم في الموقع القسم ٥,١,٢,٦)، مثل هذا الالتحام لا يكون كاملاً دائماً. عليه، من الممكن أن يسبب تلف المينا والقصور في الصنع تشويشاً للمرمم (اللوحة ٤,١٢).

اللوحة (٤,١٢). التصاق منطقتين من زجاج مينا (Champleve) يوضح (فربتة) غير كاملة الالتحام بدلاً عن التلف.

الفقدان الكامل للشكل اللامع: يمكن أن يبقى الزجاج، التالف بشدة، فقط في شكل كتلة طباشيرية من جل السيلكيا ويصبح من الصعب التعرف إليها كزجاج.

تغير اللون: لا تترشح الأيونات المتدفقة من شبكة الزجاج بواسطة الماء فحسب ولكن من أية أيونات معدنية ملونة موجودة. بالمقابل، يمكن أن يتغير لون الأيونات في الموقع بواسطة التأكسد؛ لذا يمكن أن يترسب أكسيد المانجنيز من أيونات المنجنيز (MnO_2) ويصبح النحاس الأسود/ الكوبريت (أكسيد النحاس الأحمر) للمينا في لون النحاس الأخضر (II). أخيراً، يمكن أن تتلوّن الأيونات من البيئة، حيث تسود القشرة عديمة اللون بواسطة الحديد أو المنجنيز أو تخضر بواسطة منتجات تآكل النحاس. يمكن أن يسودّ

زجاج الرصاص بواسطة كبريتيد الرصاص في ترسب غير هوائي رطب. من المحتمل أن تؤدي البكتيريا دوراً في كل من تحلل واسوداد هذا النوع والأنواع الأخرى من الزجاج.

التقشر: في هذه الحالة يصبح الزجاج والقشور المتعرية محجوبة بسبب تقشرات الأملاح غير القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٢). وقد تكون هذه التقشرات منتشرة بشكل خاص عند ترشيح الجير الزائد في الزجاج لتكوّن راسباً أبيضاً على السطح أو داخل الطبقات المتحللة للزجاج مكونة مصفوفة متواصلة.

(٤,٤,٢,٢) وجود الزجاج أو غيابه في الموقع الأثري

يعتمد تلف الزجاج – كما ذكرنا سابقاً – على عدد من العوامل. ففيما يختص بالتركيب، إذا كان زجاج سيئ الصنع موجوداً في تربة رطبة، فإنه سيتحلل تماماً خلال مئات السنين (معدل التحلل= ٣–٥ مليميتر لكل ألف سنة). ومن الأمثلة الرئيسة لهذا الزجاج، في أوروبا الغربية، زجاج غابات العصور الوسطى المصنوع من البوتاس والقليل جداً من السيليكا، وبعض زجاج رافينسكروفت (Ravenscroft) في القرن السابع عشر، وبعض زجاج مدينة البندقية في القرن الثامن عشر، حيث إن كليهما يحتوي على القليل جداً من المواد المثبتة. ويعدّ غياب الماء من عوامل حفظ أي زجاج، بينما تعدّ الرطوبة، والتربة القلوية وماء البحر – بشكل خاص – من عوامل تلف الزجاج. وهذا ليس بسبب ترشح مساعد الانصهار فحسب، بل بسبب تحلل بقايا جل السيليكا نفسه. ومن ثم فإن التربة القلوية تهاجم الزجاج سيئ الصنع عشر مرات أسرع من التربة الحمضية، حيث لا يوجد زجاج يتحمل رقماً هيدروجينياً (pH) أكبر من ٩. وفي الوقت الحاضر تجرى تجارب دفن في محاولة لفهم أسباب تلف الزجاج بشكل أكثر دقة.

(٤,٤,٣) الفحص

قبل عملية التنظيف وخلالها من الضروري البحث عن الطلاء، والتمويه بالذهب ... إلخ، الذي كثيراً ما يكون جاهزاً للالتصاق بالتربة والتقشرات أكثر من التصاقه بالقشرة المتعرية للزجاج. وفي حالة فحص الزجاج بالعين المجردة يصعب تخمين عمر الزجاج من خلال حالته (القسم ٤,٤,٢)، إلاّ أنه من الممكن اقتراح شيء عن تركيب مجموعتين من الزجاج في حالتين مختلفتين من الموقع نفسه. وبالمثل يصعب تخمين الأيونات المسئولة عن تلون أي زجاج متبقٍ (القسم ٤,٤,١,١). ويمكن تحديد الطريقة التي ينفخ بها الزجاج من الشكل ومن توزيع فقاقيع الغاز (ليست موجودة في الأحجار الكريمة)، ومن خطوط التشقق الموجودة في أي زجاج متبقٍ. ويمكن فهم طرق الصناعة من خلال تشطيب الحريق، وعدم اللمعان، أو أثر الأدوات على سطح الزجاج غير المتعري[٢٧]. وقد تشير سماكة شظية (ويشمل هذا بالطبع القشرة المتعرية على الزجاج التالف) إلى أي جزء من الوعاء الذي تنتمي إليه، أو إذا كانت في شكل نافذة زجاج فإنها تشير إلى سماكتها. وقد تساعد صور الأشعة السينية أو الأشعة فوق البنفسجية(UV) في تحديد موقع الرسم أو النحت. ويمكن أن يكشف الوزن النسبي لزجاج الرصاص في بعض الأحيان، بكل بساطة، عن صنعته، وللتأكد يجب استخدام الاختبار غير المتلف. ويمكن أن يساعد تحديد معامل الانكسار، الذي يقيس مدى الإبطاء الذي يتعرض له الضوء عندما يمر من خلال الزجاج، وقسوته، في تمييز قطع الزجاج الصغيرة من الأحجار الكريمة والتعرف إلى تركيبها. وقد تم استخدام طرق متخصصة متعددة في تحليل الزجاج للدراسات التقنية ودراسة المصادر[٢٨].

(٤,٤,٤) التنظيف

تنظيف الزجاج يعني إزالة الأتربة أو التقشرات ولا يعني إزالة أية قشرة متعرية، حيث إن هذا يعدّ تدميراً، وإزالة لجزء من القطعة الأثرية الأصلية. وإزالتها تعني أن

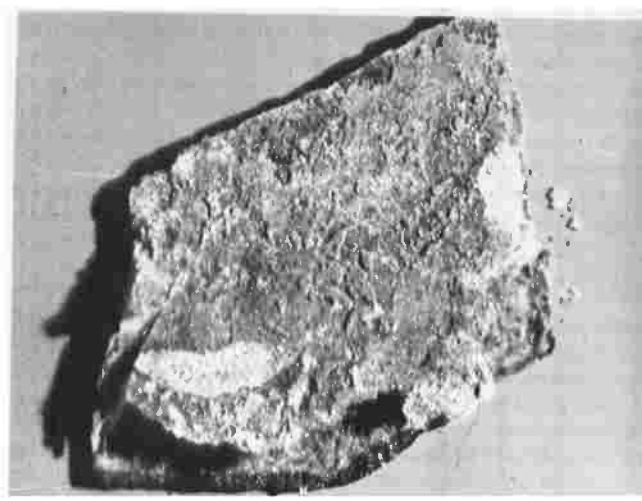
"السطح الأصلي" للزجاج قد دمر وتم تغيير سماكته، والتي هي تقنياً باروميتر مهم من أجل إعادة بناء القطعة الأثرية. وستكشف الإزالة عن مركز (قلب) الزجاج، ومع احتفاظه بلونه الأصلي، إلاّ أن منظره سيكون قبيحاً (القسم ٤,٤,٢,١). ويمكن إزالة الأوساخ ميكانيكياً والزجاج لا يزال رطباً. أما التقشرات فالتعامل معها في غاية الصعوبة، فإذا ما استخدمت مواد كيماوية، فإنها سوف تهاجم أي زجاج متبقٍ، أما الطرق الميكانيكية فيجب أن تتم بمهارة كبيرة. ومن السهل فصل الطبقة المتعرية عندما يكون التقشر متواصلاً معها.

ليس هناك ما يمكن فعله لإرجاع لون طبقة الزجاج المتعرية إلى أصله (القسم ٤,٤,٢,١)، عليه يجب أن تظل قشور النحاس (II) الخضراء المتغيرة اللون على المينا أو سطوح المنجنيز المسودة بهذا اللون. هناك نقطة نقاش تثار عندما يكون الاسوداد نتيجة للترشيح من التربة بدلاً عن عوامل تغيير اللون المؤكسدة، حيث إنه لم يعرف إلاّ القليل حتى الآن عن كيفية التفريق بينها. وحتى يعرف سبب الاسوداد، يجب تركها في مكانها إذا تسبب ذلك في صعوبة رؤية الطلاء. ومن المعروف في المينا، أن الزجاج القوي يقع تحت القشرة المتغيرة اللون، إلاّ أنه في بعض الحالات يمكن أن تزال القشرة، ويملأ السطح غير المستوي براتنج شفاف، لكن هذا لا يكون ملائماً على الدوام[٢٩].

(٤,٤,٥) التلف عند عملية التنقيب

تطور قشرة متعرية على الزجاج الذي يبدو في حالة جيدة، أو التقشر، أو التصفح، أو التداعي (اللوحة ٤,١٣): هذه هي أوجه جفاف الزجاج المتعري كافة. يمكن للماء أن يخفي التلف الحاصل على الزجاج (القسم ٤,٤,٢,١)، ويعمل على توسيع القشرة التالفة، أو يحافظ على تماسك بنية القشرة المتصفحة أو المتشققة عن طريق توتر السطح. وقد اكتشف أن الزجاج الأخضر من مواقع بحرية معينة يعرض هذه الظاهرة في أقصاها. وكلما كان التلف شديداً ودرجة الجفاف أكبر ، كان التلف أكبر

عند الحفر. وفي كل الاحتمالات، يتفاقم التقشر والتصفح بواسطة تبلور الأملاح القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٢) الموجودة في القشرة المسامية. ويتفاقم الأمر - بالتأكيد - بانكماش أية تربة تترك على سطح الزجاج المتحلل.



اللوحة (٤,١٣). شظية لزجاج تالف من العصور الوسطى تبين التقشر لطبقة السطح المتعري المغطاة بالأوساخ عند الجفاف بعد الحفر.

الزجاج الباكي[٣٠]: يمكن أن يتلف الزجاج الذي يحتوي على مادة مثبتة قليلة جداً حتى تحت أحوال المتحف. فعندما ترتفع الرطوبة النسبية إلى أعلى من ٤٢٪، تسيل مادة التثبيت غير المستقر إلى السطح مشكلةً دموعاً قلوية*، قد تسبب، بعد ذلك، تلفاً كبيراً للزجاج. وإذا دفن هذا الزجاج غير المستقر في أجواء جافة جداً، بشكل مستمر، فإن من المحتمل أن تنجو من مشكلة التدمع.

* ولهذا سمي بالزجاج الباكي. المترجم.

(٤,٤,٦) الاستقرارية

(٤,٤,٦,١) الأساليب الوقائية

يمكن تجنب معظم تلف الزجاج المكتشف، مؤقتاً، بالمحافظة على درجة رطوبته، خاصة إذا أتى الزجاج من موقع بحري، حيث يجب اتخاذ احتياطات خاصة لضمان عدم جفاف أي جزء من الزجاج، حتى ولو للحظة.

يكون التخزين المبتل ضاراً على المدى الطويل عندما يبدأ الرقم الهيدروجيني (pH) للمحلول في الارتفاع تدريجياً وعندما يترشح أي زجاج متبقٍ. يمكن استخدام محلول منظم للمحافظة على الرقم الهيدروجيني (pH) في مستوى منخفض، ومن الممكن استخدام المبيدات البكتيرية لمنع التلف الناجم عن البكتيريا. وتعدّ الأبحاث في هذا المجال مهمة بشكل خاص إذا وجهت لحل مشكلة الزجاج البحري.

ولا يمكن تحقيق التوازن للزجاج الباكي إلاّ بالمحافظة على مستوى الرطوبة النسبية (RH) في حوالي ٤٠٪.

(٤,٤,٦,٢) الأساليب العلاجية

هناك أهداف عديدة متعلقة بالتوازن العملي للزجاج المتعري.

أولاً: يجب إزالة الماء بدون أن يحدث انكماش أو تقشر أو تداعٍ للقشرة.

ثانياً: يجب تقوية القشرة.

ثالثاً: يجب إعادة تثبيتها على أي مركز من الزجاج المتبقي.

رابعاً: يجب إدخال الشفافية إن أمكن ذلك. ويحتاج الهدف الأخير هذا إلى تأهيل، فعندما يظهر في الزجاج تقرح لون بسيط، فإن مثل هذا النوع من القشرة يعرف بغشاء القِدَم معطياً جمالاً للمادة. غير أن هذه الطبقات المتقرحة اللون سوف تتقشر ما لم تقوّى، إلاّ أن الاختيار الخطأ للمادة المقوية سوف يطفئ تقرح اللون كلية كما يفعل

الماء (القسم ٤,٤,٢,١). وإذا كانت القشرة المتعرية أكثر سمكاً، فإنها لا تبدو "جميلة" لكنها تعوق رؤية أي زجاج في الأسفل. لذا، يتم عمل محاولات لملء القشرة كلها بالمادة المقوية بحيث تعمل عمل الماء محولة القشرة إلى شفافة. وعندما تكون القشرة أكثر سماكة أو أكثر تلفاً، خاصة عندما تكون متغيرة اللون (زوال اللون)، لا يمكن تحويلها، ومن ثمّ لا بد من تقويتها بدون تغطية كاملة. إلاّ أنه حتى الآن لم تتوافر أنظمة تقوية مناسبة متوافقة مع الزجاج الرطب، قادرة على تحقيق كل هذه الأهداف في جميع الحالات (اللوحة ٤.١٤).بيد أنه يجب التفكير والبحث في اختيار المادة المقوية لكل قطعة[٣١]، ومع ذلك فإن محاولات تقوية الزجاج البحري المتفكك لم تكلل دائماً بالنجاح.

وحتى الآن لا توجد وسائل لتحقيق استقرارية للزجاج "الباكي" غير الطرق الوقائية.

(أ)

(ب)

اللوحة (٤,١٤) معالجة زجاج تالف من القرون الوسطى. (أ) جزء من وعاء زجاجي متعرٍ في تربة رطبة. (ب) الشظايا نفسها بعد المعالجة: الرفع، والتقوية، والإلصاق، وإنهاؤها.

(٤,٤,٧) إعادة التركيب (البناء)

إن عملية إلصاق الزجاج غير المتعري أو قليل التعرية أمر صعب، وذلك لأن محلول اللصق المطبق على حواف الكِسَر لا يمكنه الخروج عبر الزجاج بسبب كثافته. وتكون أوجه الأجزاء المتكسرة ناعمة جداً، بحيث لا تسمح بوضع المادة اللاصقة، وعلاوة على ذلك لا توجد مساحة للوصلات غير الدقيقة. إلا أنه تم تسهيل هذا الوضع عن طريق تطوير راتنجات تجف بالتسخين (القسم ٣,٤,٢,٢) يمكن استخدامها على الزجاج الذي يكون بحالة جيدة، حيث يمكن إزالتها لأنها لا تخترق البنية. إذا تم اختيار الراتنج الذي له معامل انكسار مماثل للزجاج الذي يخضع للمعالجة، فإن الرابط سيكون غير مرئي.

ولا يمكن إلصاق الزجاج المتعري حتى تتم تقويته، ومن ثم يجب أن تكون المادة اللاصقة متوافقة مع المادة المقوية والقشرة الهشة. ويتطلب ملء الفجوات مثل الحواف،

للزجاج ذي اللون المائي، مادة شبه شفافة غير مصفرة، وهي مادة غير متوفرة بكثرة. ولا تعدّ هذه المشكلة كبيرة للعديد من أنواع الزجاج القديم، إلا أن هناك مشكلة أخرى قد تظهر: وهي أن يكون الزجاج رقيقاً جداً بحيث لا يُدَعِم مواد ملء الفجوات. وهناك طريقة حديثة يمكن أن تساعد في حل المشكلة، تتمثل في لصق القطع على مركز شبه شفاف. ولا يمكن تحقيق نتائج جيدة في الإلصاق وملء الفجوات إلاّ عن طريق مهارة عالية واستخدام المواد الصحيحة (اللوحة ٤.١٥)[٣٢].

اللوحة (٤,١٥). يمكن إعادة تركيب الأواني الزجاجية أولاً عن طريق شريط لاصق يزال بعد وضع المادة اللاصقة التي ستنساب داخل التشققات.

(٤,٤,٨) ملخص

عند رفع أي قطعة أثرية زجاجية من التربة، من الأفضل أن تبقى طبقة من التربة أو الأوساخ ملتصقة بالسطح لمنع فقدان التفاصيل. وقبل رفع شريحة من الزجاج من

النافذة، يجب أن يتم التخطيط الدقيق لذلك، وتصوير الخطوات للتوثيق، والمحافظة على بقائها رطبة طيلة هذه المدة وذلك برشها أو تغطيتها بواسطة شرائح البولي إيثلين أو الرغوة. ويجب رفع الشظايا مفردة وترقيمها وفقاً للخطة. كما يجب عدم إزالة الأوساخ أو التقشرات من سطح الزجاج، ويجب معالجة جميع الزجاج كما يعالج الزجاج الرطب ويخزن وفقاً لذلك (القسم ٣,٤,١,١). ويفضل عدم وضع علامات على الزجاج ويجب وضع الشظايا المفردة مستوية في أكياس من البولي إيثلين مع بطاقات مُرقمة صغيرة بحيث تظل أية تقشرات منفصلة في مكانها. ويجب ألاّ يحدث التغليف ضغطاً على الزجاج.

ويمكن أن تحتوي الأوعية الزجاجية على تشققات دقيقة (شعرية)، ومن ثم يجب أن ترفع بمنتهى الحذر، كما هو مقترح في (القسم ٣,١,١,١)، مع أخذ عينة من التربة المحيطة للمقارنة مع المحتويات. وعند رفع وعاء من البحر، قد يتفكك وذلك بسبب وزن الماء الممتص. لذا، يجب وضعه، بحذر، في تربة بحرية أو عشب بحري قبل رفعه (اللوحة ٣,٦). وكما هو الحال بالنسبة للشظايا، يجب عدم تنظيف الأوعية في الموقع، بل يجب تخزينها رطبة (القسم ٣,٤,١,١) وتغليفها تغليفاً جيداً لمنع الكسر.

ولا يمكن على الإطلاق إعادة ما كان للزجاج التالف من الشفافية، لكن قد يصبح من الممكن تقويته. يجب التباحث قبل المعالجة المختبرية لتحديد ما هو مطلوب من القطع الأثرية. وعلى المدى الطويل، يجب حفظ الزجاج الذي يكون بحالة جيدة في معدلات رطوبة نسبية ليست بالمتناهية، ولا في أحوال باردة تسمح بتكوّن الندى. ويجب حماية كل أنواع الزجاج من الأوساخ والغبار، ويجب تناوله بحذر.

(٤,٥) الفخار

(٤,٥,١) طبيعة المواد الفخارية[٣٣]

(٤,٥,١,١) القطع الفخارية

القطع الفخارية مصنوعة من الطين المحروق، ويعتمد تركيبها الدقيق على المحتوى المعدني الأولي وأحوال الحرق ومدته. معدن الطين الأولي الطاغي هو الكاولينايت* (kaolinite) ($Al_2O_3.2SiO_2.2H_2O$)، إلا أن هناك مواد أخرى مثل مونتوموريلونيت (Montomorillonite) والليت (Illites) بتركيبات مختلفة. يخترق الماء البلورات شبه الصفيحية دون المجهرية (= ٠,٠١-٢ ميكروميتر قطراً)، محوِّلة إياها إلى مادة لدنة عندما تكون رطبة ومن ثم تصبح مناسبة لتحويلها إلى كتلة ثلاثية الأبعاد (الشكل رقم ٤,٥).

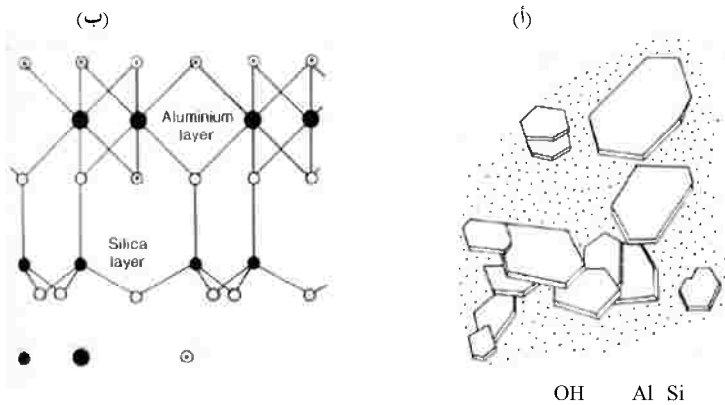
ويحتوي الطين الخام كذلك على كمية مختلفة من المعادن الأخرى خاصة الكوارتز (SiO_2)، والفلسبار (سيليكات الألمونيوم المعدنية القلوية)، وكربونات الكالسيوم المتحجرة ($CaCO_3$)، ومركبات الحديد (مثل $Fe_2O_3.nH_2O$, limonite) والمواد التي تشتمل على الكربون (شبه الفحم Carbonaceaous) المشتق من النبات المتحول والبقايا الحيوانية. إضافة إلى ذلك، يمكن إضافة الرمل أو القطع الصغيرة من كربونات الكالسيوم البلورية، أو الصدف ($CaCO_3$)، أو حجر الصوان المتكلس (SiO_2)، أو الفخار المهشم أو القش، عن قصد لتقوية الطين أو لملء فراغاته لتسهيل تشكيل الأوعية الفخارية وحرقها.

عندما تجفف الأجسام الطينية في الهواء فإنها تفقد لدونتها وتصبح صلبة قليلاً. إذا كانت درجة الحرارة في حدود ١٠٠-١٥٠ درجة مئوية والرطوبة منخفضة، فإن

---

* نوع من الطين الصيني. المترجم.

الثغور والشعيرات ستفقد الماء أيضاً، مما يجعل البنية قابلة للاستخدام مثل الطين غير المحروق أو طوب الطين. يمكن أن تستغرق المادة الأخيرة سنتين كي تجف، لكن إذا منعت من التشبع بالماء فإنها سوف تحتفظ بقوتها لفترة طويلة من الزمن.



الشكل رقم (٤,٥). بنية الطين: (أ) ترتيب الذرات في كاولينايت. (ب) جزئيات الطين لينة بوجود الماء.

وتعدّ المواد الطينية معقدة، فعندما تسخن فإنها تميل للانصهار عند درجات حرارة أدنى من مكوناتها الفردية؛ لذا فإن بعض معادن الطين مثل المونتوموريلونيت (Montmorillonite) تبدأ في الانصهار عند درجات حرارة منخفضة مثل ٤٥٠ درجة مئوية كحد أقصى. عند درجة الحرارة هذه يبدأ الكالوينايت في التحلل، معطياً مادة الميتا كاولين (*meta*- kaolin) وماء. فإذا ما تبع ذلك التبريد، فإن الوعاء الناتج سيكون مثل الفخار نوعاً ما، لكن الغمس المطول في الماء سوف يزيل الجفاف من الميتا كاولين ويحوله إلى كاولين. وبالمقابل، إذا ما ارتفعت درجة الحرارة إلى نحو ٧٠٠ درجة مئوية، فإن قوة المنتج المحروق تزداد بتشكل آخر للميتا كاولين وكذلك بواسطة الزجاج، الذي يتكون بواسطة التدفقات التي تحدث طبيعياً للصوديوم والبوتاسيوم (القسم ٤,٤,١,١) في الطين

والسيليكا. عندما ترتفع درجة الحرارة إلى أعلى من ٧٠٠ درجة مئوية، يتحلل الميتا كاولين ليعطي سباينل البلور* ($2Al_2O_3.3SiO_2$) والسيليكا الدقيقة التي تتحد، بسهولة، مع المعدِّلات (خاصةً CaO وFeO) لتكون الزجاج. وإذا ما تم التبريد، فإن الطين يصبح نوعاً من الفخارغير مرتجع، وحيث إنه تكوّن من السباينل والموليت (mullite)، فإن البلورات التي تتكون عند درجات حرارة عالية تبقى متماسكة بفعل الزجاج. وعند درجات الحرارة فوق ١٠٠٠ درجة مئوية يمكن لبعض أنواع الموليت، التي يمكن أن تصبح زجاجاً، أن تكون أكثر تدفقاً وسيولة. في درجات الحرارة هذه، يدخل الزجاج السائل الثغور المحيطة بالجزيئات المتبقية التي هي في معظمها من الكوارتز وتتحول الآن إلى كريستوباليت (cristobalite). وعند درجات حرارة أعلى، يمكن أن تصبح المكونات المتبقية منصهرة جداً، ومن ثم يتداعى الجسم كله.

وتؤثر الحرارة كذلك على المواد الأخرى الموجودة داخل الكتلة الطينية، ويمكن أن تعمل هذه المواد إما مواد مُصْهِرة (Fluxes) في عملية تشكيل الفخار، أو تسهم في بعض الخواص الأخرى للجسم المحروق الناتج. وتتحلل كربونات الكالسيوم لتعطي ثاني أكسيد الكربون والجير الحي (CaO) لكن يمكن أن يحدث لها تعديل عند التبريد في الهواء الرطب (القسم ٤,٣,١,١). إذا كانت موجودة في كتل كبيرة، فإن رطوبة أكسيد الكالسيوم (CaO) ليتحول إلى هيدروكسيد الكالسيوم ($Ca(OH)_2$) يتضمن تمدداً كبير الحجم قد ينتج عنه قطع للجسم – "فرقعة الطين". وعند درجات حرارة أعلى، يمكن أن يشكل أكسيد الكالسيوم زجاجاً أو سيليكات بلورية معقدة بدلاً من ذلك. وتحترق المادة شبه الفحمية تماماً بوجود أكسجين كاف، وينتج الكربون الذي يمكن أن يحبس في مركز الجسم بواسطة تشكيل الزجاج الأولي. ويتأكسد المجنيتيت الأسود (Fe_3O_4) في وجود

* خام بلوري معدني. المترجم.

الأكسجين إلى هماتايت أحمر (Fe_2O_3)، بينما يتم اختزال الهاميتيت في الجو المختزل إلى مجنيتيت أسود (Fe_3O_4) أو وإستايت (FeO) عند درجات الحرارة الأعلى. ويعتمد اللون النهائي لجسم الفخار، بشكل أساسي، على ثلاثة أمور ذكرت سابقاً، ويعدّ اللون في حد ذاته وثيقة للمحتويات وطريقة حرق المواد الخام (الجدول رقم ٤,٣)

الجدول رقم (٤,٢). تأثير درجة الحرارة على المواد المشكلة للفخار.

درجة الحرارة (مئوية)	التأثير	قابلية الانعكاس
أعلى من ١٠٠	يفقد الماء مرونة	✓
١٠٠-١٥٠	تفقد الشعيرات الماء	✓
أعلى من٤٥٠	تصبح المواد الطينية مرنة عند الأطراف	×
أقل من ٦٠٠	الكاولين- ميتا كاولين+ ماء	(✓)
أكثر من ٧٠٠	ميتا كاولين- إسبانيل ولاحقاً موليت + أكسيد سيليكا	×
	يتكون زجاج غير ناضج ($Na_2O, K_2O + SiO_2$)	×
أعلى من١٠٠٠	تشكيل ضخم للموليت	×
	تشكيل ضخم للزجاج ($CaO, FeO + SiO_2$)	×
	كوارتز ⟵ كريستوباليت	×

تعتمد مسامية الفخار المحروق، جزئياً، على كيفية التحام معادن الطين بعضها مع بعض التحاماً كاملاً وجزئياً، وعلى إذا ما كانت الثغور مليئة بالزجاج، وجزئياً على الحجم الأصلي للجزيئات في الجسم (تعطي الجزيئات الكبيرة منتجاً نهائياً أشد خشونة ومسامية)، وجزئياً على حجم المادة العضوية الأصلية ومحتواها، حيث ستتشكل فجوات عند احتراقها.

الجدول رقم (٤,٣). تأثير درجة الحرارة على مواد أخرى في الأجسام الطينية.

درجة الحرارة (مئوية)	التأثير
أعلى من ٢٠٠	تتأكسد المواد شبه الفحمية ← CO أو CO_2
أعلى من ٤٠٠	Fe_3O_4 (أسود) $\xrightarrow{O_2}$ Fe_2O_3 (أحمر)
أعلى من ٦٥٠	$CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$
٨٠٠	يحترق الكربون كله
٨٢٥	في غياب الأكسجين: Fe_2O_3 (أحمر) $\rightarrow Fe_3O_4 + FeO$ (أسود)
٨٩٨	تتحول كل كربونات الكالسيوم (أكسيد الكالسيوم يمكن أن يتحول إلى زجاج أو مركبات سيليكية معقدة)

عرضنا سابقاً صورة مبسطة للنظام شديد التعقيد، ويلاحظ أن درجات الحرارة التي ذكرت هي الأدنى التي يمكن عندها توقع حدوث ما جرى وصفه في حرق أي جسم طيني. وتعتمد درجة الحرارة التي تحدث فيها على عدد من العوامل، بما في ذلك معادن الطين والتدفقات الموجودة، ومعدّل الحرق ومدته، والجو في الأتون (التنور). وتعرف درجة حرارة نضج معظم الفخار المحروق، في أي فرن، من طينة الفخار نفسه. ويمكن تصنيف الأجسام الفخارية، بشكل عام، وفقاً لدرجة الحرارة هذه، التي تعكس تكوين الجسم الطيني الأصلي ومكونات الفخار (الجدول رقم ٤,٤).

الجدول رقم (٤,٤). درجات حرارة النضج وخصائص الأجسام الفخارية.

درجة الحرارة (مئوية)	الآنية	المكونات المحتملة	الخصائص
٥٠٠-٩٠٠	فخار سيئ الحرق	معادن طينية لاصقة/ميتا-كاولين، لاحقاً موليت، زجاج خام (غير ناضج)، كوارتز، فلسبار، كربونات كالسيوم	مسامية جداً (أكثر من ١٥٪) ناعمة
١٠٥٠-١١٥٠	فخار ضعيف الحرق	موليت، زجاج، كوارتز	مسامية (٦-٨٪) صلبة
١٢٠٠-١٣٠٠	فخار حجري	موليت، زجاج، كريستوباليت	غير مسامية (أقل من ٣٪) صلبة جداً.
١٣٠٠-١٤٥٠	بورسلين	موليت، زجاج	غير مسامية (أقل من ١٪) صلب- صلب جداً فيه نسبة من الزجاج، شبه شفاف

(٤,٥,١,٢) تشطيبات السطح

يمكن محاذاة جزيئات الطين على سطح الوعاء مع الوعاء نفسه، وضغطها ميكانيكياً عن طريق الصقل، عندما تكون بصلابة الجلد؛ لتعطي تشطيباً لامعاً، وممانعة متزايدة لنفاذ الماء بعد الحرق. يمكن إضافة اللون لهذه الطبقة في شكل جرافيت، أو هامتيت أو مسحوق الميكا ليعطي تشطيباً أسود، أو أسود/أحمر أو ذهبياً على التوالي.

يمكن وضع طبقة رقيقة من الطين السائل المخفف، على شكل شريحة على سطح الوعاء المشكل لأغراض الزينة. وعن طريق استخدام طين خاص - عادة - مكون أساساً من الإلايت (illites) الغني بالحديد، يتم إنتاج سطح شديد اللّمعان بلون

أحمر أو أسود (غير زجاجي). والطين المحروق تراكوتا (Terracottas)* ذو الملمس الناعم الباهت، ويسمى (Fine skin)، ناتج عن تدفق طبقة من الطين المخفف أثناء عملية التشكيل.

إن الطلاء الزجاجي الذي يستخدم لغرض الزينة أو لتقليل نفاذية الماء للفخار هو زجاج يلائم كتلة الطين المحروقة. وهو مثل الزجاج يتطلب مكونين هما: المعدِّلات والملونات (القسم ٤,٤,١,١)، إلاّ أن كتلة الطين نفسها قد توفر مكوناً واحداً أو أكثر من هذه المكونات. وتصنف أنواع الطلاء الزجاجية حسب معدِّلها الرئيس في الطلاء القلوي (ويشمل الملح) والطلاء الرصاصي. والمجموعة الأولى مع الصوديوم أو البوتاسيوم أو كلاهما سوياً مع شيء من الكالسيوم - بوصفه معدِّلاً - قد تنضج عند درجات حرارة عالية، وبذلك فهي تستخدم - بشكل عام - على الفخار الحجري. إذا ما استبدل الرصاص بالمعادن القلوية، فإنه يتم الحصول على درجة حرارة نضح منخفضة، وتكون أكثر لمعاناً، حيث إن الرصاص يتطاير عند درجة حرارة ١١٣٠ مئوية، وإن وجود الطلاء الزجاجي الرصاصي يشير إلى درجة حرارة قصوى مستخدمة لحرق الطلاء الزجاجي. ويمكن إعطاء الطلاء الزجاجي لمعاناً عن طريق ترسيب الفضة أو النحاس المحبوس أو كليهما في الزجاج. وهناك تأثيرات أخرى للتزجيج، لا حصر لها، يمكن الحصول عليها لأغراض الزينة، ويجب التفريق بينها وبين إخفاق الطلاء الزجاجي في الحرق. أهم حالات الإخفاق تكمن في التصدع أو التقشر، نتيجة للملاءمة الضعيفة أو التبريد السريع، وينجم انطفاء اللون المحدث بواسطة الحرق غير المكتمل، أو بسبب التبلور الناتج عن التبريد البطيء جداً؛ مما يمنع تشكيل الزجاج. ويلاحظ أن درجة الارتباط بين التزجيج والمعادن الطينية، الكوارتز أو زجاج الجسم، مختلفة جداً.

---

* فخار غير مزجج أحمر اللون خشن الملمس ومسامي هين الحرق، يستخدم في عمل الدمى. المترجم.

ويمكن استخدام الألوان على أدوات غير مصقولة وذلك عن طريق وضع الصبغيات، مثل خامات الحديد الموجودة على الطبيعة التي تحتوي على السيليكا، أو المعادن الطينية التي تربط جزئياً اللون بالجسم أثناء عملية الحرق. وبشكل مغاير يمكن استخدام الشرائح الملونة، لكن عدم الانسجام في درجات حرارة الحرق بين هذه الشرائح والجسم قد يتسبب في حرق غير مكتمل للألوان. بعد الحرق يمكن أن يتلون الفخار المسامي بواسطة أصباغ نباتية أو يمكن أن يغطى بالجير أو بجير اللوحات الجدارية ومن ثم يرسم عليه أو يزين. الألوان المستخدمة في تزيين الأواني عادة ما تُعمل قبل الحرق، لذا فهي تغطى بالزجاج أو تتحد معه.

(٤,٥,١,٣) المواد المرتبطة بالفخار

لزيادة عدم النافذية، يمكن استخدام الرايتنج أو الدهون أو الزيوت على الأوعية المسامية بعد الحرق. ويمكن إصلاح القطع الأثرية باستخدام الجبس أو القار لملء الشقوق، ويمكن استخدام الرايتنج للصق القطع المكسّرة، والمشابك المعدنية – في كثير من الأحيان الرصاص – لتثبيتها. وبشكل طبيعي، لا يمكن حصر أغراض استخدام الأوعية الفخارية التي قد تحتفظ ببعض الآثار التي استخدمت من أجله وقد لا تترك شيئاً، وبالمستوى ذاته فإن مثل هذه الآثار قد تتحمل الدفن أو لا تتحمله. إن الغليان المتواصل للماء العسر في وعاء ما سوف يترك راسباً أبيض سميكاً من كربونات الكالسيوم، بينما تتكون طبقة مماثلة إذا استخدم الوعاء للبول. يمكن أن يصبح الفخار لامعاً بسبب الاستخدام أو لقربه من العديد من العمليات الصناعية، أو قد يكتسب، ببساطة، سطحاً "زجاجياً" متكوناً بواسطة التسخين مصحوباً بخبث رماد الوقود (القسم ٤,٤,١,٣).

(٤,٥,٢) طبيعة الفخار التالف

الهش أو المتفتت: في التربة الرطبة، تتشبع الأوعية الفخارية سيئة الحرق (Underfired earthenware) تدريجياً بالماء لتصبح طيناً، حيث تصبح هشة وقابلة للتفتت،

خاصة عندما يكون السطح خشناً ومسامياً إلى أقصى حد؛ وتظل الأوعية الفخارية ضعيفة الحرق (earthenware)، والأوعية الفخارية الحجرية (Stone ware) والبورسلين (porcelain) متينة. وقد يتفاقم التفتت في الماء الحمضي، أو ماء الأرض العكر عن طريق فقدان مادة الملء الكالسيتية، أو كربونات الكالسيوم (القسم ٤,١,٢).

ومن الممكن أن يصبح الفخار المحروق جيداً هشاً في التربة القلوية بواسطة ذوبان السطح الزجاجي (القسم ٤,٤,٢,١) إلاّ أن ذلك لم يلاحظ في الأحوال البحرية.

السطح المتقشر، الطلاء الزجاجي أو الألوان: إذا كان الفخار الذي يكون فيه معامل التمدد للشريحة، أو الطلاء الزجاجي أو الألوان مختلفاً عن الجسم التحتي، فإنه سيتعرض لتغييرات في درجة الحرارة، وتصدعات رقيقة، ومن ثم يحدث تشظٍّ لهذه الطبقات. وحيث إن السطوح المحروقة أو المصقولة وتلك الناعمة على التراكوتا (القسم ٤,٥,١,٢) تكون تحت ضغط، فإنها تكون عرضة، بشكل خاص، للتقشر. وكما هو الحال مع المواد المسامية كافة، فإن الأوعية الفخارية ضعيفة الحرق تكون عرضة للتلف بواسطة الصقيع أو الأملاح القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٢)، وفي الرطوبة المتغيرة فإن الأملاح سوف تزيل بسهولة الطلاء الزجاجي السيئ التركيب أو الألوان من جسم الوعاء. أما الأجسام غير المسامية فليست عرضة لذلك.

التقشور الرمادية أو البيضاء. تتكون ترسبات الأملاح غير القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٢) بسهولة على الأوعية الفخارية خاصة في البيئات البحرية، حيث تتألف الطبقات المتقشرة، بشكل رئيس، من كربونات الكالسيوم - من الهياكل الخارجية للكائنات المتعفنة مثل البارانكليز* والبروزونات** (اللوحة ٤,٢). يمكن أن

---

* وهي حيوانات بحرية قشرية من رتبة هُدابيات الأرجل تعلق بالصخور. المترجم.

** الحيوان الطحلبي من أشكال الديدان. المترجم.

تحجب هذه كل السطح، بما في ذلك الأطراف المتكسرة من الشظايا، وقد تلتصق بالطلاء الزجاجي التالف. وقد تظهر طبقة بيضاء أو رمادية اللون على جسم الفخار، وتصبح، بكل بساطة، البقايا المتحللة للطلاء الزجاجي (القسم ٤,٤,٢,١)، ولا يمكن تمييز هذا من ترسب الأملاح إلاّ بالظهور في المناطق التي يمكن فيها عمل الطلاء الزجاجي، أي ليس على الأطراف المتكسرة للشظايا.

تغير اللون أو إزالته: تكون الأوعية الفخارية المسامية عرضة، بشكل خاص، للتلطخ بالمواد التي داخل التربة، وبالطبع، فإن ذلك أكثر ما يلاحظ على الأوعية الباهتة غير المطلية. في الحقيقة يمكن أن يترسب أكسيد الحديد داخل الجسم المسامي، حيث يكون نتيجة لمعدّل الرقم الهيدروجيني (pH) العالي الذي يسببه وجود كربونات الكالسيوم داخل الجسم. وتوجد أكاسيد الحديد أيضاً على الفخار البحري، إما في شكل ترسبات مسحوقة رقيقة، أو في شكل ملتصق قاسٍ بسطح الفخار. علاوة على ذلك، فإن أحد مكونات الفخار نفسه قد يتغير لونه أثناء الدفن؛ ولذا فإن عملية الحرق للمواد الفخارية أثناء عملية ترسب المواد الداخلة في الصناعة، أو بعد الترسيب، قد تغيّر مجمل هيئة المادة الفخارية التي تحتوي على الحديد، وقد ترجع في عملية الحرق الثانية من اللون الأحمر إلى اللون الأسود، ومن المرجح أن ترجع من الأسود إلى الأحمر بناءً على وجود الأكسجين أو عدمه. وفي كثير من الأحيان، يمكن أن يظهر الطلاء الزجاجي الرصاصي لامعاً كالمعادن، وقد يكون تغير اللون نتيجة لاختزال أكسيد الرصاص المعدِّل، في الزجاج، إلى كبريتيد الرصاص اللامع (القسم ٢,٢,١,٤) أو إذا ما حرق بالصدفة، فإنه يختزل حتى إلى الرصاص المعدني. يمكن أن يكون سبب تقرح اللون في الطلاء الزجاجي، بسبب الإزالة الخفيفة للمعدِّل كما بالنسبة للزجاج نفسه (القسم ٤,٤,٢,١).

وكثيراً ما يتضح أن الأوعية المطلية بالرصاص والصفيح من الترسبات البحرية، ملطخة باللون الأسود بواسطة الكبريتدات التي تحررها البكتيريا غير الهوائية المختزلة للكبريتيت (القسم ٢,٢,١,٩). يمكن أن يحدث هذا الاسوداد فقط في شرائح على سطح الفخار، لكن في بعض الحالات يمكن أن يتأثر كل الطلاء الزجاجي، مما يجعل من المستحيل رؤية لونها وتصميمها الحقيقي.

التشوه: يمكن أن يعمل وزن المادة المفرط على تشويه الأوعية الهشة بسهولة. وحيث إن الأجسام الطينية تنكمش عند حرقها، فإن الأوعية الفخارية المجوفة الناضجة تكون تحت ضغط عالٍ. فعندما ينكسر الوعاء، تتحرر القوة المقيدة المتمثلة في شكل الوعاء حيث قد تتفلطح الشرائح المنفصلة بعيداً عن تقوسها القسري سابقاً، وتعرف هذه الظاهرة بالارتداد*.

(٤,٥,٣) الفحص

رغم أن الفخار يمكن أن يفحص بشكل سهل وآلي، إلا أن الفحص لتقرير طرق التنظيف والاستقرارية يعدّ ضرورياً. حيث إن الفحص البصري سيكشف عن نوع الجسم، وطبيعة مادة التعبئة (القسم ٤,٥,١,١)، ووجود تشطبيات السطح (القسم ٤,٥,١,٢) بالإضافة إلى قوة الفخار وتماسكه، ووجود المواد المصاحبة (القسم ٤,٥,١,٣)، والفرق بين الطلاء الزجاجي التالف وترسب الملح غير القابل للذوبان (القسم ٤,٥,٢) وغير ذلك. إن تحديد الأوجه الثلاثة الأولى المذكورة سابقاً يمكن استيعابها وزيادة الوعي بها، بلا شك، بمعرفة أنواع الفخار وفهم طرق صنعها، وهناك الكثير من المواد المنشورة والمطبوعة التي تتحدث عن هذا الموضوع قديماً وحديثاً. كما أن المرمم سيلاحظ على الفخار آثار بعض المواد العضوية المحترقة أو الأقمشة، وبما أن هذه

* الرجوع من حالة الانضغاط. المترجم.

ليس لها تأثير مباشر على التنظيف والاستقرارية، إلا أنها تدخل في تسجيل حالة المادة بالضبط قبل المعالجة. أما الوصف المفصل للبناء والزينة، فهو مسؤولية أخصائي الفخار. وقد تساعد صورة الأشعة السينية في كشف الزينة المنقوشة بشكل بارز أو المنحوتة، أو الرسومات الجرافيتية، أو الأختام تحت التقشر الملحي السميك أو حتى الاتجاه الذي يتم فيه وضع الإضافات والفراغات داخل الكِسر الفخارية، مما يؤدي إلى فهم طريقة صنعها بشكل أوضح. كما أن التصوير بالأشعة السينية يكون مفيداً في الجرار الكاملة المحتوية على مواد غير مكتشفة لتبين ما بداخلها، وفي الحجارة، والفخار والقطع الأثرية المعدنية، أو التشققات المخفية في أجساد القطع الأثرية. ويجب تذكر أن استخدام الأشعة السينية على الفخار يجعل تحديد تاريخه بواسطة التألق الحراري صعباً، لذا من الضروري تسجيل أي تعرض للأشعة. ويمكن أن يكشف ضوء الأشعة تحت الحمراء عن أماكن في الفخار انفصلت عنها الألوان، وأماكن الترميمات الحديثة، وآثار الجير، بينما التصوير بالأشعة فوق البنفسجية قد يكتشف آثار الدهان أو الحبر.

وسيحدد التحليل الكيميائي للسائل البسيط وجود مادة التعبئة الكالسيت أو الجير في القطعة الأثرية، وكذلك طبيعة ترسب الأملاح غير القابلة للذوبان، إلاّ أن طبيعة الترسب الملتصق داخل وعاء أثري تعد المشكلة الأكبر. إن أهم كشف يتأتى من الترسبات هو كشف ما تحتويه من أجسام ثلاثية الأبعاد مثل البذور التي يمكن أن ترى بواسطة المجهر لتحلل كيميائياً، لكن قد يكون تفسيرها في غاية الصعوبة. غير أن التحاليل الدقيقة الكيميائية لهذه الترسبات حتى للفخار نفسه، قد بدأت في كشف معلومات أكثر تتعلق باستخدام الأوعية الفخارية، وهذه بدأت في التنامي[٣٦]؛ الأمر الذي سيتم تأكيده من خلال التحاليل المتفرقة من عدة مراكز لبقايا الطعام المتحلل. وبالمناسبة إن أية معالجات تقوية يمكن أن تؤثر على هذه البقايا من الطعام.

ويمكن تخمين وجود الأملاح القابلة للذوبان داخل الفخارية المبتل أو الرطب من نوع الموقع الذي وجد فيه (القسم ٢,٢,١,٥). فعندما يكون من تربة أكثر جفافاً، فإنه من السهولة رؤية بلورات الملح تحت المجهر.

ومن أجل الحصول على معلومات أكثر عن الطرق المتخصصة لتحليل الفخار والحصول على معلومات أوفى للمساعدة في عملية الترميم، وفهم التقنية، وتاريخ الصنع ومكانه، يمكن للقارئ أن يرجع إلى مراجع أخرى لمناقشة هذا الموضوع[٣٧].

(٤,٥,٤) التنظيف[٣٨]

هناك خطر كبير في التنظيف المفرط للفخار، حيث إن الاستخدام الزائد للطرق الميكانيكية يؤدي إلى الاحتكاك (اللوحة ٤,١٦)، والاستخدام الزائد للمواد الكيميائية قد يضعف سطح الفخار ويغيره ويزيل بقايا الطعام المتحللة ... إلخ؛ لذا فإن أفضل طريقة للتنظيف تكون باستخدام الماء مع فرك رقيق بالفرشاة، وتستخدم قبل أن تبدأ التربة الملتصقة في التصلب والانكماش. في حالة الفخار المحروق بشكل سيئ، والسطوح المدهونة أو المطلية زجاجياً بشكل سيئ، يفضل المسح الرطب أو المسح بالكحول (القسم ٣,٣,٢,١). أما بالنسبة لبعض الفخار المتين، فإن الغمس لمدة طويلة في الماء قد يتسبب في سقوط القشور الكبريتية، بينما يمكن إزالة القشور الكربونية السميكة، التي تعلو الفخار البحري، ميكانيكياً قبل أن تجف. وعندما تكون هذه القشور أصلب من الفخار، يصبح من غير الممكن إزالتها تماماً بواسطة هذه الطرق. في هذه الحالة لا بد من استخدام المواد الكيميائية لإزالة القشور الكربونية والكبريتية، ولكن يجب اتخاذ الحذر، حيث إن هذه المواد الكيميائية تذيب كربونات الكالسيوم الموجودة في القطع الأثرية، وكذلك تهاجم أي حديد موجود، وأي رصاص أو قصدير مستخدم في التزجيج، علاوة على ذلك، فإنها قد تفصل الطلاء الزجاجي

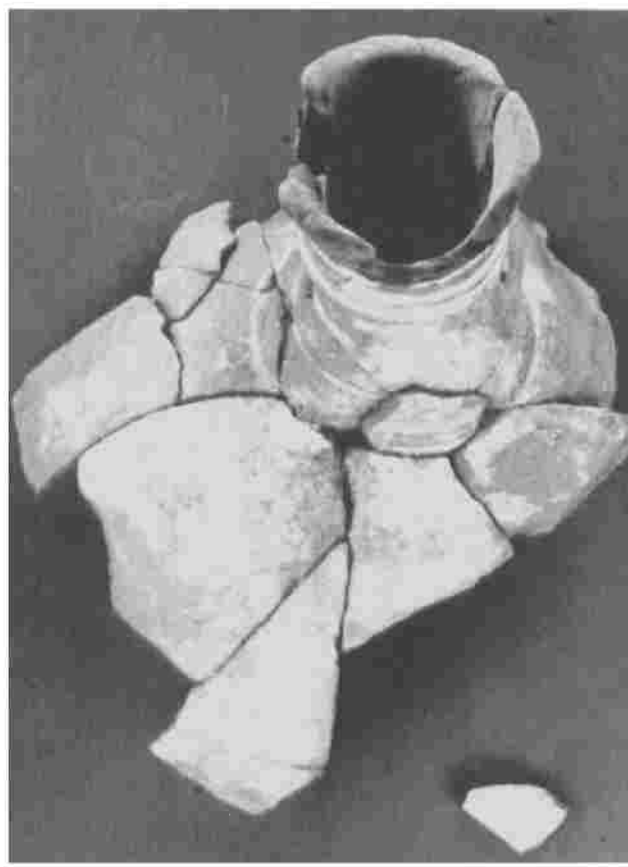
بواسطة تكوّن ثاني أكسيد الكربون تحت الطلاء أثناء ذوبان الكربونات. ومن ثم فإن اختيار المادة الكيميائية في المعالجة يجب أن يتم تحت عدة ضوابط (القسم ٣,٣,٢,١). ويجب تذكر أنه عن طريق عزل الأملاح "غير القابلة للذوبان"، أو إذابتها ستتكون أملاح قابلة للذوبان، وأنه ما لم تغسل جيداً، فإن تكون البلورات سيتلف القطعة الأثرية (القسم ٤,١,٢).

عادة لا تكون إزالة البقع من الفخار الأثري ضرورية، حيث إنها قد تؤدي إلى إزالة المعلومات. طبقاً لبعض الاعتبارات (القسم ٤,٤,٤)، قد يغدو هذا ضرورياً بالنسبة للفخار، من المواقع البحرية، حيث يكون الطلاء الزجاجي قد أسودّ كليّاً. أما في الفخار الصلب ذي اللون الخفيف، الذي لا يزال فيه الطلاء الزجاجي مكتملاً، فإنه يمكن إزالة الاسوداد والبقع الحديدية بتفاعل بيروكسيد الهيدروجين معها دون أن يترك أثراً. ويفضل بيروكسيد الهيدروجين على مبيضات الكلور التي قد تغير اللون وتسبب تلفاً للمادة الأثرية. ويُزال لطخ صدأ الحديد عن الفخار البحري باستخدام كاشفات قوية موضعية، ويتبع ذلك غسيل مكثف للمنطقة المنظفة لإزالة الأملاح التي تحدثها هذه الكاشفات الكيميائية. ولا يمكن استخدام مثل هذه المعالجات لإزالة تلطخات الحديد من طين التراكوتا الذي يحتوي على أكسيد الحديد في نسيجه الطيني أو في الطلاء الزجاجي.

(٤,٥,٥) التلف أثناء عملية التنقيب

تصلب الأوساخ أو تقشرات الملح: يحدث هذا عندما تجف الكِسر الفخارية المكتشفة من موقع مبتل أو رطب. وفي الوقت نفسه، عندما يجف الموقع الأثري فإن التربة قد تنكمش مما يتسبب في خلع الألوان أو الطلاء الزجاجي الهش من القطعة الأثرية، أو أن تلتصق الأوساخ بالطلاء الزجاجي، أو بالجسم بشكل يجعل عملية

التنظيف، لاحقاً، أمراً أكثر صعوبة. غير أن جفاف بعض الأجسام الفخارية قد يُصلب، أيضاً، السطح الذي يمكن أن يحمل معلومات في غاية الأهمية (راجع التصدع أدناه). وقد يقلل تجفيف ترسب رطب داخل وعاء من إمكانية التعرف إليه، إذا كان البقايا العضوية تنكمش وتنهار مثل بعض البذور. وتعالج هذه الترسبات بوصفها عينات تربة من أجل الدراسة النباتية.



اللوحة (٤,١٦). شظايا وعاء روماني أعيد تركيبها توضح أن التنظيف الزائد تسبب في إزالة الشريط الأبيض جزئياً، وهو موجود على الشظية التي سلمت من "التنظيف".

التزهر الأبيض مع سطح متقشر أو متحول إلى مسحوق أو غيره: أثناء جفاف الفخار الرطب المشبع بالأملاح، أو إذا تعرض فخار جاف مشبع بالأملاح إلى أجواء مترددة بين الجفاف والتبلل، فإن الأملاح القابلة للذوبان سوف تتبلور؛ مما يسبب ضرراً حسبما تم وصفه في (القسم ٤,١,٢).

التفتت: بينما نجد أن بعض الأجسام الفخارية تصبح أكثر قساوة عند الجفاف (راجع التصلب أعلاه)، فإن بعضها، خاصة الأوعية الترابية الخشنة جداً وغير مكتملة الحرق، قد تصبح أكثر عرضة للانهيار. وذلك لأن توتر سطح الماء المحتوي يحافظ على تماسك قطع الحطام (اللوحة ٤,١٧).

الكسر والكشط: قد يكون التكسر والكشط وفقدان الطلاء الزجاجي أو الدهان أوضح تلف في الفخار يحدث أثناء الحفر وبعده، ويمكن أن يكون نتيجة لسوء مناولة القطع الأثرية.

اللوحة (٤,١٧). وعاء فخاري سيئ الحرق يبين تكسره إلى أجزاء عند الجفاف بعد عملية الحفر.

(٤,٥,٦) الاستقرارية

(٤,٥,٦,١) الأساليب الوقائية

بعد إزالة التربة بالتنظيف، فإن معظم مواقع الفخار الأثرية تستفيد من تعرضها للجفاف، ما عدا تلك المجموعة الصغيرة التي تنهار عند جفافها، لذا يجب معالجتها بغير ذلك. ينقسم الفخار من المواقع الملحية إلى نوعين؛ النوع الأول: هو الذي يظهر متماسكاً بواسطة بلورات الملح ومن ثم يجب إبقاؤه جافاً لمنع بلورات الملح من الذوبان وانهيار المادة الأثرية. النوع الثاني: هو المستخرج من التربة المبتلة المشبعة بالأملاح أو من ماء البحر، ومن ثم يجب الاحتفاظ بالماء لمنع الأملاح من التبلور حتى يمكن غسله.

(٤,٥,٦,٢) الأساليب العلاجية

بعد عملية التنظيف والتجفيف بالهواء، إذا ظهر أن الأجسام الهشة لم تستعد قوتها الملائمة، أو أنها – في أسوأ الأحوال انهارت، فإنه يجب اتخاذ خطوات عملية لتقويتها. عادة يكون من الصعب تقوية المواد الفخارية المسامية بواسطة مواد قابلة للذوبان مرة أخرى (القسم ٣,٤,٢,٢)، لكن في بعض الحالات، وبشكل خاص الطين سيئ الحرق الجاف من العصر البرونزي، فإن الغمر في محلول مادة مقوية يكون كافياً لتفتتها. هنا يجب تقوية هذا النوع من الطين بالفرشاة أو بالتنقيط. وفي بعض الحالات، لا يكون استخدام التفريغ الهوائي الجزئي لتقوية مادة الطين ممكناً، وذلك إذا كان السطح ضعيفاً محتوياً على فقاقيع هواء، على سبيل المثال، التماثيل المصنوعة من التيراكوتا[٣٩]. بقدر المستطاع يتم تقوية الفخار في الحالة الجافة، لكن عندما يقود الجفاف إلى الانهيار (القسم ٤,٥,٥)، فقد يغدو من الضروري استخدام مقوٍّ قابل للامتزاج مع الماء؛ هذه المستحلبات مفيدة ولكن لها عيوبها (القسم ٣,٤,٢,٢).

ولتحقيق استقرارية الفخار المشبع بالأملاح، لا بد من اختزال مستوى الأملاح القابلة للذوبان (القسم ٤,١,٣). عادة يكون الغمر في ماء، يتم تغييره عدة مرات،

(القسم ٣,٤,٢,١) كافياً لكن بالنسبة للفخار البحري فإن الأمر يتطلب أسلوباً أكثر صرامة. في المراحل الأولى، لا تكون هناك ضرورة للغمر في الماء المقطر أو الماء منزوع الأيونات، فقد يكون أكثر ضرراً من خلال إحداث ضغط تناضحي شعري عالٍ بين الفخار المشبع بالأملاح والماء المحيط. في بعض الأحيان قد يكون لماء الصنبور (الحنفية) العادي التأثير نفسه ومن ثم يستحسن أن يكون الغمر الأولي في ماء البحر المخفف بماء الصنبور العادي[٣٨]. ويعدّ الغمر لفترات طويلة ضرورياً لتقليل مستويات الأملاح بشكل كاف. وعند إزالة الأملاح القابلة للذوبان تنجم مشكلات في السطوح المتقشرة، أو الألوان أو الطلاء الزجاجي أو مع الجسم المتفتت حيث يكون الغمر مدمراً. أما بالنسبة للحجارة (القسم ٤,٢,٦,٢)، فإن هناك بحثاً يجرى لإيجاد مواد مقوية لا تلتصق في الأملاح القابلة للذوبان ولا يتغير لونها، وغير قابلة للاسترجاع عند الغمر المطول في الماء، ومن ثم يمكن تقوية الفخار قبل تبليله[٤٠]. وقد تم اتخاذ خطوات أكثر تقدماً في حالة القطع الأثرية الطينية غير المحروقة عندما يكون الغمر مستحيلاً والتقوية قبل الغمر غير ناجحة. وفي إحدى الحالات النادرة، اتخذ قرار بحرق الطين لإنتاج فخار يمكن غمره[٤١]. بالطبع فإن مثل هذه المعالجة لا يمكن اتباعها إلاّ بعد نقاش مستفيض وبعد تسجيل هذه الخطوات وحفظها في السجل. إن عملية إعادة بناء الشفافية في الطلاء الزجاجي المتحلل تحمل في طياتها المشكلات والقيود نفسها مثل محاولة فعل هذا بالنسبة للزجاج التالف (القسم ٤,٤,٦,٢).

(٤,٥,٧) إعادة التركيب

قبل لصق القطع المتكسرة باستخدام المواد اللاصقة، يجب التفكير في الهدف من ذلك. وتتم إعادة التركيب للحصول على شكل الوعاء أو التصميم على القرميد، وذلك للتمكن من عرض القطعة الأثرية، وللمحافظة على القطع المتكسرة المتجاورة

ملتحمة بعضها ببعض، أو لتجنب مزيد من الكشط أثناء التخزين. غير أن إعادة التركيب يجعل عملية تغليف الوعاء وتخزينه أكثر صعوبة. علاوة على ذلك، من المرجح أن يتغير لون المادة اللاصقة، وقد تفشل، خاصة إذا كان غمر الأملاح مطلوباً في وقت لاحق (القسم ٤,٥,٦,٢)، ويمكن أن يحدث تلف أكبر ويهدر الوقت إذا كان الإصلاح قد تم بشكل خاطئ.

يمكن أن يحدث التلف بعدة طرق، منها إذا كان سطح الفخار متفتتاً أو مسحوقاً، فإن جمع القطع المتكسرة ولصقها متعب جداً. تلتصق المادة اللاصقة بكل بساطة بالسطح المتفتت للطرف المكسور الذي ينفصل عن بقية القطع المكسورة، مما يتسبب في انهيار الوصلة فوراً، أو على المدى الطويل (اللوحة ٤,١٨)، ومن ثم تصبح إعادة تركيبها من جديد مستحيلة، وستفقد تفاصيل الأطراف المكسرة وأبعادها. ولا يمكن السيطرة على الوضع فقط عن طريق طلاء المنطقة حول الأطراف المكسورة، بمادة لاصقة مخففة للتقوية، وذلك لأنه – بكل بساطة – سوف يحدث انفصال للسطح الضعيف في داخل عمق القطعة المكسورة. ويشاهد التلف نفسه في الأوعية الترابية القوية؛ حيث يمكن استخدام مادة لاصقة قوية جداً مثل إيبوكسي. وفي هذه الحالة، فإن أي جهد أو صدمة ستؤثر على السطح نفسه وليس على موضع المادة اللاصقة القوية. وينتج ضرر مماثل إذا ما انكمشت المادة اللاصقة المختارة عند الاستقرار أو على المدى الطويل، وحيثما يكون هذا الانكماش أكبر من قوة السطح (الشكل رقم ٤,٦). ولا تعدّ الرايتنجات التي تجف بالتسخين (Thermosetting) قوية جداً لمعظم الأوعية الفخارية ضعيفة الحرق، ولكن أيضاً من المستحيل إزالتها؛ وذلك لأنها تخترق السطح المسامي (القسم ٣,٤,٢,٤)، وهي مشكلة لا تحدث مع معظم الأوعية غير المسامية، مثل الأوعية الفخارية الحجرية والبورسلين المحروق جيداً. ولا يعدّ معيار القدرة على

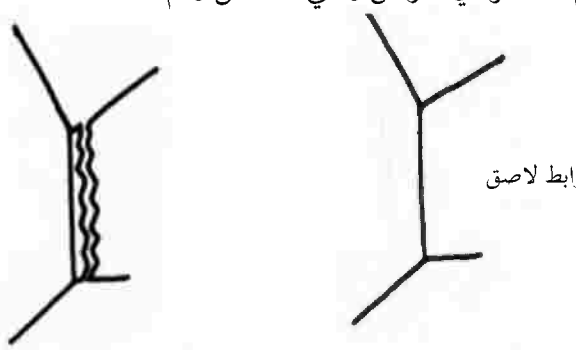
الارتجاع في إعادة تركيب الفخار من أخلاقيات المهنة ولكنه أساسي في الممارسة، حيث إنه من المستحيل ضمان عدم حدوث أخطاء.

اللوحة (٤,١٨). وصلة تخفق في الفخار المعاد تركيبه نتيجة لتحول الجسم إلى مسحوق. تشاهد كتلة منفصلة من المادة اللاصقة والفخار.

تتطلب الأنسجة المختلفة نظم مواد لاصقة مختلفة، ليس للأسباب الموضحة سابقاً فحسب، ولكن لضمان الالتصاق والاستقرار أيضاً. يلتصق العديد من اللدائن، التي تجف بالتسخين في المذيبات المعروفة، بالأوعية الفخارية ضعيفة الحرق خشنة السطح والمسامية (القسم ٣,٤,٢,٤). غير أن هذه النظم لا تفيد، بما أن الأوعية الفخارية الحجرية وعلى الخصوص البورسلان كثيفة وزجاجية. لذا فإن الراتنجات التي تستقر بالتفاعل الكيميائي بدلاً عن فقدان المذيب، يجب أن تستخدم للصق في هذه المجموعة الثانية من السطوح. الدراسات والتحسينات التي طرأت على المواد اللاصقة،

المستقرة حرارياً، جعلت من استخدام الأوتاد المعدنية في إعادة بناء الفخار أمراً من الماضي. هناك بالطبع المزيد من المعايير المتعلقة باختيار المواد اللاصقة عموماً وهي التي نُوقشت في (القسم ٣,٤,٢,٤).

ولا يمكن تحقيق إعادة بناء صحيحة[٤٢] إلاّ إذا كانت الأطراف المكسورة خاليةً تماماً من التربة أو التقشرات الملحية، وكذلك إذا تماست السطوح المكشوفة بأقرب ما يمكن. ويعني هذا أنه من الضروري عدم استخدام رايتنج زائد عن حد الأطراف المكسورة، وأن تستخدم قوة ضغط كافية وليست زائدة لإحداث التماس، ولا يتحقق توازن الضغط المطلوب إلاّ عن طريق الممارسة. وبالطبع يجب المحافظة على تماس جيد بين القطع المتكسرة أثناء استقرار المادة اللاصقة، وذلك باستخدام الشرائط اللاصقة، لكن يجب إزالة هذه بأسرع ما يمكن بعد استقرار المادة اللاصقة. ويجب عدم استخدام الأشرطة على الإطلاق للصق القطع المكسورة لمدة طويلة من الوقت، وذلك لأنها تلطخ السطح وتصبح غير قابلة للذوبان (اللوحة ٤,١٩). ولا يمكن استخدام الأشرطة أبداً عندما يكون هناك سطح متقشر، أو طلاء زجاجي، أو دهان، ومن ثم يجب موازنة القطع المتكسرة في حوض رملي (الشكل رقم ٤,٧).



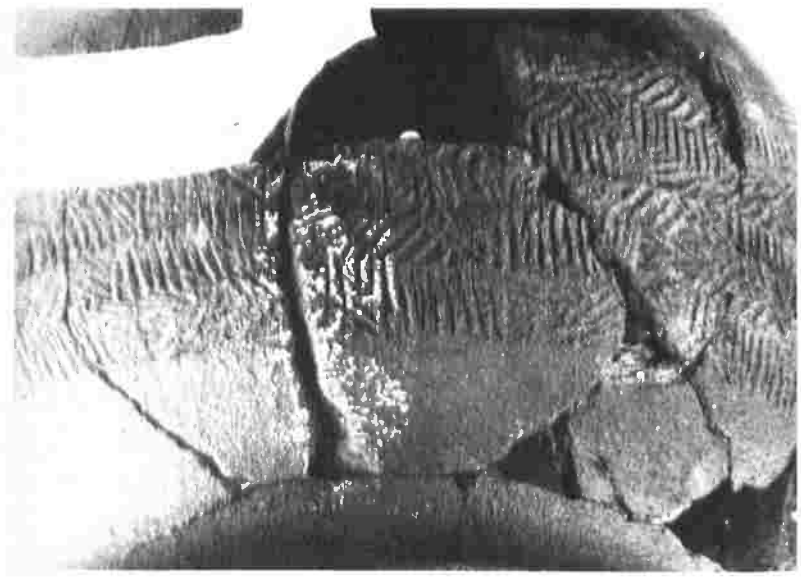
قطعتان مكسورتان تم لصقهما. فشل الوصلة أثناء انفصال سطح القطعة المنكسرة.

شكل رقم (٤,٦). تلف بسبب استخدام مادة لاصقة غير صحيحة لتوصيل القطع المتكسرة.

إذا كانت هناك قطع مفقودة من القطعة الأثرية، فإن إعادة البناء تكون مستحيلة أو مضرة بالعملية ذاتها بدون ملء بعض الفجوات بسبب الجهد غير المنتظم الذي يوضع على أطراف القطع المتكسرة، أو عدم المقدرة الفيزيائية للقطع المتكسرة الموصلة. وفي كثير من الأحيان، يتطلب ملء الفجوات حتى يمكن تخيل القطعة الأثرية أثناء العرض أو لأسباب جمالية. ويتم ذلك بواسطة المواد البلاستيكية التي تقولب في الشكل نفسه، أو بواسطة سوائل يتم صبها، وهذه عملية أكثر صعوبة. ومعايير اختيار مادة ملء الفجوات هي معايير اختيار المواد اللاصقة نفسها. ويعدّ عدم الانكماش ضرورياً لمنع تمزق أطراف القطع المكسورة الموصولة (اللوحة ٣,١٧)، أو لمنع القطعة المصنوعة من السقوط. ويعدّ سطح القطعة مهماً لأسباب جمالية، وهناك الكثير من الجدل حول كيفية تطابق اللون تماماً. ويعدّ ملء الفجوات من عمل الأخصائي حيث إنه من الصعب تحقيق نتيجة بصرية مقنعة بدون ممارسة كبيرة، وبالنسبة للفخار المسامي فإن من السهل تغيير لون (ابيضاض أو تلطيخ) القطع المتكسرة المجاورة. ويستخدم الجبس لصب قطع الأوعية الترابية والحجرية المفقودة إلاّ أن المنتجات التجارية المعدّلة المبنية على كبريتات الكالسيوم مثل بوليفيلا (Polyfilla) أو هايدروكال (Hydrocal)* تستخدم لقولبة القطع. وهي مفيدة حيث يمكن تحويلها إلى عجين ولا تنكمش كثيراً، حيث تحتوي، عادة، على مادة ملء، ولها وقت عمل أطول. وحيث إنها مبنية على الجبس، فإنها تلين في الماء لإزالتها[٤٣]. وقد استخدمت في السابق مادة عجينة BJK أو فيبرينيل (Fibrenyl) التي تلين في المذيبات ولها سطح أكثر ملاءمة لسطح الفخار الخشن. وعجين BJK مبني على الكاولين، وليف القنب (الآن استبدل به غبار الورق الذي لا يناسب تماماً)، ومادة مقوية. ولسوء الحظ، أنه ينكمش، وما لم يتم استخدامه

* وهي منتجات تجارية عبارة عن مساحيق بيضاء تستخدم بديلاً عن الجبس لملء الفراغات. المترجم

ببطء، مع توخي الحذر الشديد، فإنه يمكن أن يتلف أطراف القطع المتكسرة حيث إنه ينكمش خلال أسابيع.



اللوحة (٤,١٩). تلطخ أبيض نتيجة الشريط اللاصق.

(٤,٥,٨) ملخص

بما أن الفخار – في كثير من الحالات – يشكل أكبر كميات المواد الأثرية التي يتم اكتشافها في الموقع، وبما أن المادة، المحفوظة جيداً، يمكن أن تعالج في الموقع، فإنه سيتم التطرق هنا لترميمها في الموقع. ويشمل هذا وصل القطع المتكسرة.

(٤,٥,٨,١) المعالجة في المواقع الأثرية

إذا كان هناك شك حول الألوان، أو الطلاء بالذهب، أو الطلاء الزجاجي المتقشر، فإنه يجب أن تبقى التربة الملتصقة بالفخار عند رفعه. إذا كان القدر (الوعاء) كاملاً، فإنه لا ينظف ولكن يرفع كاملاً (القسم ٣,١,١,١). وينبه إلى أنه سيكون أثقل

مما هو متوقع وسوف يحتاج إلى دعم كبير. ويجب أخذ عينة من التربة المحيطة لمقارنتها مع محتويات القدر. إذا كان القدر متكسراً أو متشققاً وذا سطح قاسٍ فقد يكون من الأسهل تفكيكه في الموقع، وترك محتوياته، ما لم يكن هناك سبب في الاعتقاد بأنه يحتوي على أشياء مدفونة، مثل العملات المعدنية أو غيرها. وعندما يكون الفخار ضعيفاً جداً بحيث لا يتحمل الإزالة المباشرة من الأرض، فيجب رفعه باستخدام دعامات (القسم ٣,١,١,١)، ويجب استخدام المواد المقوية فقط كآخر ملاذ. ومن الأفضل تسجيل أرضية القرميد، وتصويرها، وتخطيطها ومن ثم رفعها قطعة قطعة، وترقيم كل قطعة على حدة (القسم ٤,٣,٧).

ويجب الاحتفاظ بالأوعية التي يتم رفعها بمحتوياتها رطبة (القسم ٣,١,١) وإلا سيتسبب انكماش التربة في تلف السطح والمحتويات. وعندما يكون هناك شك حول الألوان، أو الطلاء بالذهب، أو الطلاء الزجاجي المتقشر، فإنه يجب حفظ الفخار رطباً حتى يتم تنظيفه في المختبر. ويجب المحافظة على رطوبة تلك القطع التي بها تقشرات سميكة من الأملاح حتى تعالج، وكذلك المادة غير مكتملة الحرق والتي تنهار عند الجفاف، وكذلك الفخار المكتشف من المواقع الرطبة الشديدة الملوحة. وكذلك يسهل تنظيف معظم المواد الأخرى في الموقع إذا لم تجف أولاً. ويمكن تجفيف الفخار بعد التنظيف بالهواء، الذي يتسبب في تصلبه. أما الفخار الهش والمتماسك بواسطة بلورات الأملاح، كما يبدو للنظر، فيجب أن يحفظ جافاً.

في الموقع يمكن تنظيف الأوعية الفخارية ضعيفة الحرق غير الملونة والمحروقة جيداً، والأوعية الفخارية متماسكة التزجيج، والأوعية الفخارية الحجرية غير التالفة، والبورسلين. ويجب غسلها باستمرار في ماء صافٍ واستخدام فرشاة ناعمة، مع البحث الدائم عن أية زخارف، وأية مواد مصاحبة، وسطوح ناعمة قد تنفصل أو تخدش بهذه

المعالجة. ولا ينصح بترك القطع المتكسرة مغموسة، حيث تكون درجة حرقها أقل مما تبدو. ويمكن إزالة الأملاح غير القابلة للذوبان ميكانيكياً بواسطة مشرط قبل أن تتصلب عند الجفاف، لكن إذا كانت هناك إمكانية حدوث تلف فإنه يجب تنظيفها في المختبر.

ويمكن تجفيف القطع المتكسرة المغسولة بالهواء بعيداً عن أشعة الشمس، أو بواسطة مصادر حرارة اصطناعية. ويمكن وضع علامات على قطع الفخار المتكسرة أولاً بوضع صمغ على منطقة صغيرة على السطح الخارجي أو الداخلي للقطعة، وبعد أن يجف يُؤشر عليه بالحبر ثم بعد أن يجف الحبر يغطى بطبقة ثانية من الصمغ (القسم ٣,٤,٢,٤)، ويسهل هذا من عملية إزالة العلامة في وقت لاحق إذا تطلب الأمر.

ولا تنظف – في الموقع – أية مادة ذات سطح ناعم، أو فخار مذهب، أو فخار به سطح متقشر أو طلاء زجاجي، أو تلك التي تحافظ بلورات الأملاح على تماسكها ... إلخ.

يمكن إزالة الأملاح من الفخار الصلب المحروق جيداً والمستخرج من التربة المالحة جداً في الموقع مثل الفخار البحري (القسم ٤,٥,٨,٢)، ومن ثم تبدأ عملية الاستقرارية.

ويجب أن يتضمن التغليف للتخزين والنقل تبطيناً ملائماً لمنع الكشط الذي تسببه القطع المتكسرة من خلال احتكاك بعضها ببعض.

(٤,٥,٨,٢) المعالجة في المواقع البحرية

يجب وضع الفخار المكتشف، من المواقع البحرية، في ماء بحر مخفف بماء عذب لبدء عملية استخلاص الأملاح. ويتم تجديد الماء يومياً، ويقلل تدريجياً من كمية ماء البحر المضافة. وبعد فترات طويلة من الغمر، سيكون من الممكن تجفيف القطع المتكسرة بأدنى درجة من المجازفة. ويجب ألاّ يتم التجفيف حتى يتم اختبار مستويات الأملاح والتأكد من أنها منخفضة.

ويجب إزالة الترسبات البحرية غير القابلة للذوبان ميكانيكياً، على سبيل المثال، بواسطة مشرط حاد، بينما لا تزال مبتلة وقبل أن تتعرض للهواء والشمس فتتصلب. ولا يجب القيام بالإزالة الميكانيكية للتقشرات إلاّ عندما يكون سطح الفخار قوياً تماماً. من الأفضل أن تترك المعالجات الكيميائية حتى يمكن تقويم حالة الفخار في مختبر الترميم.

(٤,٥,٨,٣) وصل القطع المتكسرة

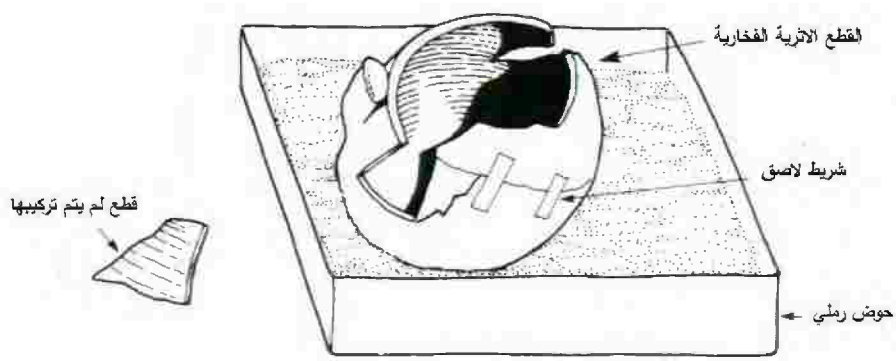
إذا كانت هناك رغبة في إعادة التركيب (البناء)، فيجب أن يتم بطريقة صحيحة وذلك من أجل تجنب الخطأ والتلف. ويجب وضع الخطوات التالية، التي تم التطرق إليها بالتفصيل في الأقسام السابقة، في الحسبان قبل البدء في إعادة التركيب:

- هل هناك ضرورة لإعادة التركيب؟
- هل السطح قوي بالدرجة التي يتحمل بها المادة اللاصقة؟
- هل هذا الفخار بورسلين، أم فخار حجري صلد، أم ملون أم مذهب أم به طلاء زجاجي متقشر؟

(حيث إن غير هذه الأنواع يمكن إعادة تركيبه بسهولة). إذا ما تقرر المضي قدماً، هناك مجموعة من الأسئلة تطرح:

- هل الأجزاء المكسورة خالية من التراب والتقشرات الملحية؟
- هل تمت تقوية السطح؟ (إذا كان كذلك، فإنه يجب تجنب الشرائط الحساسة للضغط، حيث إنها قد تتلف السطح عند نزعها).
- هل هناك طلاء أو طلاء زجاجي من المرجح أن يسقط؟ (إذا كان كذلك، يجب تجنب الشرائط اللاصقة كافة).
- هل تم تنفيذ عملية استخلاص الأملاح إذا كانت ضرورية؟

وقبل إعادة التركيب، يجب توفير المتطلبات الآتية: مقعد وطاولة عمل، ومصدر ضوء جيد، وتهوية ملائمة، وكرات قطنية صوفية، وشريط حساس للضغط (من السيللوز) أو شريط ورقي مبلل بالماء (للفخار المقوى)، وحوض للرمل بعمق خمسة سنتمترات على الأقل (تجنب الرمل الذي يحتوي على الجير، والرمل البحري الذي يحتوي على الأملاح)، وأنبوب يحتوي على مادة مقوية مناسبة قابلة للذوبان (القسم ٣,٤,٢,٤)، وقارورة صغيرة تحتوي على المذيب المناسب. عند ربط الفخار، من الضروري توافر كمية صغيرة من المذيب (ليس أكثر من ١٠٠ ملليتر وتحفظ في قارورة مغلقة) من أجل الوصلات الضعيفة أو للتنظيف بالتقطير. وخلات الأميل (Amyl acetate) هي أفضل اختيار لنيترات السيللوز (cellulose nitrate) لكن يمكن استخدام الأسيتون (acetone)* له وللبولي فينايل أسيتات. ويجب التأكد من أنه قد تم بحث دقيق لجمع كل قطعة متوفرة من الفخار لإعادة تركيبها (يوفر هذا التأكد الوقت ويريح المزاج).



الشكل رقم (٤,٧). إعادة تجميع وعاء من الخزف : شظية لم يتم تركيبها.

* مذيب عضوي. المترجم.

الطريقة:

١- ضع الكِسر وحدد مواقعها في الآنية. ابدأ بتركيب مؤقت باستخدام الشريط اللاصق.

٢- ضع خطة للصق القطع بعضها مع بعض. بالنسبة للوعاء ابدأ من القاعدة لضمان انحناء صحيح بقدر الإمكان. فإذا كانت هذه مفقودة، ابدأ بالحافة (الإطار). لاحظ إذا كانت هناك أية قطعة يمكن أن تكون "المفتاح"، عند وضع القطع المجاورة في مكانها هل تكون الزوايا الآن بالوضع الذي لا يسمح بتثبيت القطعة؟ إذا كان الأمر كذلك، فيجب وضعها في مكانها قبل غيرها من القطع المجاورة (الشكل رقم ٤,٧).

٣- اقطع من الشريط اللاصق بمقدار خمسة سنتمترات وضع الأطراف على طرف الكرسي أو الطاولة.

٤- لكل وصلة: ضع قليلاً من المادة اللاصقة على طول مركز انكسار إحدى القطع المكسورة. اضغط الكِسرتين بعضهما على بعض لتستقرا في المكان. مرر إصبعك فوق الوصل بدون النظر. إذا كان هناك نتوء، واصل التحريك حتى يختفي النتوء. الآن اضغط الكِسرتين بعضهما على بعض بأقوى ما يمكن. فتش بحثاً عن النتوء. ضع الشريط اللاصق، فوق الكِسرتين بزوايا قائمة دون تحريكهما. ضع الكِسرتين في صحن الرمل بحيث تظهران من فوق الرمل موازيتين لقمة المقعد (الطاولة)، وحيث تساعد الجاذبية على تثبيت القطعة المكسورة في مكانها. اتركهما لمدة عشر دقائق على الأقل.

٥- حاول التركيب - فقط - من مركز واحد للوعاء، فإذا بدأت من مكانين في الوقت نفسه، فإن النصفين لا يتطابقان إذا حاولت وصلهما بعضهما ببعض.

٦- لا تحاول ترك الشريط ملتصقاً بالوعاء الفخاري لأكثر من بضعة أيام. أزل المادة اللاصقة الزائدة بقطن أو صوف يحوي مذيباً.

٧- يمكن تصحيح الأخطاء عن طريق إذابة الكِسرة بالمذيب. غير أنه، إذا تكرر هذا كثيراً، فسوف يظهر خطران، الأول: هو أن كتلة النورة البيضاء التي تظهر يمكن

تشتيتها بمذيب مختلف وقد يُحتاج لمشورة الأخصائي. والثاني: هو أن الجسم الشاحب المسامي سوف يصبح ملطخاً، ويمكن عندئذ معالجته فقط بطرق ترميم مطولة.

٨- قم بتسجيل تاريخ صنع المادة اللاصقة المستخدمة في نظام تسجيل القطع الأثرية.

(٤,٥,٨,٤) التخزين والعرض

يلاحظ أن معظم أنواع الفخار، بمجرد معالجتها، فإن تخزينها وعرضها لا يسبب مشكلة. حيث يمكن أن يتحمل مدى واسعاً من الرطوبة النسبية ودرجة الحرارة، لكن درجات الحرارة المتأرجحة يمكن أن تسبب تقشر السطح. تتعرض مواد إعادة التركيب والتقوية لقيود فيما يتعلق بالاستخدام الاصطناعي (القسم ٣,٤,٢).

وتعدّ العناية السيئة أعظم المخاطر البيئية ضرراً، ومن ثم فإنه من الضروري منع التلوث بالتراب، خاصة السطح الباهت، حيث تصعب إزالة التراب عنه. وكذلك يجب منع نمو العفن والبكتيريا خاصة عند التغليف عن طريق السيطرة على الرطوبة النسبية تحت ٦٥٪.