

# 4. Ricomposizioni, riadesioni, ancoraggi

Introduzione. Ricomposizioni, riadesioni e ancoraggi nel restauro

Riadesioni e ancoraggi con perni e formulati adesivi

Unione di parti fratturate con perni e spinotti

Consolidamento del sistema di aggancio di lastre lapidee

Riadesione di scaglie mediante adesivi

Riadesioni di distacchi tramite iniezioni

Riadesione di lastronature, impiallaccature e placcature lignee

Ancoraggi puntuali di superfici musive

Incollaggio di materiali ceramici e vitrei

Riparazione mediante saldatura

Riadesione e integrazione di elementi metallici con adesivi o resine

Unione di parti lignee con perni e spinotti

Il progettista di un restauro o l'operatore tecnico sul campo deve spesso affrontare l'eventuale ricomposizione di manufatti smembrati, di oggetti che hanno perso, per varie ragioni, alcuni loro elementi o da cui si sono staccati frammenti di varia e diversa consistenza.

Altre volte, sono le necessità dell'integrazione (esplorate in una diversa e specifica sezione dell'opera) a suggerire, o imporre, l'aggiunta di nuovi materiali e di nuove parti a manufatti caratterizzati da mancanze più o meno estese e di varia natura e pericolosità, soprattutto rispetto alla loro durata o leggibilità. I problemi sollevati in simili circostanze sono diversi, nelle premesse e rispettive finalità, ma richiedono pur sempre l'impiego di materiali, strumenti e procedure riconducibili al più vasto insieme di tecniche illustrate in questa sezione dell'opera. Esse sono accomunate dalla possibilità che offrono di mettere, o "rimettere" insieme parti ed elementi disgiunti e separati per creare un'inedita unità, o per fare rivivere quella presunta originaria e ormai perduta a causa dei processi di degrado e dissesto che hanno investito i manufatti. Il campo d'azione di queste tecniche è assai vasto e comprende reperti archeologici (vasi, sculture, bronzi, monili ecc.), manufatti architettonici (colonne, gradini, davanzali, stipiti, cimase, capitelli, pavimenti, rivestimenti ma anche intere pareti murarie, o solai e volte ecc.), oltre a prodotti tipici della scultura, della pittura o dell'artigianato (statue, bassorilievi, opere d'ebanisteria, mobili e arredi fissi, polittici e predelle d'altare ecc.).

Rispetto al destino che attende questi manufatti, si sostiene spesso che è opportuno o necessario ricompone gli eventuali frammenti distaccati o smembrati, assicurandoli, reciprocamente e al corpo ancora sano e stabile da cui provengono, utilizzando colle e adesivi, ancoraggi, perni, staffe, zanche o altri dispositivi passivi di ritenzione (fasce, staffe o cerchiature) e sconfinando, talvolta, nel loro vero e proprio consolidamento strutturale complessivo che tuttavia non rientra tra i temi affrontati da questa opera (vedi la sezione dedicata al Consolidamento). Altre volte, occorre invece aggiungere nuovi elementi a un manufatto esistente, ma si ricorre pur sempre a tal fine alle stesse procedure e si utilizzano i medesimi strumenti e materiali qui trattati.

In ogni caso, simili interventi appaiono sorretti da alcune ragioni ricorrenti e, in particolare, sembrano realizzati per i seguenti scopi principali:

- a)** *per aumentare la resistenza e la stabilità del manufatto, ossia per sorreggere, sostenere o consolidare;*
- b)** *per conferire continuità fisica al manufatto, ossia per riparare, proteggere o mantenere in efficienza;*
- c)** *per dare, o per restituire all'opera integrità formale e, quindi, per renderlo leggibile e comprensibile, ossia per farlo (o rifarlo) parlare di se stesso e del mondo da cui proviene e di cui è traccia.*

**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Un manufatto può, per cause diverse, presentare fenomeni di distacco, totale o parziale, che interessano parte degli elementi di cui è costituito. Per ripristinare la continuità tra le porzioni staccatesi e l'oggetto da cui si sono separate, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'utilizzo congiunto di perni e di adesivi. Negli ancoraggi, i perni svolgono un ruolo di sostegno della parte staccata, collegandola al resto del manufatto, migliorando la solidità dell'ancoraggio grazie alla capacità di estendere la connessione oltre le sole superfici di contatto reciproche tra frammento e manufatto da integrare.

I collanti, oltre alla specifica azione adesiva, svolgono anche una funzione protettiva dei perni, soprattutto se in materiale metallico ([fig. 1](#), [fig. 2](#)).

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Di seguito sono schematicamente riportate le principali fasi esecutive del generico intervento di impernatura eseguito per ricostituire la perduta continuità tra un frammento e il manufatto da cui proviene.

1. Nel caso si debba intervenire per riparare rotture o distacchi parziali, può essere talvolta necessario separare completamente le diverse parti interessate, prima di procedere alla ricostituzione della loro adesione, al fine di realizzare le condizioni migliori per operare e per assicurare la riuscita dell'intervento;
2. inoltre, se il materiale di cui sono costituite le parti da ricollegare è caratterizzato da decoesione o, comunque, da una riduzione delle sue caratteristiche fisiche e meccaniche, occorre prima di tutto consolidarle, preferibilmente per impregnazione (v. CSD04 - Consolidamento superficiale mediante impregnazione con resine) utilizzando prodotti che possano restituire loro almeno parte della resistenza perduta, per evitare che le perforazioni, necessarie alla successiva introduzione dei perni, inducano ulteriori danni;
3. una volta stabiliti il numero, le dimensioni dei perni da inserire (in relazione alla previsione delle sollecitazioni cui l'unione sarà sottoposta e alle sue caratteristiche morfologiche) nonché l'orientamento dei fori, si eseguono le perforazioni per ricavare nel corpo del manufatto e nel frammento le sedi d'alloggiamento dei perni, utilizzando un trapano. Le perforazioni devono attraversare la porzione in fase di distacco o completamente distaccata, che è quindi mantenuta nella sua precaria posizione con puntellature o altri sistemi di sostegno provvisori, e il corpo sano del manufatto cui si intende ancorarla. Il diametro del foro deve essere leggermente maggiore rispetto a quello del perno da inserire al suo interno (sono sufficienti 3-4 mm in eccesso, o anche meno, se i perni sono di piccole dimensioni) e lo stesso accorgimento riguarda la profondità del foro (in questo caso possono essere necessari anche 2-3 cm in eccesso, affinché l'estremità del perno resti leggermente arretrata rispetto alla testa del foro, per rendere possibile la sua stuccatura finale);

4. una volta praticato il foro, occorre eseguirne un'accurata pulizia, utilizzando ad esempio un getto di aria compressa e, successivamente, un lavaggio eseguito con una miscela di acqua e alcol (l'aggiunta di alcol all'acqua ha la duplice finalità di migliorare l'azione bagnante di quest'ultima e di aumentare la sua velocità di evaporazione), per rimuovere i detriti prodotti dalla perforazione. La presenza di residui pulverulenti all'interno dei fori può infatti ridurre l'adesione del composto che collega i perni alle pareti di ciascun foro, compromettendo l'efficacia dell'ancoraggio;
5. si inietta quindi un piccola quantità di adesivo all'interno del foro, per assicurare l'adesione della testa del perno alla parte salda del manufatto da integrare; la siringa utilizzata deve essere preferibilmente del tipo utilizzato per manipolare miscele plastiche, deve essere azionata ad aria, in quanto ciò consente un migliore controllo della fuoriuscita dell'adesivo e deve essere dotata di un ugello di ottone o di rame;
6. dopo di ciò, si intinge il perno, accuratamente pulito con acetone o alcol puro, nell'adesivo e lo si fa scorrere all'interno del foro per rivestire le pareti con una piccola quantità di collante e favorire la successiva presa dell'adesivo, con il definitivo bloccaggio del perno;

7. a questo punto, si può iniettare il formulato adesivo all'interno del foro in quantità sufficiente per riempire quasi completamente la cavità, possibilmente a partire dal fondo del foro, se la lunghezza dell'ago lo consente e, in ogni caso, non troppo velocemente, per evitare l'inclusione di bolle d'aria che potrebbero ridurre la superficie d'adesione tra il perno e le pareti del foro. La consistenza dell'adesivo non deve essere troppo fluida, per evitarne la fuoriuscita durante l'iniezione o l'eccessivo assorbimento da parte delle porosità presenti nel materiale in cui il foro è praticato;

8. si inserisce quindi il perno all'interno della cavità predisposta, avendo cura di rimuovere con un tampone di cotone o con un panno umido l'adesivo che fuoriesce dal foro.

I perni utilizzati possono essere di vario tipo, a seconda dell'elemento su cui si opera e delle dimensioni delle porzioni da ancorare: in vetroresina, in acciaio inossidabile, nel qual caso debbono essere impiegati i tipi d'acciaio elencati nella tabella SIAS (Società Italiana Acciai Speciali), mentre le barre devono essere ad aderenza migliorata per rendere più facile l'aggrappaggio dell'adesivo. Di recente sono stati utilizzati anche elementi di connessione in materiali innovativi, tra cui perni ottenuti da barre pultruse in fibra di carbonio ad aderenza migliorata;

9. infine, si procede alla stuccatura della testa del foro utilizzando una malta composta dal collante impiegato e dai detriti provenienti dal materiale perforato, per mimetizzare la traccia del foro sulla superficie del manufatto (fig. 3, fig. 4, fig. 5). Se eseguita con accortezza, l'operazione di stuccatura rende difficilmente individuabile l'imperniazione, e pertanto è indispensabile documentare la localizzazione di ogni singolo perno (fig. 6, fig. 7, fig. 8)

**RCP01**

## RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI



Figura 1 • Mensola di marmo. Per ripristinare la continuità tra il frammento e l'oggetto da cui è separato, è possibile ricorrere, tra gli altri metodi disponibili, all'impiego congiunto di perni e di adesivi.

**RCP01**

# RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI



Figura 2 • Il frammento è ricongiunto alla mensola.

**RCP01**

## RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI



Figura 3 • Mensole di stucco. L'operatrice pratica un foro per l'inserimento di un perno.



Figura 4 • È iniettata la prima parte di adesivo per fissare la testa del perno.

**RCP01**

## RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI



Figura 5 • È inserito il perno di acciaio inox, dopo averlo intinto nella stessa resina utilizzata per il fissaggio.  
Si inietta la seconda parte di resina.

**RCP01**

# RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI



Fig. 6 • Torrazzo di Cremona. Ancoraggio dei laterizi distaccati della cortina esterna con perni in acciaio inox di piccolo diametro. (RONCAI)

**RCP01**

# RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI



Fig. 7 • Cortina in mattoni con i perni inseriti nei fori prima dell'iniezione del formulato adesivo. (RONCAI)

**RCP01**

# RIADESIONI E ANCORAGGI CON PERNI E FORMULATI ADESIVI

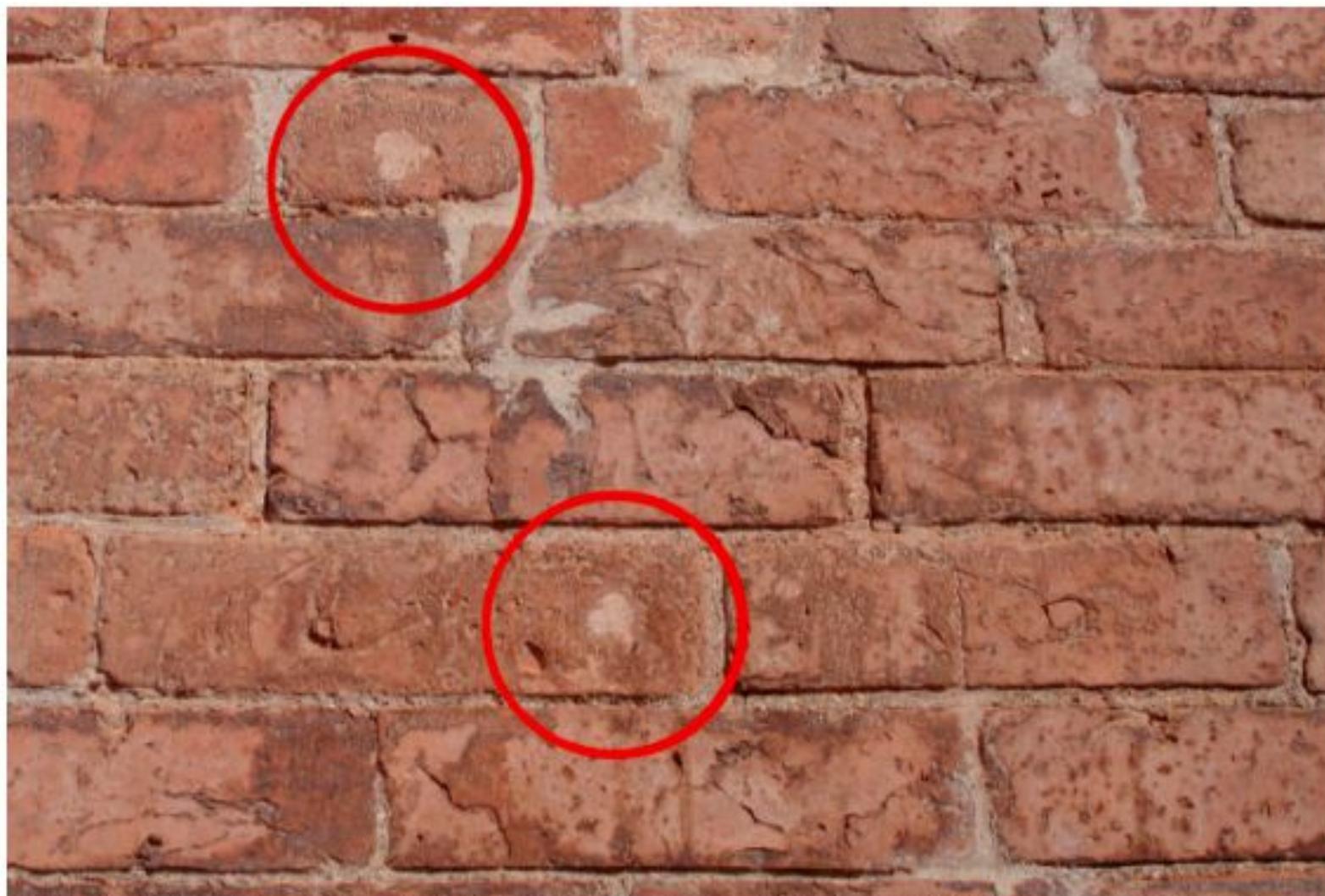


Fig. 8 • Localizzazione delle teste dei fori dopo la stuccatura eseguita con il formulato adesivo impastato con la polvere proveniente dal mattone perforato. (RONCAI)

**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Il principio di intervento, in presenza di scaglie pericolanti o completamente distaccate, si basa sul loro riposizionamento in una presunta posizione originaria, ossia si cerca di far riaderire i frammenti sulla superficie, evitandone il più possibile la sconnessione. Ciò avviene tramite procedimenti e prodotti differenti, che devono tenere insieme sia le parti pericolanti della pietra che lo sporco, consentendo di eseguire successivamente le normali operazioni di pulitura.

Per sorreggere le scaglie si impiegano dei collanti che sono in grado di formare una struttura di collegamento nello spazio delle fessure e delle cavità più larghe e profonde, e far aderire la superficie rotta di un frammento espulso al corpo sano della pietra.

I collanti utilizzati, sebbene di natura diversa, devono assicurare due caratteristiche comuni indispensabili: la flessibilità e, se necessario, la facilità di rimozione. Se così non fosse e i collanti si presentassero di difficile rimozione o molto rigidi, si potrebbero verificare degli strappi delle scaglie incollate. Ogni tipo di collante dovrebbe poter essere rimosso utilizzando il solvente con il quale è stato preparato.

Il tipo di adesivo da utilizzare varia in funzione della dimensione delle masse da incollare e della provvisorietà o meno dell'intervento.

Nel caso di un preconsolidamento, si utilizzano colle animali, colle poliviniliche, resine acriliche in soluzione, e anche alcune malte.

Il composto maggiormente utilizzato in passato prevedeva l'uso di colla animale, la cosiddetta "colletta".

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

Il procedimento di applicazione della tecnica varia con il materiale da consolidare, il tipo di frattura o di vuoto da colmare e il genere di consolidante impiegato.

*Preconsolidamento*

Un sistema abbastanza semplice consiste nel trattare a spruzzo le scaglie sollevate e riadagiarle progressivamente, alternando passate di collante ad altre di solvente, con l'aiuto di utensili di forma appropriata, preferibilmente realizzati in teflon. Questo perché il teflon (politetrafluoroetilene), essendo un materiale plastico con un altissimo angolo di contatto nei confronti di moltissimi liquidi (tra cui le resine sintetiche in soluzione), permette di evitare che gli strumenti aderiscano alle scaglie di pietra sollevate, riducendo o annullando il rischio di asportarle involontariamente o di staccarle ulteriormente dalla loro sede.

La tecnica di riadesione esclusivamente a spruzzo è comunque scarsamente utilizzata (se non in situazioni poco complicate), perché si è dimostrata notevolmente rischiosa; spesso però l'impregnazione a spruzzo è parte di metodi più complessi, quale, ad esempio, quello messo a punto per la prima volta da O. Nonfarmale nei primi anni settanta nel restauro del portale di S. Petronio a Bologna (v. CSD01 - Preconsolidamento di superfici decoese), consigliato in situazioni di notevole complessità.

Alla tecnica a spruzzo spesso si preferisce il metodo di riadesione delle scaglie mediante iniezione. Il collante contenuto in una siringa è iniettato al di sotto delle scaglie pericolanti; su di esse si esercita una leggera pressione con una tamponatura a spugna (imbevuta di un solvente idoneo) e si realizza la riadesione delle scaglie alla superficie. Ciò consente anche di asportare l'eventuale collante in eccesso. È prudente proteggere preventivamente la superficie con carta giapponese, vale a dire interponendo un filtro tra le scaglie e la spugna bagnata, e limitando notevolmente i rischi di distacco.

*Consolidamento*

Prima di realizzare l'incollaggio definitivo delle scaglie distaccate sarà necessario valutare la necessità di un preconsolidamento, con le tecniche sopra descritte, e di una eventuale velinatura delle superfici decoese. Successivamente si dovrà pulire e preparare accuratamente il supporto su cui si va a intervenire.

L'applicazione del prodotto adesivo sarà eseguita a pennello o a spruzzo, e per la scelta del sistema più idoneo si terrà conto del tipo di materiale e della dimensione delle masse da incollare.

Nell'applicazione a pennello, il prodotto consolidante deve essere distribuito uniformemente e in abbondanza sulle superfici da far riaderire. Utilizzando il metodo a spruzzo, la distribuzione del materiale avverrà tramite un getto nebulizzato che irrori omogeneamente tutte le superfici interessate dall'incollaggio. Poi la parte distaccata sarà collocata nella sua sede definitiva controllando che i lembi del supporto e della parte da incollare siano correttamente accostati. In attesa del completo indurimento dei collanti, per mantenere i frammenti in posizione, saranno previsti dei presidi provvisori.

L'incollaggio in profondità è eseguito utilizzando siringhe, assicurandosi che il distacco sia riempito il più possibile e procedendo a una immediata pulitura in caso di fuoriuscita del prodotto. L'adesivo da iniettare può essere costituito da polimeri acrilici in soluzione o dispersione e cariche (carbonato

di calcio o pietra macinata), oppure da un collante epossidico bicomponente con grado di fluidità e viscosità dipendente dalla dimensione della fessura da riempire.

Se la parte distaccata non è facilmente raggiungibile, è possibile praticare dei fori con un microtrapano con punte molto sottili. Il foro deve essere pulito da polveri, residui della foratura o quant'altro possa ostacolare l'immissione e la percolazione del prodotto adesivo.

Successivamente sarà necessario stuccare, ad esempio con una gomma siliconica, tutte le lesioni e i fori dai quali potrebbe fuoriuscire il prodotto adesivo (fig. 1, fig. 2, fig. 3, fig. 4, fig. 5, fig. 6). Una volta indurita la resina si provvederà all'eliminazione delle stuccature in gomma siliconica e, dove necessario, alla loro sostituzione con stuccature permanenti. Tali stuccature superficiali andranno eseguite con malte aventi resistenza analoga a quella della pietra. L'impasto può essere realizzato utilizzando ad esempio composti a base di grassello di calce o calce idraulica, sabbia, pietra macinata, pigmenti e altri aggregati minerali che permettono di ottenere un impasto con tessitura e colore simili a quelli del manufatto lapideo su cui si interviene.

La granulometria dell'aggregato, in particolare, incide sulla consistenza, sulla plasticità, sulla resistenza e sulla tessitura della malta. È importante anche il colore dell'aggregato, che va eventualmente corretto con pigmenti, perché da questo dipende la percezione visiva del parte integrata, sia che si voglia un risultato mimetico, sia che si intenda invece marcare la differenza tra l'area d'intervento e la superficie circostante.

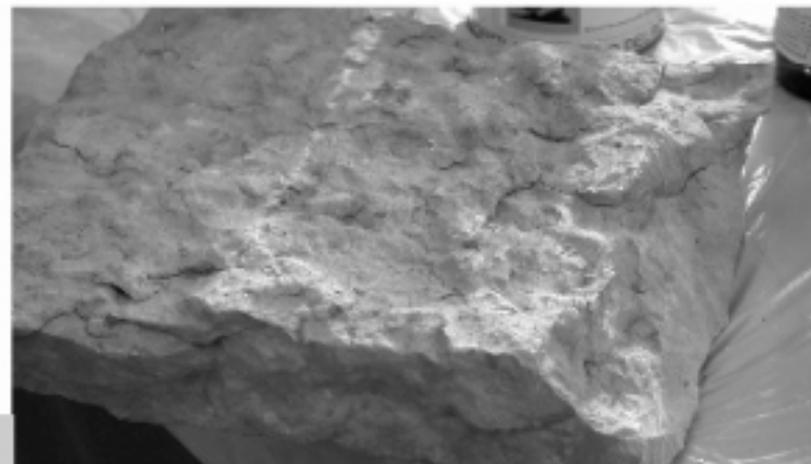


Figura 1 • Provino lapideo che presenta fenomeni di scagliatura e parziali distacchi. (ZAM)



Figura 2 • Pulitura dei bordi delle scaglie per consentire la successiva stuccatura. (ZAM)



Figura 3 • Preparazione della gomma siliconica per la stuccatura dei bordi di frattura. (ZAM)



Figura 4 • Stuccatura delle fratture e dei fori dai quali potrebbe fuoriuscire il prodotto adesivo che sarà iniettato. (ZAM)



Figura 5 • Se la parte distaccata non è facilmente raggiungibile, è possibile praticare dei fori con un microtrapano con punte molto sottili. (ZAM)



Figura 6 • L'incollaggio in profondità è eseguito utilizzando siringhe, assicurandosi che il distacco sia riempito il più possibile e procedendo a una immediata pulitura in caso di fuoriuscita del prodotto. (ZAM)

**PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE**

Gli intonaci, oltre a subire fenomeni di degrado che possono comprometterne forma, resistenza e coesione, possono perdere la propria aderenza al supporto e cadere mettendo a nudo e a rischio la sottostante muratura. Analoghi fenomeni possono peraltro interessare anche gli strati superficiali di manufatti lapidei soprattutto se di natura scistosa. In questi casi, quando al distacco non è ancora seguita la caduta è possibile fare nuovamente aderire l'intonaco al supporto.

La tecnica di cui si tratta ottiene tale scopo riempiendo le cavità createsi tra supporto e intonaco distaccato, tramite iniezioni di prodotti e malte consolidanti, in modo da ottenere un'azione adesiva tra le superfici distaccate. La ricostituzione di una continuità tra la materia delle due componenti costruttive (muro e intonaco) e tra i suoi diversi strati restituisce loro, in tutto o in parte, le caratteristiche fisiche e meccaniche, perdute o minacciate, e le loro prestazioni tecnologiche concorrendo alla conservazione dell'architettura e alla sua durabilità.

**APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE**

L'applicazione della tecnica di riadesione mediante iniezioni risente dei caratteri del manufatto su cui si interviene e può conoscere molte varianti. Essa prevede tuttavia una sequenza di operazioni che sinteticamente tendono a:

a) localizzare la porzione di intonaco distaccato da fare riaderire ed eseguire un foro di piccole dimensioni ( $\varnothing 2-4$  mm), scegliendo con cura il punto più adatto poiché, soprattutto nel caso in cui l'ampiezza del distacco sia molto limitata e, quindi, la possibilità di inserimento del consolidante nella lente di distacco risulti ridotta, la quantità di materiale che si riuscirà a introdurre può dipendere dalla buona scelta del punto d'iniezione.

I fori possono non essere necessari se la zona di distacco è agevolmente raggiungibile con le iniezioni, anche utilizzando le discontinuità già presenti sulla sua superficie esterna, quali lesioni, fratture, crepe o bordi.

Se i distacchi interessano superfici ampie, sono necessari diversi fori d'iniezione, che saranno praticati iniziando dal basso e proseguendo man mano verso l'alto, in modo che i prodotti iniettati possano riempire progressivamente tutto il vuoto esistente tra intonaco e supporto.

I fori devono essere eseguiti sfruttando il più possibile le zone in cui si sono verificate cadute o abrasioni e possono essere realizzati tramite punteruoli o piccoli trapani ad alta velocità, con punte molto sottili, come ad esempio quelle usate in odontoiatria. Tra la punta del trapano e la superficie dell'intonaco deve essere interposta una spugna inumidita per raccogliere la polvere prodotta con la perforazione. Occorre inoltre evitare che la forza e il movimento, esercitati per praticare il foro, inducano stress tali nell'intonaco da determinare la rottura e la caduta della parte sollevata.

- b) Aspirare la polvere rimasta intorno alle pareti del foro e quella presente all'interno del vuoto, utilizzando cateteri flessibili di dimensioni adeguate.
- c) Pulire le superfici interne alla lente di distacco e favorire lo scorrimento e la presa del consolidante al suo interno iniettandovi, con una siringa o con una peretta, acqua deionizzata o una miscela d'acqua e alcool che defluirà all'esterno attraverso i fori della zona inferiore o refluirà dal foro di iniezione stesso.
- d) Stuccare tutti i bordi dell'intonaco, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido iniettato. Questa operazione serve anche a individuare i punti di possibile fuoriuscita del materiale sigillante da iniettare e a creare, con le stuccature, una condizione di "camera stagna" per la lente di distacco.
- e) Iniettare, infine, il prodotto consolidante, introducendo nel foro un piccolo tubo di gomma o un ago di dimensioni e forma adeguati al tipo di fluido utilizzato e alle condizioni del distacco (fig. 1).
- Spesso questo insieme di operazioni è reso difficile dalla presenza, all'interno delle lenti di distacco, di polvere o di sabbia proveniente dall'intonaco decoeso; questi residui, quando il distacco tra gli strati è di entità ridotta (come profondità e volume), possono ostacolare il passaggio del consolidante. In questi casi è inevitabile usare un materiale sigillante praticamente liquido e impiegare prodotti polimerici come le resine acriliche (ad es. Primal AC 33) che, sebbene non rispondano ai requisiti del materiale ideale adatto per supporti di natura minerale, sembrano costituire l'unica soluzione possibile.

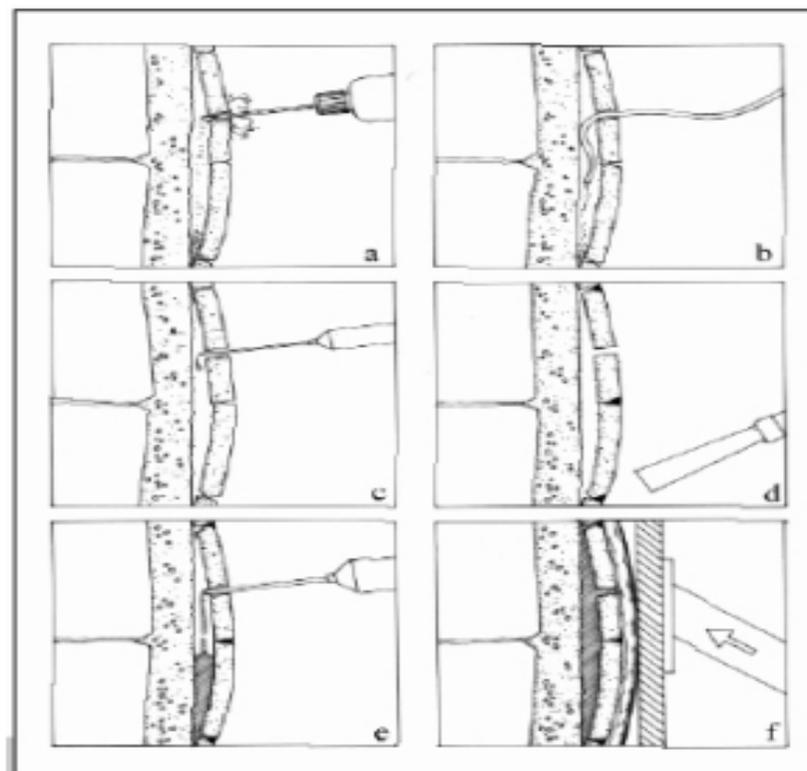


Figura 1 • Fasi esecutive per l'applicazione della tecnica:

a) esecuzione di un foro di piccole dimensioni ( $\varnothing$  2~4 mm).

Tra la punta del trapano e la superficie dell'intonaco deve essere interposta una spugna inumidita per raccogliere la polvere prodotta con la perforazione;

b) raggiunta la zona del distacco, si aspira con cateteri flessibili la polvere rimasta all'interno del vuoto;

c) si inietta con una siringa acqua deionizzata o una miscela di acqua e alcol, per pulire la superficie del distacco e favorire lo scorrimento e la presa del consolidante;

d) si realizza una "camera stagna", si stuccano tutti i bordi dell'intonaco, le fessure, i fori e le zone dalle quali è uscito il liquido;

e) si inietta il prodotto consolidante;

f) nel caso di distacchi molto estesi, per evitare che il peso del prodotto consolidante gravi sull'intonaco sollevato aumentandone il distacco, è opportuno esercitare una pressione continua, ma leggera, sulla superficie dell'intonaco stesso. Per questa operazione, si possono utilizzare pannelli di legno sostenuti da puntelli. Per proteggere la superficie e uniformare la pressione, si porrà a contatto con l'intonaco un panno morbido o uno strato di ovatta, il tutto ricoperto da un foglio di polietilene. (CAF)



Figura 2 • Esecuzione del foro, con trapano manuale a rotazione, per l'iniezione del consolidante.



Figura 3 • Pulitura del foro dalla polvere prodotta durante l'operazione precedente.



Figura 4 • Iniezione del consolidante. Con una piccola spugna umida si provvede alla immediata pulitura della superficie forata dall'eventuale fuoriuscita del consolidante.

### PRINCIPI FUNZIONALI DI BASE

Nella maggioranza dei casi, i manufatti lignei sono costituiti da pezzi o elementi assemblati e tenuti insieme mediante incastri, spesso con l'ausilio di adesivi o di cavicchi. Esistono diversi tipi di connessioni a incastro (a tenone e a mortasa, a mezzo legno, a coda di rondine, con cavicchi ecc.) e ciascuno di questi possiede proprie caratteristiche costruttive e specifici comportamenti nei confronti delle sollecitazioni cui è sottoposto. Di conseguenza, ogni incastro è anche caratterizzato da fenomeni di degrado o di dissesto, quale ad esempio la frattura del tenone o dei cavicchi, almeno parzialmente riconducibili alla sua forma e alla tecnica di costruzione.

Inoltre, col passare del tempo, le connessioni si possono allentare a causa delle sollecitazioni cui sono indotte dal ritiro del materiale e dalla deformazione degli elementi costitutivi o dal degrado dell'adesivo che li tiene insieme, e può rendersi necessario ripararle o rinforzarle.

Uno dei modi più ricorrenti per recuperare l'irrigidimento di un incastro allentato è appunto l'inserzione di perni lignei o spinotti, disposti trasversalmente alla linea di giunzione delle parti, per limitare i loro movimenti reciproci. I perni lignei o spinotti sono anche utilizzati per irrigidire le giunzioni di parti fratturate. Essi infatti svolgono una funzione duplice: aumentano la superficie di incollaggio e limitano la possibilità di movimento reciproco delle parti collegate. In relazione al tipo di frattura, gli spinotti possono essere nascosti dentro il pezzo rotto o inseriti in un foro trapanato dall'esterno; in questo secondo caso l'estremità resta visibile.

### APPLICAZIONE DELLA TECNICA E FASI OPERATIVE

Prima di procedere alla riparazione vera e propria mediante integrazione con tassello o semplice re-incollaggio e inserzione di perni, è opportuno procedere ad alcune verifiche preliminari, così da garantire la riuscita dell'intervento di riparazione. Per prima cosa, occorre valutare la necessità di consolidamento delle parti da riconnettere o anche solo dei lembi disconnessi o fratturati, che potrebbero presentare una diminuita resistenza a causa di attacchi biologici (insetti xilofagi, funghi, muffe, ecc.) o di fenomeni di sfibramento a seguito della frattura. Inoltre può essere necessario procedere alla regolarizzazione dei lembi di frattura, per facilitarne la riconnessione, tramite l'aggiunta di una protesi, a causa dell'eccessiva irregolarità del margine di rottura che rende impossibile far combaciare i due pezzi, o perché la frattura è conseguenza di altre forme di degrado, ad esempio attacchi xilofagi, che hanno provocato un indebolimento localizzato del materiale, cui non è possibile o opportuno rimediare consolidando le parti degradate. In questi casi, oltre all'intervento di riconnessione, riadesione o rinforzo, è necessario procedere anche ad un'integrazione del manufatto, generalmente mediante l'aggiunta di un tassello, al fine di rendere possibile la ricongiunzione delle parti da riparare. Talvolta tuttavia, può essere necessario operare integrazioni mediante altre tecniche, ad esempio con materiali in pasta, per risarcire piccole mancanze (v. INT12 - Integrazione di fratture e piccole cavità con materiali in pasta), o ricostruire estese parti ormai venute meno o profondamente degradate. In questi casi l'utilizzo dei perni aumenta la superficie di adesione del prodotto di integrazione, aumentando la solidarietà dell'integrazione con il materiale di cui è costituito il manufatto e migliorandone la resistenza alle sollecitazioni.

In generale, il diametro del perno ligneo deve essere pari a 1/4-1/5 dello spessore del pezzo da aggiustare e la lunghezza pari almeno al quadruplo dello spessore; se è richiesto un ancoraggio di maggiore resistenza, lo spinotto può essere più lungo.

Gli spinotti tengono meglio e durano più a lungo se aderiscono bene, ma non troppo strettamente, al pezzo rotto. Un rinforzo troppo allentato non permette all'adesivo di svolgere pienamente la sua funzione, uno eccessivamente stretto può forzare il legno circostante causando spaccature.

Ogni volta che si usa la colla conviene ricorrere a un'adeguata morsettatura degli elementi da unire. I morsetti vanno collocati in modo che la forza agisca perpendicolarmente alla linea della rottura, per accostare le estremità senza farle uscire dall'allineamento. I rinforzi dovrebbero essere ricavati da legno simile, per caratteristiche meccaniche, a quello del manufatto in cui saranno usati, tagliati nel senso della venatura, per ridurre le deformazioni e le differenze di comportamento meccanico rispetto al materiale entro cui sono inseriti.

I perni da utilizzare nel rinforzo dei manufatti lignei non devono essere soggetti a deformazioni, devono essere lavorati in superficie in modo da aumentare la superficie di incollaggio del perno e permettere il deflusso dell'adesivo quando il perno è collocato nella sua sede.

Quando un oggetto, o una sua parte, è rotto nettamente in due, se è possibile forare i pezzi in cui si è diviso, allora si inseriscono all'interno uno o più perni che collegano i due elementi.

In questo caso, in sintesi, le fasi di intervento sono le seguenti:

1) Intanto, bisogna collocare il pezzo da riparare con l'estremità rotta rivolta verso l'alto. Esso va serrato in una morsa, protetto con tavolette lignee o "cuscinetti" di sughero per evitare di danneggiarlo. Se la rottura è abbastanza netta si può usare una guida di foratura, vale a dire un attrezzo che aiuti a praticare i fori nella direzione voluta, altrimenti si procede a occhio. È consigliabile usare prima una punta piccola per praticare un foro guida in ciascun pezzo, quindi passare a una punta dello stesso diametro dello spinotto per fare il foro definitivo.

2) I fori vanno puliti dalla segatura con l'aspirapolvere oppure capovolgendo i pezzi e battendoli leggermente, in modo che fuoriescano i detriti.

3) Per stabilire la lunghezza dello spinotto da usare se ne inserisce in ciascun foro uno di diametro inferiore e si segnano le profondità di ciascun foro. Lo spinotto destinato all'uso va tagliato a una lunghezza di poco inferiore alla somma delle profondità dei fori, le estremità vanno smussate con una raspa e la superficie laterale va scanalata per assicurare l'irrorazione e aumentare la superficie di azione della colla.

- 4) Prima di introdurre lo spinotto occorre spalmare di colla l'estremità insieme con le superfici interne del foro, quindi lo si picchietta con un mazzuolo in modo da farlo entrare completamente. Prima di incollare l'altra parte, è opportuno controllare che la direzione dello spinotto sia corretta e che le estremità rotte siano allineate; in caso contrario bisogna ridurre la sezione del perno in modo da far combaciare i pezzi.
- 5) A questo punto si possono spalmare di colla la parte sporgente dello spinotto, il foro del pezzo fratturato e i lembi della frattura, quindi si riuniscono i due pezzi picchiettandoli con un mazzuolo e si eliminano gli eccessi di colla.
- 6) terminate le operazioni di riconnessione, si procede alla morsettatura. Si applica un serragiunti sufficientemente lungo che abbracci il pezzo rotto da un'estremità all'altra, perpendicolarmente alla rottura. Se questo non può essere disposto nel modo più corretto e i pezzi tendono a deviare dall'allineamento, bisogna ricorrere ad una seconda morsa. Naturalmente, queste vanno ancorate alle parti solide dell'oggetto, previa interposizione di tasselli di legno o "cuscinetti" di sughero che salvaguardino la superficie del manufatto. La regolazione reciproca dei serragiunti dovrebbe consentire il riallineamento degli elementi riconnessi.

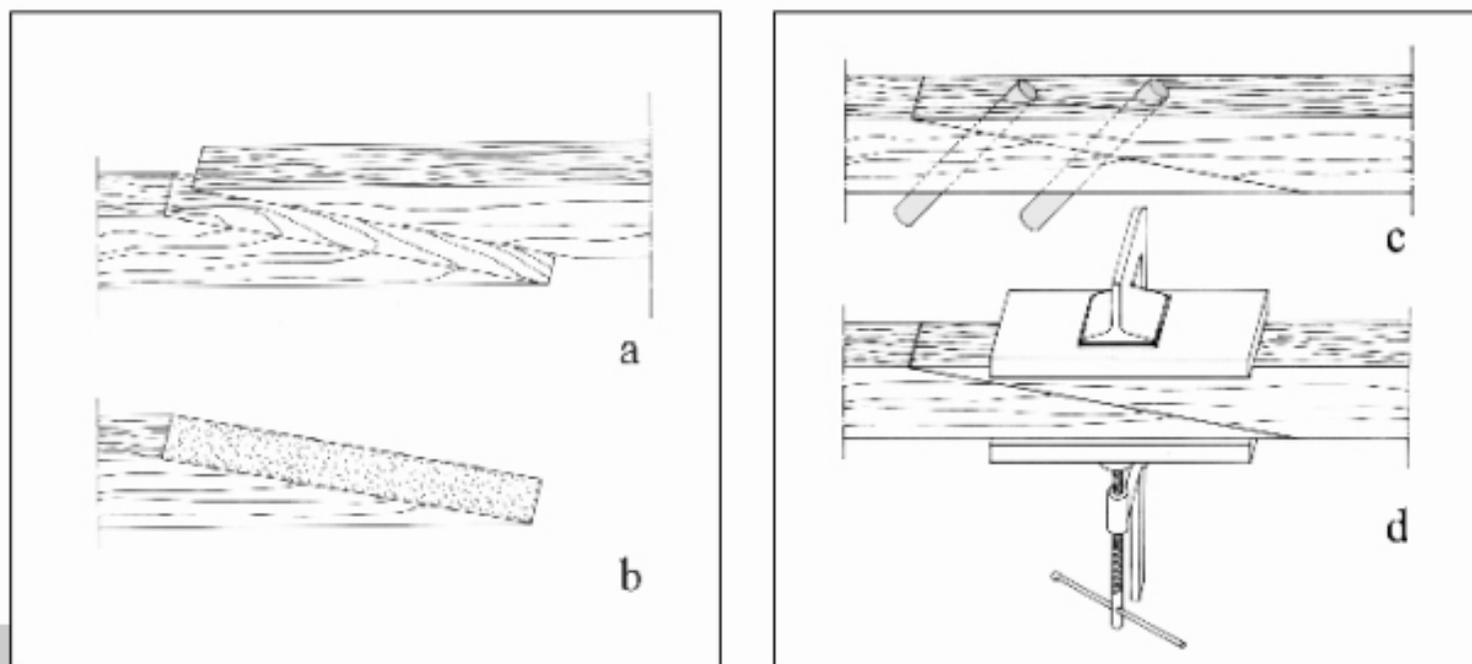


Figure 1 e 2 • Unione di due sezioni lignee: se le due parti sono state in precedenza separate, occorre innanzitutto asportare ogni residuo di eventuali vecchie colle (a) e, prima della stesura del nuovo collante, è opportuno rendere leggermente scabre le superfici da unire (b), con una lima. Dopo aver inserito gli spinotti (c), le parti così unite sono bloccate con dei morsetti a C o con strettoi a cremagliera se le dimensioni dei pezzi lo richiedono (d). (CAF)

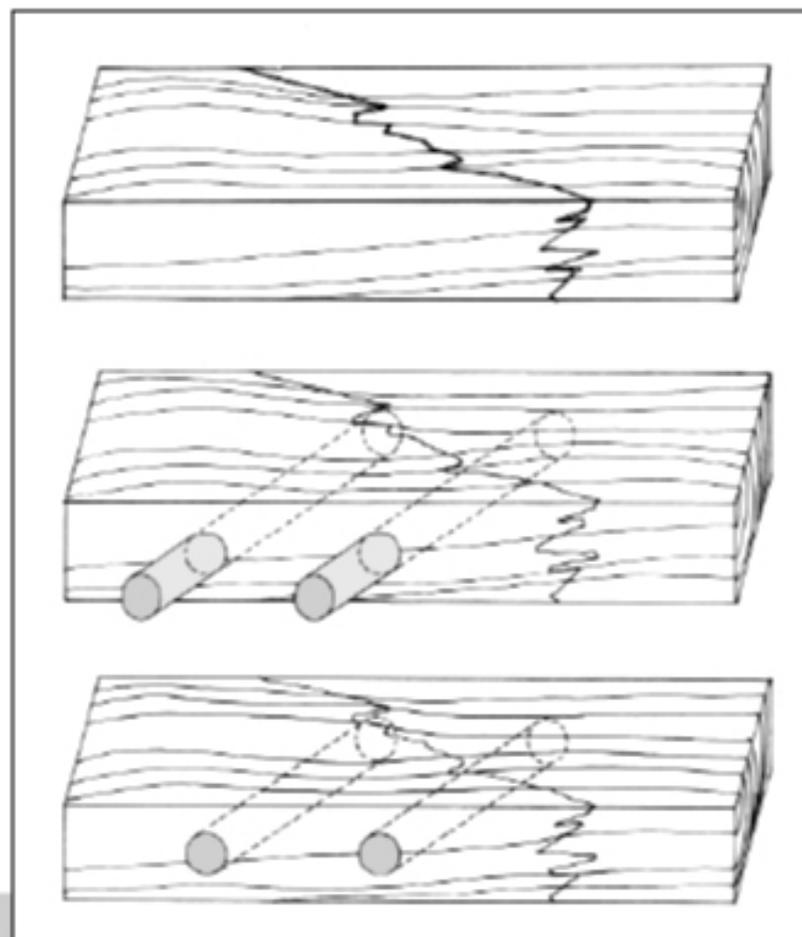


Figura 3 • Frattura frastagliata senza parti mancanti: le parti da riunire sono incollate e avvicinate. In seguito sono inseriti, perpendicolarmente al piano della frattura, degli spinotti di legno per irrobustire la riparazione. A incollaggio avvenuto, si trancia la parte eccedente degli spinotti per mezzo di uno scalpello affilato. (CAF)

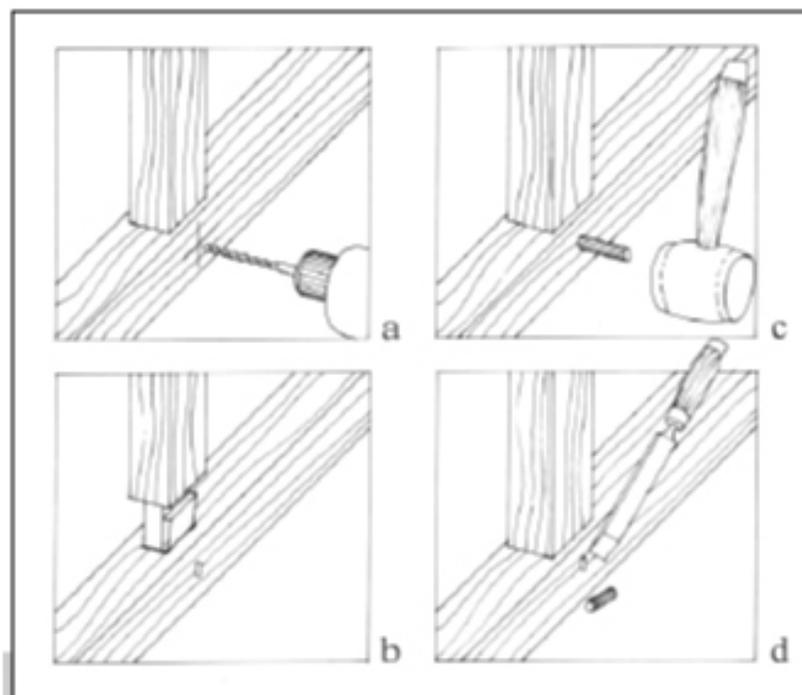


Figura 4 • Sequenza delle operazioni necessarie per realizzare l'intervento:

- a) esecuzione del foro per la spina;
- b) inserimento di un cuneo nel tenone;
- c) fissaggio nell'incastro dello spinotto;
- d) taglio dell'estremità della spina.