

003-D

14

TECNICHE DI ESECUZIONE E MATERIALI COSTITUTIVI

TECNICHE DI ESECUZIONE E MATERIALI COSTITUTIVI

Corso sulla Manutenzione di
DIPINTI MURALI - MOSAICI - STUCCHI

DIMOS parte I - modulo 1 - 1978

ISTITUTO CENTRALE PER IL RESTAURO

D I M O S Corso sulla Manutenzione di Dipinti Murali - Mosaici - Stucchi

Parte	I	TECNICHE DI ESECUZIONE — MATERIALI COSTITUTIVI
modulo	1	Dispense: Tecniche di Esecuzione e Materiali Costitutivi.
modulo	2	Schede : Materiali Costitutivi : Prove di Qualita'.
modulo	3	Dispense: Leganti, Fissativi, Pigmenti : Metodi di Riconoscimento.
modulo	4	Dispense: Tecnica delle Sezioni Stratigrafiche.
modulo	5	Testo e Diapositive (76): Tecnica di Esecuzione di un Dipinto Murale.
modulo	6	Testo e Diapositive (86): Mosaico, Tecniche di Esecuzione.

Parte	II	FATTORI DI DETERIORAMENTO
modulo	1	Dispense: Fattori di Deterioramento.
modulo	2	Dispense e Schede: Fattori Termoigrometrici : Metodi di Misura.
modulo	3	Dispense e Schede: Prodotti di Deterioramento : Metodi di Analisi.
modulo	4	Dispense e Schede: Biodeteriogeni : Esercizi di Laboratorio.
modulo	5	Testo e Diapositive: Danni Tipici.

Parte	III	METODI DI RILEVAMENTO — TECNICHE DI INTERVENTO
--------------	------------	---

TECNICHE DI ESECUZIONE

MATERIALI COSTITUTIVI

D I M O S - I . 1

Redazione: Elisabetta ANSELMi (EA)
Maria Grazia CASTELLANO ANTINUCCI (MGCA)
Michele CORDARO (MC)
Laura MORA (L-PM)
Paolo MORA (MN)
Mara NIMMO (LR)
Lidia RISSOTTO (GS)
Gabriella SERANGELI

Documentazione: Elisabetta ANSELMi (EA)
Mara NIMMO (MN)
Lidia RISSOTTO (LR)

Consulenza: Maurizio MARABELLI
Costantino MEUCCI
Marisa TABASSO LAURENZI
Maria Giuseppina VIGLIANO

Disegni: Gabriella SERANGELI

Coordinamento: Mara NIMMO

Parte Prima - Tecniche di Esecuzione

Cap. I	Dipinti Murali	p. 7
Cap. II	Mosaico	p. 43
Cap. III	Stucchi	p. 63

Parte Seconda - Materiali Costitutivi

Cap. I	Calce	p. 89
Cap. II	Gesso	p. 107
Cap. III	Cariche	p. 129
Cap. IV	Leganti Proteici	p. 149
Cap. V	Oli Essiccativi	p. 163
Cap. VI	Pigmenti	p. 179
Cap. VII	Paste Vitree	p. 221

P A R T E P R I M A

CAP. I

DIPINTI MURALI

Premessa

Dal punto di vista tecnico la storia della pittura murale, quale può essere ricostruita attraverso le antiche fonti e l'osservazione diretta delle opere superstiti, abbonda di "ricette" le più svariate e di casi particolari. Ad evitare di perdersi in una farragine di notizie più o meno significative, è utile cercare di definire, per prima cosa, quali siano le difficoltà materiali che si frappongono all'esecuzione d'un dipinto murale. Ci si accorge allora che queste difficoltà sono ovviamente sempre le stesse durante tutto il corso della storia, così come identici o assai simili tra loro sono i mezzi con cui è possibile superarle, e con cui sono state di fatto superate ogni qual volta si è riuscito a dipingere su muro in maniera durevole.

I° Difficoltà. Quale che sia la conformazione della struttura muraria (parete verticale piana o curva, soffitto o volta, arco, nicchia ecc.), e quale che sia il materiale di cui è costituita questa struttura (vari tipi di roccia nel caso di grotte; pietre o mattoni nel caso di manufatti edilizi), la prima difficoltà da superare sta nel fatto che ben raramente la struttura in questione presenta una super

ficie che si presti ad essere dipinta. Superficie "ideale" sarebbe infatti quella che presentasse naturalmente i seguenti requisiti:

- a) un colore uniforme e quanto più possibile chiaro;
- b) una struttura superficiale abbastanza levigata da poter essere ricoperta agevolmente dal colore.

Quando la parete manchi di tale requisiti, si dovrà ovviamente conferirglieli in qualche modo, il più pratico e funzionale dei quali risulta senza dubbio quello di regolarizzare la parete ricoprendola con uno strato di materiale (intonaco), la cui superficie sia sufficientemente uniforme quanto a colore e levigatezza.

Dal punto di vista storico, l'unica eccezione a questa regola generale è costituita dalle pitture preistoriche eseguite direttamente su pareti di caverne e simili. Si tratta però di un'eccezione da intendersi come conferma della regola, se si tiene conto che queste pitture non venivano eseguite non importa dove, ma scegliendo quelle zone delle superfici che per regolarità, colore e conformazione particolare si prestavano appunto ad essere dipinte. Senza contare che in non pochi casi si constata come, in mancanza di tali requisiti, la regolarizzazione delle superfici poteva anche essere ottenuta artificialmente, abradando o scheggiando la roccia.

C'è poi da dire che in molti altri casi di pitture preistoriche si può supporre che sulla parete venisse comunque steso, se non un intonaco, uno strato preparatorio costituito da grasso animale, avente la funzione di fornire una superficie adesiva al colore in polvere.

Tutte le altre pitture su pareti rocciose -ad es. le pitture delle tombe etrusche-, presentano un intonaco o quanto meno una "scialbatura" di colore o di calce, cioè un vero e proprio strato preparatorio.

Non c'è da stupirsi se, una volta padroneggiata la tecnica di re-

golarizzare la parete muraria mediante l'applicazione degli intonaci, si scopre anche che quanto più è irregolare la parete, tanto meglio riesce l'adesione tra questa e gli intonaci. Ne deriva che la pratica più spesso ricorrente nella storia della pittura murale è di irruvidire la parete con scalpellature e simili.

II Difficoltà. Lo strato preparatorio da applicare sulla parete deve essere costituito da un materiale che sia abbastanza omogeneo e facilmente lavorabile (altrimenti non si otterrebbe una superficie sufficientemente regolare quanto a colore e levigatezza), e soprattutto che aderisca fermamente alla parete sottostante.

In natura, materiali del genere sono dati unicamente da terre finemente suddivise in particelle e mescolate ad acqua (fango, argille, caolino). Non sappiamo se sia mai stato fatto uso di questi semplici materiali (senza altre aggiunte) come intonaco o supporto da pittura; è certo comunque che se mai ne venne fatto uso, la spiccata propensione di tali materiali a tornare in polvere o a farsi dilavare dalla pioggia, ci dà facilmente conto del perché non siano pervenuti fino a noi esempi di una simile tecnica.

Ogni qual volta ci si trovi dunque di fronte a pitture eseguite su strati preparatori di fango o argilla o caolino (Mesopotamia, Egitto, ecc.), si può essere certi che nella composizione di tali strati è presente un qualche altro materiale con funzioni di legante o adesivo, o quanto meno di armatura. Come legante o adesivo si tratterà o di calce, o di gesso, o perfino di melassa, gomme o resine (India); come armatura: di paglia finemente triturrata, di altre fibre vegetali o di peli animali.

S'intuisce facilmente come, con questa gamma di materiali a disposizione -ai quali assai presto vennero infine ad aggiungersi sabbia, polvere di marmo, pozzolana e perfino conchiglie finemente triturate-, la tecnica degli strati preparatori abbia conosciuto nel tempo combi-

nazioni e "ricette" d'ogni genere. Tutte le varianti conosciute, per quanto complicate, sono però riconducibili a un assai semplice principio generale. Per formare lo strato preparatorio d'una pittura murale è sempre necessario combinare insieme, in un modo o nell'altro:

- a) un materiale di base incoerente, cioè composto di piccole o piccolissime particelle disaggregate (carica);
- b) un adesivo o legante, che serva a legare tra loro le parti delle celle della carica e a far aderire il tutto alla parete.

Se a questo punto rammentiamo che lo strato preparatorio deve avere la funzione di regolarizzare la superficie della parete, ci è facile ricavarne che nella scelta delle cariche e dei leganti so no necessariamente da preferirsi quelli dal cui impasto risulti un materiale che possa essere agevolmente applicato:

- a) nello spessore adeguato;
- b) su grandi superfici.

Le due cose insieme si ottengono con una certa difficoltà. E' ad esempio intuibile che un impasto composto da una carica molto fi nemente suddivisa può essere steso agevolmente su una grande superficie solo a condizione che sia piuttosto fluido. E' questo il caso di una miscela di pigmenti e leganti, cioè di una mano di colore data a pennello.

Se aumentiamo la carica di un impasto del genere fino a formare una massa piuttosto densa, risulterà che per stenderlo sulla stessa superficie in uno strato altrettanto continuo dovremo ricorrere, in vece che al pennello, a una spatola (con manovra decisamente meno agevole). In tutti e due i casi non otterremo però lo scopo voluto, cioè quello di regolarizzare le asperità della parete. E questo per chè sia col pennello che con la spatola non riusciremo a formare uno strato che sia abbastanza spesso da compensare, piuttosto che seguire, i dislivelli della superficie.

Infatti lo spessore che può raggiungere un impasto non dipende tanto dalla quantità né dalla qualità del legante, quanto dalla gran- dezza delle particelle che compongono la carica. Si tratta d'un prin- cipio che lascia ampi margini di libertà nella scelta delle cariche, purchè s'intenda che sarebbe semplicemente illogico pretendere di formare uno strato, poniamo di 1 cm, usando una carica le cui parti delle più grandi non raggiungano almeno il decimo di tale spessore, siano cioè più piccole di 1 mm.

In conclusione: la tecnica della pittura murale, per quanto riguarda gli strati preparatori, pone come unica difficoltà la trasformazione di una parete ruvida in una superficie liscia. Tutto ovviamente dipende da quanto è ruvida la parete iniziale: il resto -cioè lo spessore degli strati, il loro numero e la loro composizione-, è sempre in stretto rapporto a questa variabile.

Può sorprendere che, parlando degli strati preparatori, non abbiamo quasi fatto cenno d'una loro componente essenziale, cioè del legante o adesivo necessario per tenere insieme le particelle di una carica. L'omissione dipende dal fatto che, nella storia della pittura murale, quasi non si dà il caso di uno strato preparatorio il cui legante non sia la calce o quanto meno a base di calce.

Considereremo perciò come unica eccezione a questa regola gli in tonaci egizi costituiti, a quanto sembra, soltanto di gesso. Delle altre varianti, e cioè degli intonaci in cui, oltre alle calce e/o al gesso, risulta aggiunto un qualche altro legante, diremo solo che stante la varietà e l'intercambiabilità di tali aggiunte (vino, lat tice di fico, caseina, gelatine animali, oli, gomme vegetali, ecc.), la loro funzione è sempre da considerarsi marginale rispetto a quella della calce e del gesso. Marginale nel senso che quando si tratta d'una funzione effettiva, e non solo d'una superstizione, questa si riduce semplicemente ad accelerare o a ritardare la presa di calce o gesso, e a variare di poco, quasi sempre in peggio, talune caratteristiche meccaniche del prodotto finale, cioè dell'intonaco asciutto.

III Difficoltà. Manca ora da prendere in considerazione la difficoltà che riguarda l'atto stesso di dipingere su muro; difficoltà che consiste unicamente nel far sì che la cosa dipinta abbia una durata, se non uguale, ragionevolmente rapportabile a quella dei sottostanti strati preparatori, se non addirittura della parete di sostegno.

E' perciò in un certo senso arbitrario distinguere il problema dello strato dipinto quanto meno da quello degli intonaci o strati preparatori -dato che in ambedue i casi si tratta di un problema di adesione (mentre la parete, con tutta evidenza, non aderisce ad altro, ma insiste e consiste semplicemente su se stessa).

Far aderire il colore a un intonaco è però un'operazione che non presenta lo stesso ordine di difficoltà di quella necessaria perchè un intonaco aderisca a un muro. Può essere abbastanza più facile, o abbastanza più difficile: tutto dipende dall'effetto estetico che si vuole raggiungere.

Se ci si contenta del segno d'un gessetto o d'un carboncino -o di lasciare, come l'uomo preistorico, l'impronta della propria mano sporca di colore- si risolve il problema dell'adesione dei pigmenti nel più semplice e più efficace dei modi, perchè in questo caso l'effetto estetico voluto richiede quantità minime di colore, e quindi anche una forza minima d'adesione.

In tutt'altro modo vanno le cose se si vuole produrre un'immagine ben definita e ricca di particolari, ciò per cui quanto meno si richiede uno strato di colore abbastanza consistente da coprire e nascondere alla vista la sottostante superficie d'intonaco. Ma non appena lo strato di colore assume uno spessore sufficiente a questo scopo, insorge la difficoltà di individuare, come per gli intonaci, il giusto rapporto tra la forza dell'adesivo e la granulometria della carica (il colore in polvere non è infatti null'altro che una carica, anche se composta di particelle parecchio più piccole di quelle

che compongono il più fine degli intonaci).

L'ideale è, ovviamente, di ottenere il massimo di forza d'adesione per una carica la cui granulometria consenta di variare liberamente lo spessore della pennellata, a seconda degli effetti pittorici che si vogliono produrre. Tenuto conto che sul particolare tipo di cariche costituito dai pigmenti non è possibile intervenire se non per ridurre al massimo, con la macinazione, le dimensioni delle singole particelle (ciò che del resto è sempre opportuno, quale che sia l'effetto pittorico che si vuole raggiungere), il problema tecnico si riduce praticamente alla sola scelta dell'adesivo giusto tra i tanti esistenti.

Ma cosa dobbiamo intendere per adesivo "giusto"? Dal punto di vista conservativo la risposta è semplice: l'adesivo che assicura al colore la maggiore resistenza possibile ai vari fattori di deterioramento, naturali e accidentali. Ma questo punto di vista, anche se non è mai estraneo all'intenzione di chi dipinge, non è certamente preminente rispetto a quello specifico dell'artista: che è di riuscire a materializzare coi colori un'immagine mentale. E siccome questo è possibile con una grande varietà di mezzi, nella storia della pittura murale (e forse nella storia di tutte le tecniche artistiche) abbondano gli esempi di opere realizzate con mezzi non durevoli, e in particolare con adesivi "sbagliati".

E' perciò forse solo una felice coincidenza che gli esempi più alti di pittura murale siano stati prodotti con la tecnica che, dal punto di vista conservativo, risulta l'unica "perfetta": la tecnica dell'affresco.

Per giustificare questa asserzione della supremazia dell'affresco basta tenerci ai principi fondamentali dell'adesione.

L'unica forma d'adesione "perfetta" è quella inerente alla struttura stessa della materia, cioè l'adesione che tiene insieme le particelle degli atomi, gli atomi che compongono le molecole, le molecole che formano un determinato materiale. In altre parole: l'adesione è

perfetta quando si traduce in un fenomeno di coesione, cioè quando consiste in una forza che interviene su tutta la massa di un solido determinato. Poco importa se questa, che chiamiamo forza di coesione, è più o meno grande in assoluto: ciò che la caratterizza è che la sua qualità non varia da punto a punto di un materiale, anche se la sua quantità non è eventualmente la stessa in tutti i punti.

Facciamo ora l'ipotesi di rompere in due o più parti un solido che abbia una determinata forza di coesione. Per rimettere insieme le parti rotte dovremo intervenire con un adesivo, la cui forza potrà essere maggiore, minore o persino uguale a quella di coesione, dalla quale sarà però in ogni caso qualitativamente diversa.

Ora, se ci riportiamo al nostro problema, scorgiamo subito che gli intonaci, anche se stratificati l'uno sull'altro, costituiscono un sistema di tipo "coesivo" anziché "adesivo", perché tenuto insieme in tutto il suo spessore da un unico legante -il carbonato di calcio- che è di fatto lo stesso da cui dipende persino la coesione del muro di sostegno (se questo è costituito di pietra).

Per applicare il colore, possiamo allora scegliere tra la via della coesione (affresco), e quella dell'adesione (tempera, olio). Nel primo caso, la forza che trattiene i pigmenti sulla superficie è data dal carbonato di calcio, cioè è identica per qualità a quella che rende coerenti gli intonaci e il muro di pietra. Nel secondo caso, mettiamo in opera un tipo di forza qualitativamente diversa, cioè non facciamo più conto sulla coesione dell'intero sistema, ma sull'adesione dell'olio o della tempera al carbonato di calcio.

Nulla vieta che in questo secondo caso si riesca persino a stabilire un più forte legame tra il colore e l'intonaco; quello che conta, almeno ai fini conservativi, è la diversità di natura tra il primo e il secondo tipo di legame. E' ovvio che due cose diverse si conservano in modo diverso; meno ovvio, ma logica conseguenza, è che questa diversità delle parti ben raramente può giovare alla conservazione del tutto.

Le considerazioni di carattere generale che abbiamo appena fatto, dovrebbero permetterci nelle pagine che seguono di trascurare, o di accennare appena, le varianti di cui, come dicevamo all'inizio, è costellata la storia della pittura murale. Ciascuna di tali varianti ha infatti la sua ragione d'essere in un tentativo, il più delle volte fallito, di superare l'una o l'altra delle tre principali difficoltà di cui abbiamo discusso.

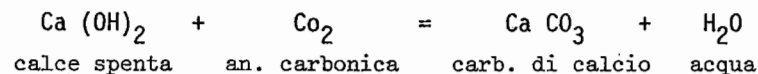
Sia per l'affresco che per la tempera e per l'olio, ci terremo perciò a una descrizione del procedimento "ottimale", intendendo per tale quello che si presta meglio a superare le predette difficoltà. Non per nulla i procedimenti che descriveremo coincidono di fatto con quelli che hanno avuto corso nei momenti di più alto sviluppo della pittura murale.

Ciò non toglie che la storia delle varianti tecniche della pittura murale non sia un importante e utile oggetto di studio. Rimandiamo perciò per essa alla lettura del Cap. V del volume di P. e L. Mora e P. Philippot: "La Conservation des Peintures Murales", Ed. Compositori, Bologna 1977, dove l'argomento è affrontato con completezza e precisione.

1 Affresco: Principi Tecnici

L'affresco, come indica la stessa parola, è la tecnica che consiste nel dipingere con colori semplicemente stemperati in acqua su un intonaco fresco, cioè non ancora consolidato. Risultato finale di tale tipo di tecnica è che, una volta avvenuto il completo asciugamento dell'intonaco, il colore risulta non più solubile in acqua perchè solidamente inglobato in una matrice cristallina formata dallo stesso legante che rende coerente l'intonaco: il carbonato di calcio Ca CO_3 .

Perchè questo avvenga è necessario che l'intonaco, oltre che di una carica (in genere sabbia), sia composto di una soluzione acquosa di calce spenta idrossido di calcio Ca (OH)_2 . Nel corso dell'asciugamento, l'acqua di tale soluzione evapora, mentre l'anidride carbonica CO_2 dell'aria trasforma appunto la calce in carbonato di calcio.



E' questo il processo detto di carbonatazione della calce. Il suo svolgimento è piuttosto lento (qualche mese), e non può dirsi completo finchè tutta la calce contenuta nell'intonaco non si è trasformata in carbonato di calcio.

Tale trasformazione avviene prima e più rapidamente sulla superficie dell'intonaco che in profondità, non solo perchè il fenomeno dell'evaporazione dell'acqua non può che avvenire in superficie, ma anche perchè quando su questa comincia a formarsi il carbonato di calcio, la struttura cristallina che ne risulta fa in un certo modo da schermo alla penetrazione in profondità dell'anidride carbonica.

Ad evitare una carbonatazione incompleta dell'intonaco -cosa

che ne ridurrebbe di molto la solidità-, soccorrono due mezzi:

- a) l'applicazione dell'intonaco per strati e in tempi successivi, così che la carbonatazione di ciascun strato non sia di ostacolo a quella dello strato precedente;
- b) l'impiego, assieme alla calce, della pozzolana, materiale che ha appunto, a differenza della calce, la proprietà di consolidarsi e far presa in presenza di acqua (di qui la definizione della pozzolana come "legante idraulico" o "calce idraulica").

Per quanto riguarda lo strato dipinto, s'intuisce che il maggior inconveniente della tecnica ad affresco sta nel fatto che essa richiede una certa velocità di esecuzione. Se infatti il colore viene campito su un intonaco che ha già preso ad asciugare, sulla superficie del quale si è quindi già formato un velo di carbonato di calcio, l'ulteriore crescita cristallina di tale velo può non essere sufficiente a inglobare completamente i granuli dei pigmenti. In tal caso, una volta asciutto l'intonaco, il colore risulta troppo debolmente legato dalla matrice di carbonato di calcio, e può quindi in tutto o in parte "spolverare", cioè tornare in polvere.

E' ovvio che, ad evitare questo inconveniente, è necessario anzitutto calcolare con una certa precisione la superficie d'intonaco che può essere dipinta prima che l'intonaco stesso entri in tiro. Di qui la pratica di procedere all'applicazione dell'ultimo strato d'intonaco per zone limitate ("giornate"), secondo quanto preciseremo meglio più avanti.

E' inoltre possibile far ricorso ad alcuni accorgimenti o varianti tecniche, come ad esempio:

- a) comprimendo l'intonaco con una cazzuola o spatola levigata, si riesce a richiamare in superficie una certa quantità di soluzione di idrossido di calcio, la cui carbonatazione avverrebbe altrimenti in profondità. Questo afflusso in superficie di legante fresco può essere provocato o immediatamente prima della campitura del colore, o quando questo sembra ormai prossimo ad asciugarsi (cioè può essere tocca

to senza stingere sulle dita). Si tratta in questo secondo caso di una sorta di tecnica di "brunitura" (cioè lucidatura) del colore, in pratica dunque di un accorgimento che ha le sue origini nella tecnica dell'affresco romano (ciò che spiega la sua abbondante diffusione in area bizantina);

- b) su un intonaco asciutto o già in fase avanzata di tiro, se si stempera il colore in acqua o latte di calce, ovvero lo si impasta con piccole quantità di calce, si riesce ugualmente a formare una pellicola pittorica il cui legante, ad asciugamento avvenuto, è il carbonato di calcio come nell'affresco vero e proprio.

Allo stesso modo, anche se in minore misura, una certa quantità di carbonato di calcio può permeare e fissare un velo di colore che venga campito su una scialbatura ancora fresca di calce.

E' a questo tipo di accorgimenti tecnici a cui generalmente ci si vuol riferire quando si parla di "pittura a calce", "affresco a calce" o "mezzo-fresco".

Sono comunque piuttosto rari i casi di dipinti di grandi dimensioni eseguiti per intero con l'una o l'altra delle suddette tecniche, in genere adottate solo per finiture, ritocchi, fasce decorative e simili. Loro difetto comune è di non riuscire a conferire alla pellicola pittorica una buona forza di adesione al substrato. A differenza dell'affresco, qui si viene infatti a formare uno strato di colore più ricco di carbonato di calcio in superficie che nell'interfaccia tra colore (o scialbatura) e strato finale d'intonaco.

2 Strati Preparatori dei Dipinti Murali

La stratigrafia della preparazione sia d'un affresco che d'una tempera o olio su muro è normalmente costituita da tre strati: arriccio; intonaco; intonachino.

Ovviamente, su una parete molto regolare l'arriccio può essere di minimo spessore o non sussistere affatto; altrettanto può dirsi dell'intonachino, se la superficie dell'intonaco è essa stessa già abbastanza compatta e levigata, o se al contrario la sua ruvidezza soddisfa ugualmente l'artista.

2.1 Arriccio

L'arriccio è formato da una malta composta da una carica con granuli piuttosto grandi (sabbia; piccole quantità di pietrisco; in qualche caso pozzolana) e da calce spenta.

L'impasto è così proporzionato per parti in volume: 3 cariche + 1 calce + acqua (nella quantità che meglio facilita la lavorazione e l'applicazione della malta).

La parete su cui si applica l'arriccio deve essere pulita e abbondantemente bagnata, ad evitare che una parte troppo grande della soluzione d'idrossido di calcio contenuta dalla malta venga assorbita dai materiali di cui la parete stessa si compone (pietre, mattoni, malte): ciò che renderebbe l'arriccio troppo povero di legante.

2.2 Sinopia

Secondo una procedura che ha avuto il massimo della diffusione tra il XIV e il XVI sec., sull'arriccio - o in mancanza di questo, direttamente sul muro -, può essere eseguito un disegno preparatorio, detto sinopia perchè molto spesso tracciato a pennello con un'argilla rossa (stemperata in acqua) che prende il nome dall'antica città di Sinope in Asia Minore. Oltre che con questo o simili colori, la sinopia può essere naturalmente tracciata anche a carboncino.

Assieme alla funzione progettuale propria di ogni disegno pre-

paratorio, nell'affresco la sinopia assolve anche a quella di mantenere in vista, nelle parti non ancora ricoperte dallo strato finale d'intonaco, la composizione di ciò che resta da dipingere. E' infatti frequente veder delineato sull'arriccio anche il perimetro delle principali "giornate" di lavoro.

Secondo le indicazioni di Cennino Cennini, peraltro molto raramente seguite alla lettera, la sequenza di una sinopia di fattura particolarmente accurata può essere così descritta:

- sull'arriccio viene tracciata una suddivisione regolare degli spazi da decorare, tirando le verticali con un filo a piombo e le orizzontali con un compasso;
- si esegue un abbozzo a carboncino, da ricalcare e ombreggiare con ocre gialla stemperata in acqua;
- dopo aver più o meno cancellato il tratto a carboncino con un pennello asciutto, l'abbozzo ad ocre gialla viene portato a una maggiore definizione dei particolari mediante sinopia stemperata in acqua.

I colori impiegati per la sinopia risultano anch'essi fissati dal carbonato di calcio, sia che questo provenga dall'arriccio ancora umido al momento dell'esecuzione dell'abbozzo, o dal successivo strato d'intonaco.

Naturalmente, nulla vieta che si esegua una sinopia, nei modi che abbiamo appena indicato, anche se la tecnica prescelta non è l'affresco ma la tempera o l'olio. In ambedue questi ultimi casi la sinopia assolve però solo alle funzioni di abbozzo; realizzato il quale, non resta che ricoprirlo per intero col successivo strato d'intonaco, dato che questo richiede di essere applicato a "giornate" solo nel caso dell'affresco.

2.3 Intonaco - Intonachino

La malta che forma il sistema intonaco-intonachino richiede una carica più finemente suddivisa (sabbia sottile, unita o no a polvere di marmo; la quale ultima, se applicata in strato di

piccolo spessore, può anche costituire per intero l'intonachino). Il rapporto con la calce, per parti in volume, può essere di 3/1 come per l'arriccio, o anche di 2/1 se lo strato è sottile. Molto frequentemente l'intonachino si riduce a una semplice finitura dell'intonaco, operata con l'applicazione di un sottilissimo strato di calce molto "tirato", compresso e levigato con la cazzuola.

Nei casi di dipinti a tempera o ad olio, va distinta dall'intonachino la vera e propria "apprettatura" finale della superficie, da operarsi come vedremo con leganti organici.

Previo abbondante bagnatura dell'arriccio, il sistema intonaco-intonachino viene, nella tecnica ad affresco, applicato a "giornate", cioè per superfici non molto estese e il cui perimetro segue in genere i contorni d'un particolare più o meno grande della composizione che s'intende dipingere.

Le giornate vengono applicate a partire dall'alto e da sinistra verso destra, lungo una linea orizzontale che segue i piani del ponteggio. La giunzione tra giornata e giornata (o meglio: tra giornate, giacché in genere ogni giornata confina con almeno due altre), si effettua tagliando di sguincio con la cazzuola il bordo dell'intonaco appena dipinto, e sovrapponendo su questo piccolo piano inclinato il bordo ad esso contiguo delle giornate confinanti. Un'accurata compressione e levigatura di tale giunto (detto "fine giornata") può impedire di distinguere con facilità l'incastro tra le varie giornate.

In epoca romana e fino verso il XIII sec., in luogo delle giornate troviamo le "pontate", cioè un sistema di applicazione dell'intonaco per fasce orizzontali, più o meno lunghe e di altezza d'uomo (ovvero, stando al termine impiegato, alte quanto la distanza tra un piano e l'altro del ponteggio).

La tecnica della pontata, per l'estensione spesso considere

vole delle superfici coperte con uno strato continuo d'intonaco, presuppone o una grande rapidità d'esecuzione pittorica (consentita nella pittura romana dalla predilezione per le grandi zone monocrome; e in quella bizantina, per l'iterazione di schemi più o meno fissi), o l'uso di un intonaco a forte spessore, tale cioè da mantenersi umido abbastanza a lungo.

Comunque, anche nelle pontate possono riscontrarsi delle "fini-giornata" verticali, alte da bordo a bordo della fascia dipinta.

Si rammenta infine che sulla superficie d'un dipinto murale possono essere applicate delle parti in rilievo, per figurare elementi decorativi, aureole e simili. Materiale di tali rilievi è generalmente la stessa malta usata per l'intonaco, sulla quale con appositi stampi o punzoni possono essere anche impressi semplici motivi decorativi, o operate modanature varie con spatole o bastoncini di legno.

2.4 Apprettature per Tempera e Oli

Un normale impasto di calce sabbia e/o polvere di marmo, una volta asciutto, costituisce un materiale che per la sua pronunciata porosità è notevolmente assorbente nei confronti di tempera ed oli; ciò che rende disagiata e lenta la campitura a pennello dei colori. L'inconveniente può essere superato in due modi: o impregnando la superficie d'intonaco, fino a saturazione, con lo stesso o con un legante affine a quello impiegato per i colori; o impastando al legante una carica molto sottile, così da formare un vero e proprio strato preparatorio molto compatto e poco poroso.

Nel primo caso si procede un po' alla cieca, perchè è certamente incontrollabile la quantità di legante che entra nell'intonaco, né in alcun modo si può essere garantiti che esso si

distribuisca in maniera omogenea e con lo stesso spessore su tutta la superficie da dipingere. Si viene così a creare un substrato assai poco omogeneo, a tratti sovraccarico e a tratti povero di legante, che darà quindi luogo a squilibri di tensione e sul quale il colore aderirà dove molto e dove poco. Da questi inconvenienti deriverà che la superficie dipinta e il relativo substrato scambieranno umidità con l'ambiente in maniera assai diversa da zona a zona, scaricando sulle zone più porose la maggiore quantità degli scambi determinati dalle oscillazioni termoisometriche di breve periodo.

Con l'applicazione di un sottile strato finale preparatorio, paragonabile alla "mestica" o "imprimitura" dei dipinti mobili, si può certamente ottenere un risultato esente dai predetti difetti, ma non da quelli dovuti all'accoppiamento tra un materiale abbastanza poroso e igroscopico, com'è il substrato d'intonaco a calce e sabbia, e una "pelle" finale che lo è invece assai poco. In una struttura murale così predisposta, qualsiasi arrivo d'umidità dal muro di supporto non potrà evaporare che molto lentamente attraverso il compatto strato superficiale bassamente igroscopico. Il lungo ristagno d'umidità nel substrato d'intonaco, ne provocherà quanto meno la dilatazione e una diminuzione della forza di coesione, condizioni queste che, nel lungo periodo, si risolveranno col distacco del più rigido e compatto strato superficiale.

La prima soluzione, ossia quella d'impregnare l'intonaco con lo stesso o con un legante affine a quello impiegato nei colori, è la soluzione che ha prevalso nella tradizione della pittura a tempera. L'impiego di un sottile e compatto strato finale, al modo di una mestica o imprimitura, è invece caratteristico della pittura ad olio.

Si riferiscono, per ciascuna delle due tecniche, alcune "ri

cette" reperibili nelle antiche fonti.

A. Tempera

- i. Cennino Cennini, "Il Libro dell'Arte", cap. LXXII (XV sec.).
La superficie dell'intonaco viene impregnata, per mezzo d'una spugna, con un'emulsione molto diluita di uovo in acqua (1 uovo in 2 scodelle d'acqua).
- ii. Vasari, "Le Vite", vol. I, cap. VI (XVI sec.). La superficie dell'intonaco deve ricevere una o due mani, a caldo, della stessa colla impiegata per i colori ("colla di carnicci", estratta per bollitura di ritagli di pergamena).
- iii. Armenini, "Dei Veri Precetti della Pittura", cap. VIII (XVI sec.).
Stuccato il muro con gesso e colla (si tratta dunque d'una soluzione del secondo tipo), si applica su tutta la superficie una mano di "colla di carnicci"; in alternativa, se si desidera una superficie molto liscia, si applicano due mani abbastanza diluite di gesso e colla.

B. Olio

- i. Cennino Cennini, cap. XC. Eseguito il disegno, si stende sulla superficie una mano di colla leggera, oppure un'emulsione acquosa di un uovo intero sbattuto con lattice di fico.
- ii. Vasari, "Le Vite", vol. I, capp. VII e VIII. Si satura la superficie d'intonaco con due o più mani d'olio cotto, ripetendo l'operazione fino a quando l'intonaco non assorbe più olio. Una volta che la superficie è asciutta, vi si applica in strato sottile un impasto di olio, bianco di piombo, giallorino e terra di campane (argilla refrattaria), stendendolo e battendolo anche col palmo della mano.
- Su un intonachino di polvere di marmo o polvere di mattone

molto finemente tritурata, si dà prima una mano d'olio di lino, quindi si stende a pennello un miscuglio di pece greca, mastice e "vernice grassa" (olio e resina tipo coppale); il miscuglio, una volta intiro o già asciutto, viene ulteriormente levigato e fatto penetrare nell'intonaco con una cazzuola scaldata sul fuoco.
- Lo stesso tipo di miscuglio può essere applicato su un sottile intonachino composto di calce, mattone pestato e raschiatura di ferro in parti uguali, più un'emulsione di chiara d'uovo e olio di lino.

3 Esecuzione Pittorica

Ovviamente, mezzi e fasi dell'esecuzione pittorica d'un dipinto murale variano da tecnica a tecnica e da pittore a pittore. Ben raramente quindi si possono trovare tutte riunite insieme in un unico dipinto le fasi descritte nei seguenti paragrafi.

E' anche opportuno tener presente che, per quanto riguarda la tecnica d'applicazione dei colori, nelle antiche fonti va sempre fatta una distinzione tra i precetti d'ordine puramente tecnico, cioè relativi alla scelta dei leganti e alla preparazione dei colori, e i precetti d'ordine estetico, intendendo per tali le indicazioni relative al modo di ottenere l'uno o l'altro tipo di effetto pittorico (luci, ombre, velature e simili). Benchè dettate in forma spesso apodittica, queste ultime indicazioni hanno avuto in realtà valore normativo soltanto per chi le ha trascritte sulla pagina, e tutt'al più per i suoi allievi diretti o garzoni di bottega. Se così non fosse, la storia dell'arte sarebbe rimasta ferma ai precetti estetici del primo trattista.

3.1 Battitura dei Fili

Come già accennato per la sinopia, anche sulla superficie finale dell'intonaco può essere tracciato uno schema di massima dell' "architettura" della composizione, intendendo per tale soprattutto la distribuzione tra parti decorative e parti figurate.

Si tratta in genere d'un incrocio di linee ortogonali: le verticali stabilite mediante filo a piombo, e le orizzontali fissandone con un compasso, sui bordi laterali, l'allineamento dei punti di partenza e d'arrivo.

Tale operazione prende il nome di "battitura dei fili", perchè eseguita mediante una cordicella intrisa di sinopia (in polvere o liquida), portata in tensione fissandola su chiodi alle due estremità, e quindi fatta battere sulla superficie dopo averla tirata come la corda di un arco.

3.2 Disegno Preparatorio

Si passa quindi a tracciare il vero e proprio disegno preparatorio, che in questa fase conclusiva non può ovviamente avere lo stesso carattere sommario e speditivo della sinopia.

Si descrivono brevemente le tecniche alternative disponibili a tale scopo.

3.2.1 Disegno diretto.

Nell'affresco, è la tecnica prevalentemente adottata in epoca bizantina, quando l'uso di attenersi a veri e propri breviari di iconografia, consentiva di tracciare il disegno -senza "pentimenti" e quindi senza rischi di macchie-, direttamente sull'intonaco. Il colore impiegato è in

genere ocra gialla stemperata in acqua.

Nelle tecniche a tempera e ad olio, il disegno diretto può essere invece praticato in tutta libertà e con i più svariati colori, dato che pentimenti e macchie possono essere completamente occultati coi successivi strati di colore.

3.2.2 Incisione diretta

Quando l'immagine non deve attenersi a schemi prefissati, ad evitare di macchiare l'intonaco con eventuali "pentimenti", il disegno viene inciso con una punta direttamente sull'intonaco fresco. Il solco lasciato dalla punta viene quindi ripassato a pennello con terra rossa.

3.2.3 Spolvero

La tecnica è entrata in uso dopo l'invenzione della carta (prima cartiera a Fabriano: 1276).

Su carta abbastanza resistente si esegue il disegno, lungo le cui linee si pratica con una punta metallica una sequenza di fori distanti fra loro qualche millimetro. Terminata tale operazione e fissata la carta sulla superficie da dipingere, con un sacchetto di garza riempito di pigmento nero si batte a tampone lungo le linee forate. La polvere penetra attraverso i fori e lascia sull'intonaco una linea puntinata, che può essere resa continua con un colore a pennello.

Il foglio dello spolvero può essere usato più volte, facilitando l'esecuzione di elementi decorativi (capitelli, puttini, festoni, ecc.), se del caso ripetibili simmetricamente ad immagine invertita, ciò per cui basta rovesciare il foglio e spolverarlo anche da tergo. In alcuni casi lo spolvero può essere usato anche come cartone.

3.2.4 Cartone

S'intende per cartone un disegno eseguito su carta pesante, e trasferito sull'intonaco fresco ricalcandone il tracciato con una punta.

Il tipo d'incisione che ne risulta è riconoscibile per il caratteristico arrotondamento dei bordi dovuto all'interposizione della carta. Il cartone si adopera normalmente in composizioni figurative e non può essere usato più di una o due volte.

3.2.5 Quadrettatura

Su superfici curve o di grandi dimensioni, può non risultare conveniente l'apprestamento d'un disegno a grandezza naturale. In tal caso si esegue un bozzetto su carta e vi si traccia sopra una griglia a maglie quadre. Ripetendo sulla parete la medesima griglia nella grandezza voluta, i quadrati costituiscono un'utile guida per non commettere errori nell'ingrandimento dell'immagine.

3.3 Campitura del Colore

Fin verso la fine del XVIII sec., la preparazione dei colori è un compito a cui assolvono lo stesso artista o i suoi aiuti, avendo di regola per obiettivo principale quello di macinare più finemente possibile i pigmenti, sia che questi siano im-
pastati ad acqua (affresco), o ai vari leganti della tempera e dell'olio. La regola, oltre che da ragioni tecniche (il colore è ovviamente più fluido quanto è più finemente macinato), è dettata da un principio d'economia (la quantità di colore ottenibile dal materiale di base è proporzionale al grado di macinazione).

Gli stessi principi presiedono alla scelta dei pennelli (i più pregiati perchè più morbidi sono quelli ottenuti utilizzando le parti meglio conservate di vecchi pennelli), nonché nell'ordinamento della tavolozza, che prevede la distribuzione di ciascun colore principale in due diversi vasetti, l'uno da schiarire per le parti in luce, e l'altro da scurire per le parti in ombra.

La tecnica che accorda maggiore cura a questi particolari è indubbiamente quella dell'affresco, nella quale, come già accennato, non ci si possono permettere "pentimenti" o simili errori di esecuzione.

Dipingere ad affresco presenta inoltre una difficoltà che nelle altre tecniche è praticamente irrilevante. Un colore stemperato in acqua e campito su un intonaco umido presenta una tonalità estremamente più scura di quella che assumerà una volta asciutto. In pratica quindi il pittore non sa quale sarà la tonalità definitiva dei suoi colori, che perciò compone e mescola in un certo modo solo in base all'esperienza; ma anche aiutandosi, in caso di dubbio, con l'accorgimento di applicare il colore su una pietra pomice molto assorbente, o su un foglio di carta fatto rapidamente asciugare con aria calda.

Per quanto riguarda i colori, quelli più frequentemente impiegati nell'affresco sono i seguenti:

- a) bianchi: bianco Sangiovanni, calce spenta;
- b) gialli: ocra gialla, terra di Siena naturale;
- c) rossi: ocra rossa;
- d) verdi: terra verde, malachite;
- e) azzurri: azzurro egiziano, oltremare naturale (lapislazzuli) o artificiale;
- f) bruni: terra di Siena bruciata, terre d'ombra;
- g) neri: nero d'avorio o d'ossa, carbone di legna.

Alcuni colori - bianco di piombo, orpimento, cinabro, minio, a

cetato di rame, azzurrite e pigmenti organici in genere-, non sono impiegabili ad affresco (v. Pigmenti, Parte II, cap. VI).

Di tali colori va dunque fatto uso a tempera, impiegando leganti proteici come colla animale (colla di pergamena), da sola o unita a piccole quantità di rosso d'uovo; ovvero caseina e latte. Le parti da dipingere a tempera sono sempre comunque preparate ad affresco; così i cieli di azzurrite sono di regola su una tinta di fondo che varia, di caso in caso, dal grigio al rosso bruno.

Su un affresco possono anche essere presenti le cosiddette "finiture a secco", consistenti in ritocchi a tempera, generalmente di limitata estensione, di cui il pittore ha sentito la necessità quando l'intonaco era ormai in fase troppo avanzata d'asciugamento, o mediante i quali ha voluto operare effetti di colore o minuzie di particolari da esso stimati, a torto o a ragione, non compatibili con la tecnica ad affresco. In tali casi il legante più frequentemente impiegato è l'uovo, molto sbattuto e diluito, e talora, prima di mescolarlo ai colori, applicato da solo sulle parti da rifinire al modo di un appretto.

Si trascrivono i passi più interessanti delle fonti che si riferiscono alla pratica delle finiture a secco.

i. Cennino Cennini, "Il Libro dell'Arte", capp. LXXII e LXXXIII.

Dopo aver indicato un legante costituito da solo rosso d'uovo, e un altro da uovo intero sbattuto e pestato assieme a ramoscelli di fico (evidentemente per estrarne il lattice), passa a descrivere due diverse tecniche per dipingere manti azzurri.

- Prendi tre vasetti, in uno metti due parti di azzurro (oltremare) e una di biacca; in un altro due parti di biacca ed una di azzurro. Mescola il contenuto di questi recipienti con una delle due tempere di cui si è parlato prima, poi prendi il vasetto vuoto e metticci, in parti uguali, un

pò del contenuto degli altri due.

Con il colore più scuro campeggia le pieghe scure, con quello di mezzo i toni intermedi, e con quello chiaro le pieghe che debbono risultare a rilievo. Aggiungi poi al colore chiaro dell'altra biacca con dell'altra tempera, ed usa questo tono ancora più chiaro per la sommità dei rilievi. Alla fine con l'azzurro oltremare refinisci i contorni delle pieghe senza mescolare un colore nell'altro.

- Prima di tutto campeggia il mantello a fresco con due parti di sinopia e una di nero (il risultato è un fondo rossiccio), dopo aver disegnato con esattezza le pieghe con un punteruolo di ferro.

Poi prendi dell'azzurro d'Allemagna (azzurrite) o Lapislazzuli, e stemperalo in colla (di ritagli di pelli o pergamena) né troppo forte né troppo diluita, aggiungendo un rosso d'uovo. Mescola bene e con un pennello di setola dai tre o quattro mani di questa tempera sul fondo del mantello (come tinta di base). Quando è asciutta campeggia con indaco e nero gli scuri delle pieghe e schiarisci i rilievi grattando con la punta del pennello.

ii. Vasari, "Le vite", vol. I: Introduzione alle tre arti del disegno: della pittura. Si devono evitare i ritocchi a "secco" sugli affreschi con pigmenti stemperati in colla di ritagli, rosso d'uovo, gomma arabica o dragante, come fanno molti pittori, sia perchè viene rovinata la leggerezza dell'affresco, sia perchè questi ritocchi si alterano rapidamente.

iii. Andrea Pozzo, "Prospectiva Pictorum et Architectorum" (fine XVII, inizio XVIII sec.). Chi può finire a buon fresco farà un dipinto più stabile, ma poichè la calce asciugando si modifica certi toni, particolarmente le ombre, si può

ritoccare con pastelli fatti di gusci d'uovo (+), oppure con pennelli quasi asciutti ed uovo. Questi ritocchi sono però inutili se fatti all'aperto, perchè le piogge li portano via.

Per quanto riguarda le decorazioni dipinte interamente a tempera, salvo i casi piuttosto rari di colori legati unicamente con uovo o con gomme vegetali, i leganti di più frequente impiego sono costituiti da colle animali (eventualmente addizionate di piccole quantità di sapone), e più raramente da caseina. Non mancano naturalmente esempi di miscele tra vari leganti, tra cui la cosiddetta "tempera grassa", che nella versione più elaborata risulta costituita da un'emulsione di tuorlo d'uovo, colla animale, olio e persino vernice: in pratica dunque un connubio tra tempera ed olio.

Quest'ultima tecnica, nelle sue applicazioni su muro, peraltro piuttosto rare, non si discosta nella preparazione dei colori dalla semplice procedura adottata per la pittura su tela (macinazione dei pigmenti con oli essiccativi: olio di lino e più raramente di noci). Diversamente però dal modo di operare sulla tela, l'effetto a cui più spesso si mira è di ottenere una superficie non eccessivamente lucida, cioè il più possibile simile a quella dell'affresco e della tempera. Dalle fonti storiche non risulta perciò l'uso della verniciatura finale; né può dirsi che costituisca eccezione un accenno del Vasari circa il buon rendimento ottenuto mescolando ai colori piccole quantità di vernice. Nelle condizioni naturali d'impiego di un colore ad olio su muro,

(+)- Il guscio dell'uovo è composto di carbonato di calcio; evidentemente veniva usato come carica nella fabbricazione di un particolare tipo di pastelli.

l'aggiunta di un po' di vernice può tutt'al più servire a rendere meno opache le zone di maggior prosciugo.

Per ottenere una superficie uniformemente opaca, o per meglio dire semi-lucida, la pratica tradizionale prescrive di partire da un abbozzo che, una volta asciutto, va levigato con la pietra pomice; per proseguire quindi con strati successivi di colore a velatura, dando tempo a ciascun strato di asciugare completamente prima di essere ricoperto dal successivo. Da questa pratica traspare la preoccupazione per gli inconvenienti derivanti da spessori troppo alti di colore e quindi troppo lenti ad asciugare: eccessivo ritiro della pellicola pittorica, con rischio di crettature precoci; disomogeneità nella riflessione della superficie, per la diversa velocità d'asciugamento da colore a colore (molto lenti i neri, i bruni e le lacche; più veloci il bianco di piombo, l'azzurrite e, in genere, i colori a base di sali metallici).

L-PM

4 Tecniche di Doratura

Nelle pitture murali, soprattutto in affreschi tra il XIV e il XVI sec., è abbastanza frequente la doratura di aureole o particolari decorativi. Il materiale metallico impiegato a questo fine è in gran parte dei casi l'oro in foglia (quasi sempre in lega con piccole quantità di piombo, argento, rame), ma non mancano esempi di lamine di stagno dorate. Assai raro l'uso di lamine d'argento tal quali o "a mecca" (cioè ricoperte da una vernice gialla che simula l'oro; v. par. seg.), per la buona ragione che, specie su muro, l'argento "non dura e vien negro" (Cennini, cp. XCV).

4.1 Tecniche di Laminatura

Il procedimento tradizionale per laminare l'oro, così come è descritto, tra gli altri, da Teofilo (XI sec.), consiste in una battitura molto protratta, con un martello a testa larga di legno, di una piccola quantità d'oro posta tra due fogli quadrati, di circa 8 cm di lato, della cosiddetta "pelle di battiloro" (oggi ottenuta dalle membrane esterne dell'intestino cieco di bue). La battitura può essere operata contemporaneamente su una decina di frammenti d'oro apprestati nel modo descritto, impilati l'uno sull'altro e racchiusi in una sorta di tasca di pelle o pergamena.

Le dimensioni delle foglie d'oro così ottenute ripetono ovviamente quelle dei suddetti fogli di pelle; lo spessore può variare notevolmente, ma è sempre quanto meno maggiore di quello delle più spesse foglie d'oro oggi in commercio (+).

Assai più semplice la preparazione della foglia di stagno, che per la sua economicità non richiedeva di essere portato a uno spessore troppo sottile. Secondo le indicazioni di Teofilo, si tratta d'una battitura su incudine, alternata con ripetute fregagioni con panno di lana e polvere di carbone, e seguita da una leggera brunitura (cioè lucidatura) mediante un dente di cinghiale.

La lamina così ottenuta poteva simulare l'oro applicandovi sopra un sottile film di vernice gialla (resina sandracca sciolta in olio di lino), e quindi immergendola ripetutamente in un bagno composto di vino o birra, zafferano e scaglie dissec-

(+) Lo spessore dell'oro in foglia di produzione industriale va da un massimo di 0,0001 mm a un minimo di 0,00008. Le dimensioni usuali sono all'incirca le stesse di quelle antiche (cm 8 x 8), con formati massimi di 10 cm. di lato.

cate della parte interna della corteccia di alberi non resinosi; a finitura: una seconda mano di vernice (+).

Non mancano peraltro esempi di foglie di stagno ricoperte da una vera e propria foglia d'oro, fatta aderire con la vernice di cui sopra. È il caso di motivi decorativi, come stelle o rosette, il cui disegno relativamente elaborato poteva essere meglio ottenuto impiegando appunto una lamina che, per il suo spessore, si prestasse ad essere ritagliata con le forbici.

Si segnala da ultimo il caso, peraltro più frequente in dipinti a tempera su tavola, di lamine di stagno applicate tal quali per figurare armature metalliche. Esclusivo invece dei dipinti su tavola l'impiego di lamine di stagno come sottofondo per velature di colore traslucide (rappresentazioni distoffe intessute d'oro e simili materiali sontuosi).

4.2 Adesivi per Lamine Metalliche

A differenza della tecnica usata per dorare dipinti su tavola, dove l'adesione della lamina al substrato preparatorio (gesso + bolo d'Armenia) è ottenuta facendo "rinvenire" con acqua la colla animale presente in tale substrato, ovvero con l'applicazione di una mano molto diluita di chiara d'uovo sbattuta, nei dipinti murali la regola è di impiegare come adesivo o "mordente" la cosiddetta "missione", cioè una miscela oleo-resinosa avente la proprietà di mantenersi attaccaticcia per un

(+) La vernice in questione è una forma semplificata dell'antico "auripetrum" e della moderna "mecca", cioè del prodotto usato per simulare l'oro con lamine di stagno, ma soprattutto d'argento, già applicate su supporto. La più intensa colorazione gialla di questo secondo tipo di vernice è ottenibile con aggiunte di vari ingredienti, tra cui, oltre allo zafferano, mirra, aloe e pigmento "sangue di drago".

certo tempo (proprietà che nei moderni adesivi a contatto viene detta "tack").

Secondo la ricetta del Cennini (cap. CLI), componenti di base d'un simile adesivo sono olio di lino cotto, biacca (bianco di piombo), verderame (acetato basico di rame) e vernice (probabilmente sandracca o ambra chiara); il tutto bollito insieme per un certo tempo. Variando la quantità dei predetti pigmenti a base di sali metallici, si ottiene un mordente più o meno colorato e più o meno veloce nell'essiccamento. Scopo della colorazione è, da un lato, di rendere più chiaramente visibili i motivi decorativi che si vengono tracciando; dall'altro, di rinforzare la tonalità dell'oro, che per il suo piccolissimo spessore mantiene una certa trasparenza. Quanto alla funzione essiccante dei pigmenti metallici, la possibilità di regolare mediante essi la velocità d'essiccamento è chiaramente in rapporto al tempo che si stima necessario per completare la doratura.

E' opportuno notare che Cennini, per l'applicazione su muro dello stagno dorato, consiglia una "vernice liquida" e non il mordente di cui abbiamo accennato. Può darsi che lo stagno dorato fosse applicato con ambedue le ricette, sostanzialmente molto simili nei componenti di base. L'assenza di pigmenti nella "vernice liquida" si può spiegare col fatto che la foglia di stagno, per il suo maggiore spessore, non avrebbe potuto comunque assumere una tonalità su cui influisse, per trasparenza, il colore del sottostante mordente.

Ricette analoghe, tramandateci dal Manoscritto Bolognese (sec. XV), mescolano litargirio (rosso a base di ossido di piombo), verderame, ocre, olio di lino e vernice; oppure: osso calcinato e macinato con colla leggera, quindi lasciato seccare e macinato di nuovo con olio di lino, infine impastato a verni

ce e a fiori di croco (zafferano). Di quest'ultimo composto è detto che "allappa", cioè si mantiene attaccaticcio, per 5-6 giorni; ciò che si spiega con la mancanza di pigmenti metallici e quindi con la più lenta essiccatività dell'olio.

Benchè nella doratura su muro abbia sempre prevalso l'uso di mordenti oleosi, o comunque di adesivi non acquosi (si citano miscugli di cera, trementina e sego, eventualmente con aggiunta di pece nera, da usarsi per piccole decorazioni; ovvero il cosiddetto "mordentino" del XVII-XVIII sec., composto di acqua ragia, cera, gomma dammar, trementina veneta e mastice in parti uguali), non mancano ricette di mordenti acquosi utilizzabili anche su muro. Ad esempio Teofilo (cap. XXIII del I libro), consiglia di applicare la foglia d'oro semplicemente con chiara d'uovo battuta. In una ricetta del "De Coloribus faciendis" di P. de Sancto Audemaro, il mordente è composto di gesso (tre parti) e ocre rossa (quattro parti), mescolate a colla di pergamena o pelle. Questo mordente, una volta asciutto, veniva leggermente raschiato per regolarizzarne la superficie e poi brunito (ripetutamente sfregato con apposito strumento -brunitoio-, costituito da un dente di animale -lupo, cinghiale, cane-, infisso in un manico, oppure da una pietra dura -agata, diaspro rosso, talvolta anche smeraldo-, opportunamente sagomata), onde renderlo perfettamente liscio. Una ricetta analoga del "Manoscritto Bolognese" parla di un composto di colla di pergamena e gesso sottile, ovvero polvere rossa di coccio pesto. Tali sistemi, chiaramente derivati dalla doratura su pergamena e su tavola, richiedevano che l'atto dell'applicazione della lamina metallica fosse immediatamente preceduto da una rapida spennellatura del sottofondo preparatorio con chiara d'uovo o colla animale molto diluite.

Un ulteriore metodo utilizzato per fissare mediante paline di cera piccoli motivi decorativi, nel caso particolare stelle di stagno dorato, è descritto da Cennino nel capitolo C del suo trattato, ed è stato puntualmente riscontrato sulla volta della cappella di S. Lorenzo nella Chiesa inferiore di S. Francesco in Assisi.

4.3 Applicazione delle Lamine

Per quanto riguarda l'incollaggio delle lamine, bisogna notare che, diversamente dalla doratura su tavola, nelle pitture murali l'operazione è l'ultima ad essere eseguita. Non è quindi infrequente il caso di dorature che ricoprono il colore. Generalmente però, e specie quando il particolare dorato è in rilievo, il sottofondo è costituito dal solo intonaco. Questo, prima di ricevere il mordente, viene reso meno assorbente con una mano di colla animale o di chiara d'uovo sbattuta. Una volta che la superficie così preparata è completamente asciutta, si applica il mordente con un pennello e si attende che entri in tiro, cioè che sia attaccaticcio ma non sporchi le dita (ciò che per un mordente ben formulato si dovrebbe verificare dopo circa 24 ore).

Le antiche lamine metalliche, e in particolare quelle di stagno, risultano abbastanza spesse da poter essere applicate direttamente con le mani, tutt'al più usando come supporto il foglio quadrato di pergamena o di pelle da "battiloro". Con le foglie d'oro oggi in commercio, la manovra è invece di assai più difficile esecuzione. Con l'apposita pennellessa di tasso la foglia deve essere prima trasferita sul "guancialetto", costituito da una tavoletta di legno grande all'incirca come un mattone, imbottita e rivestita da un lato di morbido

cuoio bianco. La foglia intera o parti di essa (ritagliate con apposito coltello non affilato) vengono quindi trasferite sul muro con la pennellessa, alla quale aderiscono per combinazione di tre modestissime forze d'attrazione: le cariche elettrostatiche fatte acquisire ai peli sfregandoli su un panno di lana; il leggero ingrassaggio degli stessi ottenuto passando rapidamente la pennellessa sul volto o sui capelli; l'altrettanto leggero effetto di depressione ottenuto spostando la pennellessa in modo che offra la maggiore possibile resistenza all'aria. Una leggera tamponatura con ovatta favorisce l'adesione della foglia al mordente. Quando quest'ultimo è asciutto, si tolgono con un pennello i lembi delle foglie eventualmente debordanti dalla zona d'adesione. Da ultimo si brunisce leggermente con un tampone d'ovatta.

Seppure molto raramente, anche sui dipinti murali si possono riscontrare effetti decorativi simili a quelli ottenuti nei dipinti mobili per "incrostazione" tra oro e colore. Un drappo intessuto d'oro, ad esempio, può essere realizzato riportando con lo spolvero sul colore una traccia del motivo decorativo, da ripassare poi col mordente perchè l'oro vi aderisca.

Su piccoli particolari decorativi è talora riscontrabile l'uso del "graffito", cioè la coloritura a tempera o ad olio della foglia metallica, riportata poi in luce per tracciati lineari ritogliendone il colore con una asticciola di legno appuntita.

Caso più unico che raro è infine quello della "Madonna con Bambino e Santi" di P. Lorenzetti (transetto sinistro della Chiesa inferiore di Assisi), dove alcuni effetti decorativi sono ottenuti con piccole velature di colore, probabilmente ad olio, sul fondo dorato.

Bibliografia Essenziale (+)

- 1 Armenino da Faenza G.B., "Dei Veri Precetti della Pittura" (1587), Capurro, Pisa, 1823.
- 2 Cennino Cennini, "Il Libro dell'Arte" (MS 1437), Neri Pozza, Vicenza, 1971.
- 3 Dyonisius of Fourna, "The Painter's Manual", a cura di P. Hetherington, The Sagittarius Press, London, 1974.
- 4 Eastlake C.L., "Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters", Dover, New York, 1960.
- 5 Gettens R., Stout G.L., "Painting Materials", Dover, New York, 1966.
- 6 Hale G., "The Technique of Fresco Painting", Dover, New York, 1966.
- 7 Laurie A.P., "The Painter's Methods and Materials", Dover, New York, 1967.
- 8 Merrifield M.P., "The Art of Fresco Painting", Alec Tiranti, London, 1960.
- 9 Merrifield M.P., "Original Treatises on the Arts of Painting", 2 voll., Dover, New York, 1967.
- 10 Mora P. e L., Philippot P., "La Conservation des Peintures Murales", Compositori, Bologna, 1977.
- 11 Pozzo A., "L'Arte del Dipingere a Fresco", (1692), in Antologia dell'Arte Pittorica, C. Baduel, Perugia, 1783.
- 12 Procacci U. "Sinopie e Affreschi", Electa, Milano, 1961.
- 13 Teofilo, "De Diversis Artibus", trad. inglese di R.C. Dodwell, Thomas Nelson and Sons Ltd., London, 1971.

(+) Per una bibliografia completa sui dipinti murali si rinvia al già cit. P. e L. Mora, P. Philippot: "La Conservation des Peintures Murales", Compositori, Bologna, 1977. Nello stesso libro sono trascritti integralmente tutti i passi delle varie fonti storiche attinenti all'argomento.

- 14 Thompson D.V., "The Materials and Techniques of Medieval Painting", Dover, New York, 1956.
- 15 Vasari G., "Le Vite de' più Eccellenti Pittori, Scultori ed Architettori" (1568), vol. I Introduzione alle tre arti del disegno. Della Pittura, a cura di G. Milanesi, Sansoni, Firenze, 1878 e ristampe.
- 16 Vitruvio Marco Pollione, "De Architectura", trad. dei libri I-VII a cura di S. Ferri, Fratelli Palombi, Roma, 1960.

CAP. II

MOSAICO

1 Cenni Storici e Tipologia

L'utilizzazione di piccoli frammenti di materiali duri (tessere), accostati in ampie superfici per comporre motivi decorativi geometrici o figurati, è il fondamento della particolare tecnica artistica cui si dà il nome di mosaico. E' per molti aspetti simile a qualsiasi opera d'intarsio, ma se ne distingue per le caratteristiche materiali, nonché per le dimensioni e la regolarità degli elementi assemblati; ciò che consente varietà compositive e cromatiche di un livello estetico confrontabile, nelle epoche di maggior sviluppo della tecnica, a quello della pittura coeva.

Oltre che come rivestimenti di superfici architettoniche quali pareti, volte, pavimenti e colonne, esistono anche esempi di mosaici su supporti mobili: altarioli o icone portatili ad esempio; ovvero gli "emblemata" dei romani, che erano mosaici su pannelli generalmente inseriti in pavimenti.

A seconda della funzione e della destinazione è assai

vasta la gamma dei materiali usati: ciottoli più o meno regolari, frammenti di pietre dure e di marmi, conchiglie, terracotta, paste vitree, madreperla.

Il più antico esempio di una tecnica assimilabile a quella del mosaico si trova in area culturale sumerica, all'inizio del terzo millennio a.C.. Si tratta di un reperto architettonico che testimonia l'uso, nella antica città di Uruk, di decorare le pareti mediante coni di argilla, dalla testa colorata, infissi nell'intonaco fresco. Ma è nella civiltà greco-romana che l'uso del mosaico diviene corrente per la decorazione soprattutto di pavimenti e, nella fase più tarda dell'arte ellenistica, anche di pareti, absidi, ninfei e fontane. I materiali, come pure i procedimenti esecutivi, si fanno sempre più complessi e raffinati, al punto di richiedere un'organizzazione del lavoro suddivisa per specialità. Dall' "Edictum de praetiis" di Diocleziano e dal "Codice" di Teodosio si ricava infatti che, almeno in epoca tardo-ellenistica, cooperavano all'esecuzione di un mosaico tre diversi tipi di specialisti: il "pictor imaginarius" cui spettava di fornire il disegno e la struttura compositiva, il "parietarius" che aveva il compito di riportare l'idea compositiva sul muro, e infine il "musivarius", che inseriva le tessere nell'intonaco fresco.

Come è ampiamente noto, è però in epoca immediatamente successiva, e cioè nell'arte cristiana e bizantina, che il mosaico raggiunge il momento di più alto sviluppo qualitativo. Anche se al riguardo non si hanno testimonianze esplicite, probabilmente in questa fa-

se si ebbe una più stretta integrazione tra i vari artefici del mosaico, al punto che in alcuni casi coincidono l'ideatore e l'esecutore dell'opera, come dimostra l'iscrizione di un mosaico del XII sec., a Bethlemme, che definisce l'autore come "pittore e musivario".

La decadenza del mosaico inizia col declino della civiltà bizantina e con l'affermarsi di altre concezioni dell'arte, che troveranno in diversi mezzi espressivi soluzioni più adeguate. Salvo rare anche se cospicue eccezioni, il mosaico comincia da allora ad essere considerato come un sottoprodotto della pittura, di cui deve imitare le particolarità e gli effetti. Si ritorna così alla scissione sempre più netta tra ideatore ed esecutore dell'opera, il quale ultimo è tanto più apprezzato quanto meglio sa imitare gli effetti della pittura.

A partire dal XV sec., numerosi e famosi artisti forniscono, in centri dove la tradizione artistica musiva si era mantenuta particolarmente solida, come Venezia e Firenze, cartoni destinati ad essere "tradotti" in mosaico. Ricordiamo tra questi Mantegna, Ghirlandaio, Tiziano, Tintoretto e Veronese. A Roma, nel 1516, Raffaello prepara un cartone per la decorazione musiva della cupola della cappella Chigi in S. Maria del Popolo; poco più tardi Baldassarre Peruzzi progetta una composizione da trasporre in mosaico per la cappella di S. Elena in S. Croce in Gerusalemme.

Anche dipinti famosi e totalmente autonomi come ideazione e destinazione vengono trasposti nella tecnica del mosaico. Tipici sono gli esempi delle pale d'altare del Guercino e del Domenichino, sostituite sugli altari della

basilica vaticana da analoghe rappresentazioni musive, col fine di impreziosirne la costituzione materiale e di assicurarne una migliore conservazione nel tempo.

In epoca moderna la situazione non è sostanzialmente mutata, con contributi occasionali di importanti pittori, per la parte che riguarda i disegni preparativi, e con alcune innovazioni di carattere tecnico che semplificano la esecuzione, ma non senza pregiudizio per la resa estetica del mezzo.

2 Tecniche di Esecuzione

Per quello che riguarda la storia delle tecniche di esecuzione si hanno scarse indicazioni dalle fonti. La maggior parte delle informazioni derivano perciò dall'osservazione diretta delle opere musive giunte fino a noi. Si descriveranno nei seguenti paragrafi le principali tecniche usate, individuando i procedimenti dei vari tipi di mosaico e le caratteristiche essenziali dei materiali utilizzati.

2.1 Mosaici su Supporto Fisso

Soprattutto per la diversità delle strutture di supporto e della composizione degli strati preparatori, è utile distinguere i mosaici in rapporto alla struttura architettonica a cui sono applicati: pavimenti, pareti, soffitti o volte.

2.1.1 Preparazione dei supporti.

La preparazione del terreno destinato ad accogliere un mosaico pavimentale richiede procedure diverse a seconda della natura del terreno e dei materiali a disposizione. Fatta astrazione dalle varianti necessitate da tale tipo di contingenze, una procedura "standard", esemplificata su quella romana, può essere così descritta.

Dopo che il terreno è stato scavato, spianato e ben compresso, si procede a ricoprirlo con una prima gettata di malta ("statumen"), composta da un conglomerato di grossi ciottoli, calce spenta e pozzolana. Nel caso di un terreno molto compatto, ad esempio una roccia calcarea, questo strato può anche mancare (Leptis Magna).

Un secondo strato ("rudus"), dello spessore di circa 20 cm., è costituito da pietre spezzate, ghiaia, calce spenta e pozzolana, con una quantità maggiore di pozzolana e con l'aggiunta di mattoni spezzati nel caso di pavimenti all'aperto.

Un terzo strato ("nucleos"), dello spessore di 12 cm circa, si compone di una parte di calce spenta e tre di cocciopesto.

Nel caso di pareti e volte, sul muro reso ruvido da spicconature si stende un primo strato composto da calce spenta (1 p.), polvere di marmo (2 pp.), polvere di mattoni - oppure pozzolana o sabbia - (2 pp.) e fucelli di paglia. Su questo strato, dello spessore di 3-4 cm, vengono praticate con la punta della cazzuola delle intaccature ("scallette"), aventi il fine di fornire una migliore superficie di adesione allo strato successivo. Nelle vol-

te e nei soffitti possono anche essere preventivamente inseriti nella struttura muraria grappe o chiodi a testa larga (di ferro, rame o bronzo; fino a 37 chiodi al mq, come si è constatato a S. Marco a Venezia), per rinforzare l'adesione tra la malta e la struttura di supporto.

Il secondo strato è formato da un impasto simile al precedente, ma con cariche di grana più fine.

2.1.2 Sinopia.

Generalmente sul secondo strato, ma a volte anche sul primo o direttamente sulla cortina muraria (S. Sofia a Costantinopoli e S. Marco a Venezia), si esegue il disegno della composizione da realizzare. Se necessario, la superficie è scandita, per mezzo della "battitura dei fili", nei riquadri destinati ad accogliere le diverse figurazioni; successivamente si traccia l'abbozzo (in genere con colori rosso e nero stemperati in acqua, ovvero incidendo le linee principali della figurazione e ripassandole a colore). Come nell'affresco, la sinopia dei mosaici ha lo scopo di tracciare in modo più o meno sommario la ripartizione degli spazi e della composizione, nonchè di servire da guida nel corso della successiva fase esecutiva.

2.1.3 Preparazione delle tessere: sistema tagliato.

Si può ora cominciare a predisporre le tessere, operando una scelta tra i numerosissimi materiali impiega-

bili a tale scopo: ghiaia, lapilli, breccia, ecc.; frammenti di marmi bianchi, neri, monocromi o variamente colorati; tessere o frammenti di terracotta, che possono essere anche dipinti o smaltati; perle, pietre dure, madreperla, conchiglie e avorio (utilizzabili per raffigurare gioielli e simili preziosità decorative); paste vitree e smalti.

Questi ultimi due termini sono sinonimi di uno stesso materiale, ottenuto per fusione di sabbie silicee e ossidi metallici, questi ultimi con la funzione principale di opacizzanti e coloranti. L'uso delle paste vitree e degli smalti sopperisce alla scarsa varietà cromatica delle pietre e dei marmi, oltre a consentire, rispetto a questi, una più facile possibilità di taglio e una maggiore regolarità di forme.

La pasta ottenuta al termine della fusione dei vari materiali viene colata e pressata, così da ottenere delle forme simili a piastre o "pizze" (lastre ovoidali), dalle quali si ricavano le tessere nella forma voluta col cosiddetto "sistema tagliato", cioè letteralmente tagliandole mediante appositi strumenti (martellina e tagliolo). Si ottengono così tessere dalle forme più o meno regolari, a sezione quadra, rettangolare, triangolare o trapezoidale, a volte rastremate per facilitarne l'inserimento. Le dimensioni variano da 2 a 20 mm di lato, con spessore da 3 a 25 mm.

Da indicazioni di Teofilo e di un manoscritto del XIV sec. (pubblicato dal Milanesi nel 1864), nonchè dallo stesso Vasari, si ricavano numerose informazioni sulle tecniche di produzione delle tessere di pasta vitrea dorate o argentate (v. più avanti, Parte II, Cap. VII).

A seconda dei materiali costitutivi delle tessere, della loro forma e dimensione, della destinazione d'uso e del sistema d'incastro o commettitura, i Romani distinsero diversi tipi di mosaico. Tra questi, tralasciando quelli che sono dei veri e propri intarsi di pietre o lastre marmoree di notevole dimensione, ricordiamo: il pavimentum testaceum, al cui modello si possono far risalire i vari pavimenti in ciottolo; il pavimentum tessellatum, composto da cubetti di pietra e marmo molto regolari, di circa due centimetri di lato, inseriti in modo che gli interstizi siano poco evidenti; l'opus vermiculatum, composto da marmi e paste vitree minutissime, di forme varie e irregolari, disposti in modo da seguire i contorni delle figure, usato prevalentemente per gli "emblemata"; l'opus musivum, composto da marmi e soprattutto paste vitree, derivazione dall'opus vermiculatum e usato in particolare per pareti e volte.

2.1.4 Strato legante o di allettamento.

Predisposte le tessere, distinte in appositi recipienti per colori e tono, sul penultimo strato del supporto, già recante la sinopia o il disegno inciso, viene operato un incrocio a larghe maglie di intaccature trasversali, per favorire l'adesione dell'ultimo strato di malta, detto anche strato legante o strato di allettamento delle tessere.

Nel caso di un mosaico pavimentale, tale strato è composto da un impasto di calce spenta (1 p.), polvere

di marmo (2 pp.) e polvere di mattoni (2 pp.), a volte con l'aggiunta di sabbia e raramente di pozzolana; nel caso di un mosaico parietale, da calce spenta (1 p.), polvere di marmo (2 pp.), pozzolana oppure sabbia o polvere di mattone molto finemente macinata (2 pp.). Lo spessore varia da 1,5 a 2 cm. Lo strato legante va steso a piccole sezioni (specie di "giornate"), così che non entri in tiro quando non è ancora ultimata la applicazione delle tessere.

Il disegno viene riportato sulla superficie di questo ultimo strato, mediante i "cartoni". Talora l'abbozzo preparatorio risulta completato con sommarie campiture di colori stemperati in acqua (e cioè, in pratica, ad affresco). Si ottiene così un duplice scopo: uno schema di riferimento molto preciso per la scelta dei colori delle tessere, e la coloritura preventiva, già in tono, della malta che resterà in vista negli interstizi tra tessera e tessera. Testimonianze di questa maniera di procedere sono state trovate in quasi tutte le aree di diffusione della cultura bizantina: dalla Grecia alla Sicilia, da Venezia alla Russia.

2.1.5 L'inserimento delle tessere.

Le tessere sono inserite nello strato legante per circa 2/3 del loro spessore, direttamente con le mani o con apposite pinzette quando sono di dimensioni ridotte. Esse risultano orientate secondo angoli diversi, determinati dal grado di pressione esercitata sulla loro superficie durante l'inserimento. Nei mosaici parietali,

specie nei fondi d'oro o nelle parti alte, le tessere vengono inserite con una inclinazione di circa 45°, e poste parallele le une alle altre. L'accentuata angolazione ha lo scopo di incrementare gli effetti di ri frazione della luce.

La superficie del mosaico, eseguito con il procedimento descritto, si presenta scabra e, a seconda dei materiali impiegati, può risultare:

- opaca, se le tessere sono prevalentemente di marmo;
- semi-lucida, se le tessere sono prevalentemente di pasta vitrea;
- mista, se le tessere sono di marmo e di pasta vitrea.

2.2 Mosaici su Supporto Autoportante

L'uso di supporti autoportanti per mosaici è ampiamente documentato fin dall'epoca greco-romana. Tipici sono a questo riguardo i già ricordati "emblemata", composizioni in mosaico su lastre di vario materiale, come pietra, marmo o terracotta, che venivano poi inserite sulle superfici da decorare, quasi sempre pavimenti. Confermano quest'uso gli accenni delle fonti antiche a mosaici provenienti da bottini di guerra, o a mosaici che decoravano pavimenti di imbarcazioni particolarmente lusuose.

La tecnica del mosaico è stata usata anche per la decorazione di vere e proprie icone portatili, specie in area culturale bizantina a partire dall'XI sec., con particolare sviluppo durante la dinastia dei Paleologi. L'abilità degli esecutori arrivò in questi periodi a fi-

gurare su piccole dimensioni e con tessere ridottissime scene particolarmente complesse, come ad esempio l'intero ciclo delle "Dodici Feste" del calendario liturgico bizantino, mosaico portatile conservato nel museo dell'Opera del Duomo di Firenze.

Infine il mosaico, da solo o con incrostazioni marmoree, è stato anche impiegato nella decorazione di vari tipi di arredi liturgici e profani, come pulpiti, transenne, tavoli.

I supporti, come si è accennato, possono essere di vario materiale a seconda delle destinazioni d'uso; sempre però troviamo steso direttamente sul supporto lo strato di allettamento, che naturalmente varia di composizione in dipendenza del supporto usato.

Nei supporti detti "cassine", le lastre, delimitate da una propria cornice, sono costituite da materiali come:

pietra, marmo, terracotta (tegoloni), a volte impermeabilizzati con strati oleosi ("emblemata");
legno (mosaici portatili bizantini);
peperino o travertino con intelaiature di ferro (le pale d'altare di S. Pietro);
ardesia, marmi vari, lastre di rame o ottone (mosaici portatili del XVII sec.).

I pannelli destinati ad essere appesi o inseriti entro pareti sono generalmente di marmo e mancano della cornice.

Come accennato, nei mosaici autoportanti lo strato di allettamento delle tessere varia in relazione al materiale di cui è formato il supporto a cassina o a pannello.

Per mosaici su supporto in pietra, marmo o terracotta, il legante si compone di calce spenta, polvere di marmo e polvere di mattone, mescolate con acqua e talora con aggiunte oleo-resinose. Tutti i componenti debbono essere finemente macinati.

Per mosaici su supporti di marmo, ardesia, legno o metallo, il legante può essere costituito o da stucco a olio o da miscugli variamente combinati tra due o più dei seguenti materiali: cera, bitume, pece greca.

Lo stucco a olio, che fu usato anche per i mosaici parietali (cappella Gregoriana in S. Pietro), è composto da polvere di travertino (60 pp.), calce di travertino (25 pp.), olio di lino crudo (10 pp.) e olio di lino cotto (5 pp.). Lo stucco, diviso in pani e fatto essiccare per più di un anno, è poi ridotto in polvere e mescolato con olio di lino crudo fino a formare un impasto adatto a far da legante alle tessere (ricetta di Gerolamo Muziano, sec. XVI).

2.2.1 Tipi di tessere e tecniche di inserimento.

Caratteristica prevalente dei mosaici portatili è il largo impiego di tessere di piccole dimensioni, ottenute col già descritto sistema tagliato e costituite da materiale pregiato, in specie da paste vitree.

Dalla seconda metà del XVIII sec. fu perfezionato dal romano Giacomo Raffaelli, che nel 1775 tenne una mostra di quadri eseguiti con questa particolare tecnica, un metodo di produzione delle tessere detto del "mosaico filato", utilizzato per la prima volta nel '600 per

l'esecuzione delle pale d'altare di S. Pietro. Con questo metodo la pasta vitrea fusa viene tirata, cioè filata, in forma di bacchetta o "teca", dalla sezione e dalla sottigliezza voluta. Le tessere si ricavano intaccando la teca a piccoli segmenti con una lima, e quindi troncando ciascun segmento con una pinza.

Lo strato di allettamento tuttora in uso per il mosaico filato è costituito da uno stucco ad olio la cui composizione è uguale a quella già descritta.

Nei mosaici portatili accade piuttosto raramente che venga eseguita una sinopia sulla lastra di supporto. Trattandosi di realizzare delle immagini che, per la piccolezza delle tessere, sono in genere molto definite nei particolari, è invece data una certa cura all'esecuzione del disegno preparatorio.

Il trasferimento del disegno sullo strato di allettamento può essere eseguito sia con la tecnica dello "spolvero", che mediante incisione a ricalco di un lucido.

D'una certa complessità è il sistema a volte usato per l'inserimento delle tessere negli "emblemata", e ripreso poi nella tecnica del mosaico filato. Sulla lastra di supporto viene colato uno strato di gesso da formatore, sulla cui superficie si trasferisce quindi il disegno preparatorio. Lo strato di gesso è poi rimosso a piccole sezioni e sostituito, una sezione alla volta, con lo strato legante (l'impasto a base di calce per gli "emblemata" e lo stucco ad olio per il mosaico filato), così che questo e le tessere che vi

vengono inserite trovano una sorta di paratia di contenimento nei bordi dello strato di gesso che resta all'intorno.

Nei mosaici autoportanti la superficie si presenta in genere scabra, negli interstizi tra le tessere si intravede appena il materiale d'allettamento. Non mancano peraltro casi di mosaici livellati o "arrotati" e lucidati, mediante sostanze abrasive in pezzatura sempre più fine, per ottenere una superficie molto levigata e lucente.

3 Tecniche Moderne di Esecuzione

Se quelle precedentemente descritte sono le tecniche comunemente adottate nei tempi di maggiore importanza e diffusione del mosaico, in epoca moderna ci si avvale frequentemente di altri metodi, che offrono il vantaggio di una maggiore rapidità di lavorazione e di una certa semplificazione nella messa in opera delle tessere. Occorre però anche dire che l'utilizzazione di queste tecniche segna il definitivo distacco tra l'ideazione e l'esecuzione del mosaico. La messa in opera delle tessere è in funzione soltanto della più agevole e fedele riproduzione del cartone fornito dall'artista. Essa avviene infatti in laboratorio, ad opera di squadre di artigiani che lavorano simultaneamente alle diverse parti della figurazione a mosaico, che sarà poi applicata sulla superficie, parete o pavimento, per la quale è stata ideata.

Sono due le tecniche che hanno i requisiti indicati: il sistema indiretto e il sistema a rivoltatura.

Anche se alcuni hanno ipotizzato un loro uso fin dall'antichità (addirittura, per il sistema indiretto, è stato affermato che alcune parti del mosaico pavimentale pompeiano rappresentante la "Battaglia di Alessandro" fossero realizzate con questa particolare tecnica), non si hanno prove convincenti per confermare questa ipotesi. Mentre si sa con certezza che la pratica dei sistemi indiretto e a rivoltatura nasce e si diffonde soltanto nel secolo scorso.

3.1 Sistema Indiretto

Il principio su cui si fonda il sistema indiretto è quello di comporre le tessere dal rovescio, applicandole a testa in giù su un supporto provvisorio diviso in sezioni.

Come supporto provvisorio si adopera un foglio di carta di una certa resistenza, su cui si trasferisce, rovesciato, il disegno preparatorio fornito dall'artista. Il foglio viene quindi suddiviso in sezioni di dimensioni maneggevoli e aventi un perimetro che in genere segue i contorni del particolare disegnativo incluso nella sezione, ma può anche essere semplicemente frastagliato, più o meno al modo di un elemento di "puzzle". L'accorgimento è inteso a rendere meno visibili le linee di giunzione tra le varie sezioni, una volta che queste saranno trasferite e ricomposte sul supporto definitivo. Per facilitare quest'ultima operazione, sul "verso" del foglio di carta

che fornisce il supporto provvisorio (cioè sulla faccia opposta a quella che reca il disegno preparatorio), si numerano le sezioni in cui il foglio stesso andrà suddiviso e si tracciano in corrispondenza vari segni di riscontro, da far collimare al momento della ricomposizione dell'insieme.

Si procede quindi, sezione per sezione, a incollare la testa delle tessere sulla carta, servendosi di colla d'amido o di farina e ovviamente seguendo le linee del disegno preparatorio.

Terminato questo montaggio capovolto del mosaico, la fase successiva consiste nell'applicare su muro le varie sezioni, curandone la commettitura con la maggiore precisione possibile. Al momento dell'applicazione si stende sulla parete lo strato di malta legante, facendo sì che vi sia una certa corrispondenza di forma e di dimensioni tra la superficie dello strato legante e quella della sezione, o delle sezioni, di mosaico che devono esservi inserite (ovviamente prima che la malta faccia presa). Ciascuna sezione viene quindi compressa contro lo strato legante, battendone la superficie (tuttora coperta dalla carta) con apposito strumento detto "batti", finché non si ottiene un piano ben livellato e non si ha la certezza, dal suono della battitura, che gli interstizi tra le tessere sono stati uniformemente riempiti dallo strato legante.

Quando l'insieme è stato così ricomposto sulla parete, si asporta la carta e la superficie del mosaico viene finalmente alla luce. L'effetto è ovviamente assai diverso da quello del mosaico diretto: con questa sorta di tecnica di "prefabbricazione" si ottengono infat

ti superfici molto regolari, in cui le tessere risultano tutte allo stesso livello e orientate secondo una stessa angolazione.

3.2 Sistema a Rivoltatura

Rispetto al precedente, il sistema "a rivoltatura", diffuso dalla fine del XIX secolo, consente figurazioni più precise e ricche di dettagli e si differenzia assai meno, per l'aspetto della superficie, dal tradizionale mosaico diretto.

Rinviando alle diapositive (v. I.6) per una particolareggiata descrizione della tecnica, qui se ne sintetizzano le fasi principali.

Dentro una cassina di legno, con bordi smontabili e con il fondo reso impermeabile da carta catramata o altro materiale isolante, si stende uno strato di preparazione composto solitamente da creta e pozzolana bagnata. Su di esso viene riportato, con un lucido opportunamente cerato e inciso, il modello del disegno da realizzare, e man mano vengono inserite le tessere. Composto così il mosaico, si applicano sulla sua superficie uno o più strati di garza ("velatino"), la cui adesione è assicurata per mezzo di colla di farina o di amido. Se la superficie del mosaico è estesa, è opportuno rinforzare il velatino con delle strisce di tela di canapa, applicate in senso verticale.

Quando l'adesione del velatino è sicura, si rivolta il mosaico su un piano di legno, lo si libera dalla cassina e si procede alla rimozione dell'impasto sul retro delle tessere e a un'accurata pulitura delle medesime.

Il mosaico, la cui adesione è ora assicurata solo dal velatino, viene quindi inserito sulla parete di supporto, preparata in precedenza con due strati di malta e uno di legante. Anche in questo caso, come nel sistema indiretto, la superficie viene battuta per facilitare la penetrazione delle tessere nello strato legante. Alla fine, con dell'acqua, si rimuove il velatino.

Come già accennato, le superfici dei mosaici "a rivoltatura" appaiono più scabre rispetto a quelle eseguite col sistema indiretto; ma anche qui lo strato legante riempie per intero gli interstizi tra le tessere e affiora in superficie.

Va osservato che, in ambedue i sistemi, talune operazioni si prestano, con opportune modifiche, ad essere impiegate nel consolidamento e nella ricomposizione di antichi mosaici.

MC EA

Bibliografia Essenziale

- 1 Bettini S., "La Pittura Bizantina - I Mosaici", Nuovissima Enciclopedia Monografica Illustrata, Nemi, Firenze, 1939.
- 2 Bovini G., "Origine e tecnica del mosaico parietale paleocristiano", in Felix Ravenna, serie III, 14, 1954.
- 3 Caprino C., "Mosaico con spartizione modulare e sinopia nella Villa Adriana a Tivoli", in Bollettino d'Arte, serie V, I, 1972.
- 4 "Dizionario di Erudizione Storico-Ecclesiastica", voce mosaico, Emiliani, Venezia, 1840-61.
- 5 "Enciclopedia dell'Arte Antica", voce mosaico, Ist. Poligrafico dello Stato, Roma, 1958.
- 6 "Enciclopedia Universale dell'Arte", voce mosaico, Sansoni, Firenze, 1958.
- 7 Faccioli C., "Michelangelo Barberi", in L'Urbe, XXXV, 6, 1972.
- 8 Fiorentini Roncuzzi I., "Arte e Tecnologia del Mosaico", Longo, Ravenna, 1971.
- 9 Fischer P., "Mosaic History and Technique", Thames and Hudson, London, 1971.
- 10 Grabar A., "Mosaici Bizantini in Grecia", Silvana, Milano, 1964.
- 11 Levi D., "Antioch Mosaic Pavements" Princeton University Press, London, 1947.
- 12 Mellentin Haswell J., "Manual of Mosaic", Thames and Hudson, London, 1973.
- 13 Merrifield M.P., "Original Treatises on the Arts of Painting", vol. II, Dover, New York, 1967.
- 14 Morricone Matini M.L., "Mosaici romani a cassettoni del I sec. a.C.", in Archeologia Classica, XVIII, I, 1965.

- 15 Morricone Matini M.L., "Pavimenti di Signino e Repubblica
ni di Roma e Dintorni - Mosaici Antichi in Italia", CNR -
Ist. Poligrafico dello Stato, Roma, 1971.
- 16 Papini R., "Il centro da tavola del Viceré", in Dedalo,
III, 1922-23.
- 17 Phillips T., "Mappae Clavicula; a treatise on the prepara-
tion of pigments during the Middle Ages", in Archaeologia,
XXXII, London, 1847.
- 18 Pieri M., "I Marmi d'Italia", Hoepli, Milano, 1958.
- 19 Plinio il Vecchio, ("Naturalis Historiae"), "Storia delle
Arti Antiche", (libro XXXV), a cura di S. Ferri, Fratelli
Palombi, Roma, 1946.
- 20 Robotti C., "Ritrovamento e conservazione di opere musive",
in Archeoclub d'Italia, n° 26-suppl. 1, 1974.
- 21 Theophilus, "De Diversis Artibus", testo e trad. inglese di
C.R. Dodwell, Thomas Nelson & Sons Ltd., London-New York,
1961.
- 22 Vasari G., "Le Vite de' più Eccellenti Pittori, Scultori ed
Architettori" (1568), vol. I. Introduzione alle tre arti del
disegno, a cura di G. Milanese, Sansoni, Firenze, 1878 e
ristampe.
- 23 Vitruvio, "De Architectura", trad. dei libri I-VII a cura
di S. Ferri, Fratelli Palombi, Roma, 1960.

CAP. III

STUCCHI

1 Cenni Storici e Tipologia

Nell'ambito delle tecniche artistiche si intende per stucco qualsiasi decorazione a rilievo o modanatura architettonica formata con un impasto che abbia per componenti principali il gesso e la calce (da soli o variamente miscelati e con la possibilità di aggiunte di varie altre sostanze). Le caratteristiche e la qualità dell'impasto, che saranno meglio specificate in seguito, dipendono soprattutto dalla funzione, destinazione e aspetto che dovranno caratterizzare lo stucco.

Così come si è determinato storicamente, lo stucco ha avuto utilizzazioni diversissime, spesso solamente ausiliarie rispetto ad altre tecniche artistiche.

Ben più importante, dal nostro punto di vista, è l'impiego dello stucco come base o completamento di una decorazione architettonica, da solo o in relazione con superfici dipinte. Per la facile reperibilità e il basso costo dei materiali di base, per le possibilità offerte di una modellazione agevole, rispetto alle pietre e ai marmi,

e dunque per le molteplici variazioni decorative che consente, lo stucco è servito in diverse epoche e civiltà per modellare varie componenti di strutture architettoniche come cornici, paraste, capitelli, transenne, camini, mensole, cassettoni per soffitti, rosette e vari altri ornamenti. Anche funzioni di carattere più propriamente estetico hanno giustificato, in particolari momenti del gusto e della sensibilità, l'impiego dello stucco come materiale fondamentale per una più complessa articolazione della spazialità architettonica. Ricordiamo ad esempio la decorazione di alcune tombe etrusche, come la tomba dei "Rilievi", a Cerveteri; la pittura parietale romana del I stile documentata soprattutto a Pompei, in cui le decorazioni dipinte a imitazione di paramenti marmorei erano completate da rilievi in stucco; la riattivazione che nella Roma rinascimentale venne fatta del motivo delle "grottesche" classiche e di decorazioni a stucco per riquadrare superfici dipinte più o meno ampie. Dalla scuola di Raffaello l'uso di ripartire pareti e soffitti dipinti con modanature e decorazioni in stucco fu una costante di gran parte dell'arte manieristica cinquecentesca. Ma è nell'ambito del gusto barocco e rococo che si afferma, in Italia e in Europa nei secoli XVII e XVIII, l'uso dello stucco per rilievi e decorazioni architettoniche che sfrutta tutte le possibilità fantastiche e illusionistiche di questa particolare tecnica. Nei palazzi e nelle chiese barocche le pareti le volte non sono concepite come superfici che delimitano e chiudono uno spazio, ma come tramite di una spazialità che si espande. Il Bernini nella cappella Cornaro in S. Maria della Vittoria e poi, in estensione più

vasta, il Raggi e il Baciccia nella volta del Gesù a Roma sono i casi più tipici. Ma anche in esempi meno illustri la decorazione in stucco esalta i valori chiaroscurali e luministici delle superfici, in armonia con la visione "pittorica" della spazialità barocca.

Sempre nell'ambito dell'architettura, un impasto a base di gesso è talora servito per decorare ampie superfici imitando materiali particolarmente rari e preziosi quale, ad esempio, il diaspro. Oppure con stucchi veniva imitato il commesso di marmi vari con motivi unicamente geometrici o anche figurati. E' la cosiddetta scagliola, chiamata anche "mischia" o "mista" o "dei tavolini", che dall'Emilia si diffuse nell'Italia del Nord e in Europa a partire dal XVII secolo e per tutto il Settecento. La scagliola serviva per decorare paliotti d'altare, piani da tavola, tabernacoli, balaustrate e, più raramente, pavimenti. I motivi decorativi più comunemente rappresentati sono fogliami e uccelli, prospettive e paesi, pizzi, merletti e stoffe.

Mediante la tecnica dello stucco non pochi artisti sono riusciti a definire una visione plastica totalmente autonoma. Tra i più famosi ricordiamo Alessandro Vittoria a Venezia, Camillo Mariani e Francesco Mochi a Roma, tra la fine del Cinquecento e gli inizi del Seicento. Oppure le statue del Serpotta in Sicilia, che raggiungono effetti e risultati particolarmente indicativi per cogliere le caratteristiche e le possibilità del mezzo utilizzato.

Nell'Ottocento, dopo le ultime utilizzazioni neoclassiche, la decorazione in stucco decade, riducendosi ad una pratica artigianale o semindustrializzata. Si estende l'uso dei pezzi prefabbricati costruiti con stampi e forme

standardizzati, che vengono poi adattati come "ornamento" negli ambienti più vari.

L'architettura del nostro secolo, con l'eccezione dei risultati apprezzabili raggiunti nell'ambito dell'Art Nouveau, non trova generalmente nello stucco un materiale adeguato, determinando così una sempre più netta decadenza di questa particolare tecnica.

Va infine ricordato che coi termini "stucco" e "stuccatura" si designano anche operazioni aventi funzione meramente sussidiaria rispetto ad altre tecniche artistiche.

E' il caso dei dipinti su tavola, in cui la preparazione a base di gesso e colla serve a rendere perfettamente levigata la superficie del legno e a predisporre una base meno assorbente per la stesura del colore. Simile funzione ha la stuccatura nella scultura lignea policroma, dove però deve anche spesso contribuire alla definizione plastica dell'immagine. Anche nei cassoni decorati e dipinti dell'arte tardogotica e rinascimentale è steso, talora su una tela incollata al legno, un impasto a base di gesso, polvere di marmo e colla animale cui viene dato il nome di pastiglia, e che funge da supporto per decorazioni a pittura o a stampo. Uno strato di stucco è usato a volte per rifinire sculture in pietre particolarmente porose poste soprattutto all'esterno di edifici, come provano, ad esempio, i frontoni dei templi arcaici dell'Acropoli di Atene.

Composti a base di gesso sono stati usati fin dall'antichità, in considerazione della facile modellabilità del materiale e della sua capacità di indurimento più o meno rapido, per calchi o stampi per coniare sigilli o monete; per servire da forma alla fusione di oggetti di oreficeria o di statue con diversi metalli; come supporto di lamine

metalliche d'oro o d'argento, lavorate a sbalzo e particolarmente sottili. Ricordiamo inoltre che lo stucco è utilizzato spesso per la prima modellazione o abbozzo di sculture, che in altro materiale avrebbero trovato la loro forma definitiva. Il Canova, ad esempio, non soltanto lo adoperava per i bozzetti, ma modellava a grandezza naturale con lo stucco, facendo poi riportare dai suoi aiutanti di bottega la forma stabilita sul blocco di marmo prescelto.

2 Principi Tecnici

Gli impasti costitutivi dello stucco possono essere distinti in tre gruppi:

- 1) impasto a base di gesso (emidrato misto ad acqua, o biidrato misto a leganti proteici) con eventuali additivi (leganti organici, cariche varie);
- 2) impasto a base di calce (con l'aggiunta di una carica, di solito polvere di marmo o sabbia);
- 3) impasto a base di calce e gesso (con o senza aggiunte di cariche) ed eventuali additivi.

Nel primo caso la presa e l'indurimento sono determinati dal legante proteico se il gesso è nella forma biidrata, dalle caratteristiche del gesso come legante aereo se questo è invece utilizzato nella forma emidrata. L'eventuale aggiunta di un collante proteico a un impasto a base di emidrato ha solo la funzione di ritardare il tempo di presa.

Nel secondo caso, essendo le componenti dello stucco simili a quelle di un comune intonaco, la presa e l'indurimen

to avvengono per il processo di carbonatazione della calce spenta a contatto dell'anidride carbonica dell'aria; processo che è determinante anche nel terzo caso, se nell'impasto prevale la calce.

Principio fondamentale dei materiali di base costituenti lo stucco, è di formare un impasto che mantenga per un periodo abbastanza lungo un buon grado di lavorabilità ad umido, senza però deformarsi sotto il suo stesso peso. Questo per consentire una agevole modellazione di manufatti complessi quali statue, rilievi e ornamenti in genere, che richiedono tempi di esecuzione a volte lunghi. Il controllo del tempo di presa, la possibilità cioè di ritardarne o di accelerarne la durata, è dunque il requisito essenziale della tecnica dello stucco, ed è soprattutto in funzione di tale requisito che nel tempo sono state adottate innumerevoli varianti nella scelta dei materiali che compongono l'impasto, nel loro proporzionamento e nella maniera stessa d'impastarli. Ma per un buon risultato del prodotto finale sono essenziali anche altre caratteristiche: un'ottima adesione alle più varie superfici, una buona resistenza meccanica e, in molti casi, un'agevole lavorabilità a secco oltre che a umido.

Meno facilmente ottenibili sono invece i requisiti di carattere conservativo, in particolare la resistenza all'umidità, assai poco incrementata dai metodi tradizionali consistenti in applicazioni, in genere sul manufatto di gesso asciutto, di latte di calce, o caseinato di calcio, o oli.

Sono dunque la destinazione d'uso dello stucco e le modalità della sua esecuzione i fattori che determinano la

natura e le particolari caratteristiche dell'impasto.

Non è però agevole dare delle indicazioni precise sulle varianti di cui, come abbiamo accennato, è costellata la storia del particolare tipo di tecnica. Sono scarse le notizie delle fonti a questo riguardo, né sempre sono chiare. La pratica di esecuzione degli stucchi, come quasi tutte le pratiche artigianali in uso nei secoli passati, era il risultato di una esperienza empirica legata ai "segreti" e alle "ricette" della bottega, di cui poco traspare nei documenti rimasti. Né di grande aiuto sono le analisi chimiche fatte di recente su campioni di stucco di diverse epoche, soprattutto per la mancanza di organicità e completezza della ricerca. Dobbiamo pertanto affidarci a quanto è possibile dedurre dalle informazioni di trattatisti e, in misura minore, dalle indicazioni dei contratti di forniture per l'esecuzione di stucchi.

Il Vasari descrive il metodo di impastare lo stucco usato da Giovanni da Udine, a imitazione di quello antico e in sostituzione di quello in uso nel suo tempo consistente in un impasto di "gesso, calcina, pece greca, cera e matton pesto". La novità consiste nella utilizzazione di polvere di marmo bianco pestata finemente e mescolata con calce bianca, fatta di scaglia di marmo, o di travertino, nella proporzione di una parte di polvere di marmo con due parti di calce.

Più complessa è un'altra ricetta suggerita dal senese Pietro Cataneo in un suo libro sull'architettura, pubblicato a Venezia nel 1561. Si miscelano otto parti di calce di marmo, più una parte di zolfo vivo, più due parti di polvere di pomice e, rimestando spesso, si lasciano in un recipiente per otto giorni. Si aggiunge del gesso cotto, polverizzato, quanto basta per ottenere una pasta, e inoltre un decotto di

"bucce di olmo", "fieno greco" e "cime di malva": ingredienti che per il loro abbondante contenuto in amido, tannino e zucchero dovrebbero incrementare la lavorabilità dell'impasto sia in fase umida che una volta asciutto. Secondo il Cataneo inoltre, questo particolare impasto renderebbe lo stucco particolarmente resistente ad aria, vento, pioggia, ghiaccio.

Numerosissime altre sono le varianti ricordate dalle fonti, specie a partire dal XV secolo, e di talune delle quali verrà fatta menzione più avanti. In epoca moderna le diverse qualità di gesso (biidrato, emidrato, anidro), combinate con varie sostanze organiche naturali e con sali di acidi inorganici aventi la funzione di ritardare o accelerare il tempo di presa, o di indurenti ed impermeabilizzanti, determinano impasti dalle caratteristiche molteplici, adatti ai vari usi che il prodotto ha oggi nella tecnica edilizia. A questo riguardo, per più precise notizie, si rimanda al cap. 2 della Parte II.

3 Tecniche di Esecuzione

Negli antichi trattatisti, soprattutto Vasari e Cataneo, esistono diverse notizie sui procedimenti di lavorazione dello stucco in uso nelle varie epoche e per i diversi scopi cui esso è destinato.

Molte altre osservazioni è possibile desumere anche dall'analisi diretta delle opere pervenuteci, che spesso chiariscono aspetti o accorgimenti tecnici non diversamente documentati.

3.1 Armature

Data la particolare natura dell'impasto dello stucco, fluido e vischioso ma dalla presa non istantanea, esiste durante il tempo della sua lavorazione la possibilità che si deformi o aderisca imperfettamente al supporto su cui deve essere applicato, inconvenienti tanto più probabili quanto è maggiore lo spessore che si vuol dare all'impasto. Per spessori non eccessivi può essere sufficiente la semplice aggiunta di cariche organiche costituite da fibre vegetali o animali. Per spessori maggiori, e cioè per rilievi molto aggettanti, si rende spesso necessaria la messa in opera di speciali armature di sostegno. Bisogna cioè predisporre sul supporto murario degli aggetti, con mattoni o altri materiali, che seguano l'andamento del rilievo, consentendo così di diminuire la massa dell'impasto e dunque lo spessore dello strato di stucco. Con l'armatura si crea altresì un appoggio rigido che assicura allo stucco un ancoraggio stabile alla parete o alla volta.

Esistono diversi procedimenti per mettere in opera delle armature. Per la decorazione, con cornici ed altri ornamenti, di volte, porte, finestre o pareti si possono seguire due metodi:

- si intaglia direttamente il supporto murario, quando questo è costituito da mattoni o tufi;
- si utilizzano mattoni e "pietre cotte" facili da tagliare, ai quali quindi si dà la forma voluta man mano che li si inserisce nella struttura muraria (Giulio Romano nel Palazzo del Te a Mantova).

Nel caso di bassorilievi o figure modellate anche ad alto rilievo, da far aderire a superfici piane, l'armatura è costituita da chiodi, "ferramenti", mattoni o tufi in piccoli pezzi. Così il Vasari descri-

ve questo procedimento:

- si conficcano nel muro i chiodi in buon numero, più o meno sporgenti a seconda "che hanno a stare le figure";
- tra i chiodi si inseriscono i pezzi di mattone o tufo;
- su questa armatura viene steso l'impasto di stucco, grosso e sbizzato per grandi linee;
- quando lo stucco inizia ad indurire lo si lavora e ripulisce di continuo con pennelli bagnati, portandolo a termine "come fosse di cera o di terra".

Lo stesso sistema poteva essere seguito nel caso di volte non in muratura, ma "girate con mura di legname e stuoie di canne".

In realtà l'uso di un supporto armato è ben anteriore rispetto alle documentazioni delle fonti (Vasari, Cataneo), dal momento che è stato possibile rilevarne la presenza nella decorazione in stucco della navata del San Salvatore di Brescia (intradossi e ghiere degli archi), sulla base di frammenti e tracce rimaste in situ (14).

Oltre a quelli già descritti, esistono altri materiali per assicurare una più solida adesione dello stucco al supporto murario, o per migliorarne le proprietà meccaniche ad indurimento avvenuto.

Si può fissare al supporto murario una struttura composta di canne avvolte a spirale, legate da elementi vegetali e inchiodata alla superficie. Questa tecnica è particolarmente usata per sottarchi decorati in stucco. O anche, allo stesso scopo, si usa filo di ferro ripiegato e ritorto, fissato per mezzo di chiodi.

Nel caso di ornamenti di modesta grandezza, come aureole, rosette ecc., si possono trovare soltanto una serie di

chiodi, piuttosto sporgenti, posti ad intervalli regolari. Altre volte sono inseriti nello spessore dello stucco fasci di paglia, frammenti di ramoscelli o di canne.

Per stucchi modellati a tutto tondo, non si hanno che informazioni generiche sull'armatura o "anima" in grado di sostenere, come struttura portante, la statua. Si tratta in genere di veri e propri "scheletri" di vario materiale: generalmente legno, ma a volte anche metallo. Gravi deterioramenti hanno consentito di analizzare la struttura interna di alcune statue in stucco. Ad esempio in quelle della bottega dei Reti, nel teatro Farnese di Parma (sec. XVII), l'armatura è costituita da un'anima di legno e ferro imbottita con paglia compressa e legata, così da schematizzare la conformazione di un corpo. Per particolari più minuti, come ad esempio le dita, dei fili di ferro sono conficcati nella parte terminale del legno costituente il braccio, consentendo una modellazione dello stucco anche per volumi sottili e fortemente aggettanti rispetto alle parti più consistenti e massicce della statua.

3.2 Abbozzi Disegnativi

Come per i dipinti murali e per i mosaici, anche per le decorazioni a stucco occorre poter prevedere il risultato finale e l'effetto complessivo. Bisogna cioè tracciare sulla superficie da decorare il disegno del lavoro che si intende eseguire. Si ha così modo di controllare l'equilibrio della composizione, le proporzioni delle parti e il loro rapporto.

L'abbozzo può essere eseguito in vario modo. Nella Basilica eufrasiana di Parenzo (sec. VI) si sono conservati nella navata centrale, sopra le arcate settentrionali, i disegni di quelli che probabilmente erano dei medaglioni rilevati a stucco. Sempre nella stessa Basilica, gli stucchi delle pareti, posti nella fascia intermedia tra la decorazione musiva e le incrostazioni marmoree, consistono di due strati sovrapposti, il primo dei quali reca incisi i bordi dell'ornamentazione.

A Malles, nella chiesa di San Benedetto (inizio del IX secolo), nella zona mediana del fregio a stucco, si nota sull'intonaco sottostante traccia evidente di una sinopia in rosso.

Altre volte si ha notizia di cartoni predisposti per la decorazione in stucco. Ne fa fede il Vasari, in una lettera del 1553 al Vescovo di Arezzo Minerbetti, in cui parla di una commissione di cartoni, su invenzione di Annibal Caro, destinati alla decorazione della Villa Giulia a Roma.

Altri numerosi esempi esistono di abbozzi preparatori, realizzati su muro mediante cartone, o per disegno o incisione diretta.

3.3 Modellazione e Forme

Sul supporto, adeguatamente preparato, l'impasto è steso in più strati, ruvido e granelloso prima, individuando anche in modo sommario la forma che si vuole realizzare, e poi più fine per consentire una modellazione più precisa ed accurata.

Questa solitamente avviene ad impasto ancora fresco. Ma si è osservato come non manchino esempi di modellazione a secco. Transenne e tralicci di finestre nel mondo islamico,

presentano chiari segni di intagli e modellazioni a impasto asciutto, come pure un analogo procedimento si manifesta nell'ornamentazione e nelle statue in stucco del tempio di Cividale.

La modellazione ad umido di cornici ed altre modanature architettoniche comporta spesso l'uso di particolari sagome chiamate "guide" o "raffetti". Questi sono costituiti solitamente da una lama di ferro od ottone sagomata secondo il profilo della cornice. Il raffetto per cornici a basorilievo, di piccola mole, è adoprato a mano; in casi diversi è necessario un apposito utensile che funzioni da sostegno per la lamina e da guida per l'operatore. Per evitare ogni minima oscillazione e mantenere perpendicolare alla superficie il raffetto, occorre anche che l'utensile sia tenuto in posizione, da guide fissate sulla parete.

Tecnica abbastanza diffusa per la realizzazione di elementi decorativi in stucco è anche quella della "formatura". Il procedimento, in uso fin dall'antichità, permette una notevole semplificazione nell'esecuzione, e soprattutto la riproducibilità quasi illimitata di elementi decorativi di uguale forma. Serve inoltre per riprodurre altre opere o aspetti parziali di esse.

Vengono indicate con il termine di "formatura" tutte le operazioni necessarie per la riproduzione di un modello. Se le copie del modello sono numerose, la "forma" deve avere particolari requisiti di durata e resistenza, e viene chiamata "stampo". Alla forma usata per riprodurre il particolare di un modello si dà il nome di "impronta". Molto spesso più che per riprodurre, l'impronta viene però impiegata per ricavare un modello dal quale poi trarre la forma

vera e propria.

Di solito forme e stampi sono di legno intagliato, ma a volte sono usate anche forme in gesso o in terracotta. Non si hanno molte notizie sul modo in cui veniva trattata la superficie della forma. Il Vasari dice che nel caso di stucchi a base di calce e polvere di marmo, per soffitti voltati a cassette, la forma in legno destinata a ricevere l'impasto veniva cosparsa di polvere di marmo finemente macinata.

In altri casi si usava cospargere la forma con s^ugna e sego (vedi oltre).

L'uso di forme o stampi è comune per l'esecuzione di cornici o fogliami intagliati, e ancora per capitelli, basi di colonne, architravi e ornamenti su muro piano (Cataneo).

In quest'ultimo caso, la superficie deve naturalmente essere armata con chiodi metallici per far meglio aderire la massa dello stucco, che può essere lavorato utilizzando questo procedimento:

- una certa quantità di stucco, che non sia né troppo fluido né troppo denso, va messa in misura adeguata sull'elemento da decorare;
- sullo stucco si poggia la forma di legno, intagliata di cavo e preparata con polvere di marmo distesa su tutta la superficie;
- con un martello si batte sulla forma con colpi uguali finché lo stucco resta improntato;
- lo stucco va poi pulito e nettato.

L'uso di forme è documentato anche nell'esecuzione di numerosi soffitti nel Basso Monferrato, nei secoli XVII e XVIII. Sono soffitti con travature di legno e pannelli in stucco decorati a rilievo e non dipinti. I pannelli assolvono anche alla funzione di pavimento per il piano superiore. Questa tecnica è stata studiata a fondo e chiaramente descritta da E. Fiandra (9).

Altri particolari procedimenti di modellazione, di una certa importanza, sono legati a tradizioni di bottega o a particolari tipi di manufatti. Saranno di seguito descritte la modellazione su lastre preformate e inserite, e quella su supporto autoportante.

3.3.1 Modellazione su lastre preformate e applicate.

Elementi figurati o decorativi, specie se di piccole dimensioni, possono essere ricavati con trapani e strumenti da taglio da lastre o blocchi di stucco preformati, cioè praticamente con la stessa tecnica della scultura in pietra. Questa maniera di procedere, non menzionata dalle fonti, trova un'esemplificazione d'un certo interesse nei pannelli in stucco non finiti della balaustra del palazzo di Al Mafjar nella valle del Giordano (prima metà dell'VIII sec.).

Tali pannelli risultano eseguiti attraverso le seguenti fasi di lavorazione:

- colata dello stucco entro una forma ed estrazione della lastra prima del completamento della presa;
- esecuzione di un accurato tracciato geometrico di punti di riferimento, ottenuti mediante battitura di fili, incisioni e linee di colore a pennello;
- scultura del partito decorativo predisposto con strumenti da taglio e trapani (10).

3.3.2 Modellazione su struttura autoportante.

Nella vita del Bramante il Vasari dice: "Egli trovò in

tal lavoro (S. Pietro) il modo di buttar le volte con le casse (forme) di legno, che intagliate vengano co' suoi fregi e fogliami di misture di calce".

Con questa tecnica si potevano ottenere cornici, fregi ed elementi architettonici in genere, destinati a soffitti a volta, così che l'opera "resti intagliata e modellata come se di stucco fosse condotta".

Le fasi del procedimento possono così essere ricostruite:

- esecuzione preliminare d'una controforma in legno della volta che s'intende realizzare in muratura;
 - armatura della controforma e suo ancoraggio al ponteggio di sostegno;
 - fissaggio, sulla superficie della controforma, delle casseforme in legno o in terracotta entro cui verrà colato lo stucco;
 - colata dello stucco, costituito da un impasto di calce e pozzolana o sabbia;
 - costruzione della volta in muratura, facendo in modo che la malta e i mattoni aderiscano al tergo degli stucchi;
 - smantellamento della controforma ed estrazione delle casseforme, ritocchi e finiture della superficie degli stucchi.
-

3.4 Qualificazione delle Superfici

Si è già avuto modo di accennare come, conclusa la modellazione, fosse necessaria una pulitura della superficie lavorata, al fine di eliminarne le asperità o le imperfezioni, renderla quanto più possibile liscia e levigata e, in taluni casi, lucidarla per ottenere un effetto che fosse simile alle caratteristiche del marmo.

Vi sono però diversi altri sistemi per ottenere effetti più complessi, soprattutto nel caso in cui si voglia imitare l'aspetto di altri materiali o qualificare le superfici con una policromia più o meno variata.

3.4.1 Superfici dipinte o dorate.

Fin dall'antichità si ha notizia di stucchi colorati, ne parlano Pausania (IX, 32, 1) e Rabano Mauro, e numerosi esempi si sono conservati a Roma e a Pompei. Il Vasari (*De la Pittura*, cap. XIII), descrivendo i procedimenti per l'esecuzione delle "grottesche", da lui distinte in quattro diversi tipi, ci informa come lo stucco fosse una componente essenziale di queste fantasiose decorazioni. Alcuni tipi di grottesche sono lavorate "d'acquarello in su lo stucco, campando il lume con esso, ed adombrandolo con diversi colori"; in altri invece si dipingeva ad affresco "lasciando lo stucco bianco per campo a tutte queste".

Più ricco di particolari è un Manoscritto della metà del '500 conservato alla Biblioteca Marciana (12) che, per colorire in bianco, consiglia l'uso di biacca, acqua e "fiore di calcina" colata ("prima inzuppatura"); la miscela così ottenuta è stesa sulla superficie con un pennello quando l'impasto è abbastanza asciutto da essere "fermo", ma non secco internamente. Il bianco sarebbe stato resistente all'acqua perchè esso "s'incorpora, si unisce alla materia del lavoro". Per colorire d'altro colore, consiglia di dipingere, dopo aver dato la prima "inzuppatura" come ha precedentemente descritto, utilizzando dei colori ad olio.

Le tecniche di doratura per gli stucchi non sono dissimili da quelle già descritte per i dipinti murali. E' documentata ad esempio la fornitura di sottili lamine d'oro battuto da alcune ricevute di pagamento per la decorazione degli stucchi della Villa Giulia a Roma.

Il Cennini (cap. CXXVIII) descrive come ricavare stampi in stagno da modelli in pietra incisa con motivi ornamentali. Lo stampo, in stagno sottile dorato a "mordente" è riempito di gesso e colla, e quindi applicato sul muro o su altro supporto con "pece di nave" (colofonia).

3.4.2 Superfici colorate in pasta.

Di questa, che indubbiamente era una pratica diffusa, non restano molte tracce nelle fonti.

In una ricetta attribuita a Jacopo Sansovino si dice che lo stucco può anche essere "colorito con colori macinati asciutti" (cioè impastato con pigmenti in polvere), ma "non vengono tanto vivi quanto a colorirgli poi".

L'unione dei pigmenti con l'impasto dello stucco sta a fondamento anche della tecnica degli stucchi a imitazione del marmo.

In un manuale spagnolo del '700: "Arte de hacer el estuco, ecc." (7) viene descritto un procedimento per l'imitazione del diaspro.

Armato un supporto con ferro, tegole, calce, gesso e sabbia si preparano tre distinti impasti formati da gesso, colla e pigmenti; la differenza tra gli impasti consiste nella diversa quantità di pigmenti utilizzata, in modo da ottenere tre gradazioni dello stesso colore. I pigmenti, soprattutto minerali, sono posti direttamente nel gesso in polvere

oppure nello stucco in pasta, mischiando con delle palette. Le parti di impasto, divise in più porzioni, si uniscono poi in quantità diverse a seconda del tipo di diaspro che si vuole imitare: variegato, venato o altro.

Una variante della colorazione in pasta della "scagliola" (+) è stata individuata da K. Wehlte (20). Secondo tale variante i pigmenti erano impastati con una colla molto diluita e lavorati fino a formare un miscuglio di buona consistenza, che veniva poi unito allo stucco in pasta. La massa così ottenuta presentava delle "striature" più o meno sfumate, piuttosto somiglianti ai marmi da imitare. Alcune volte, per particolari effetti, erano inserite nell'impasto pietre dure e levigate.

Un altro particolare metodo d'impiego della scagliola è attestato da un documento dell'Archivio Comunale di Carpi datato 1684 (2).

Le varie fasi possono così essere descritte:

dopo aver unto la forma con sugna o sego, vi si getta un impasto di gesso emidrato e acqua, lo si stende e pareggia con una cazzuola. L'anima in gesso così ottenuta va fatta asciugare (in orizzontale per tre ore; in verticale - stretta tra due assi - per dodici giorni).

Si cuoce poi la scagliola (gesso biidrato), dopo averla ridotta in piccoli pezzi, per tre ore in forno ben caldo e pulito. Dopo la cottura la si macina e la si passa attraverso un setaccio finissimo. Si ottiene così la "pasta bianca", alla quale possono essere aggiunti "colori per fare fiori e imitazioni". La scagliola va cotta almeno due giorni prima della messa in opera.

(+) La "scagliola" è la denominazione tradizionale di un impasto di gesso cotto con una soluzione di colla animale. Mescolato a pigmenti, e con aggiunta di vari tipi di leganti, costituisce l'impasto più spesso usato per gli stucchi a imitazione del marmo.

Per l'esecuzione di disegni bianchi su fondo nero, l'anima in gesso indurito va "sgraffiata" con una "seggeta", spolverata e bagnata. Vi si stende poi sopra un impasto di scagliola e "acqua cotta" (acqua+colla animale fatta bollire fino a riduzione di un terzo). Levigata accuratamente la superficie della scagliola, vi si riporta il disegno mediante lo "spolvero" e se ne asportano con uno scalpello le parti che costituiscono il fondo della figurazione. L'intera superficie viene quindi nuovamente ricoperta con "pasta nera", ottenuta mescolando scagliola, nero fumo e "acqua cotta".

Segue quindi una fase di politura (con pomice e carbon dolce di salice o di altro legno tenero), che si conclude quando ritornano perfettamente bianche le parti in rilievo della decorazione.

Si spolvera bene, e con lo "spultilio, di quello che serve per lustrare l'ottone", si frega il piano per un'ora. Per dare lustro si unge con olio di oliva (così da attutire la tonalità del bianco). Lo stesso procedimento si segue se si vogliono usare più colori.

Sempre nell'Archivio Comunale di Carpi, un documento del 1786: "Informazione sul modo di lavorare la scagliola", dà indicazioni del tutto simili.

3.4.3 "Stucco lustro".

La superficie dello stucco, sgrassata e levigata per mezzo di varie sostanze abrasive, poteva essere "lustrata".

L.B. Alberti, pur non descrivendo il procedimento, afferma che i rilievi asciutti, trattati con sapone bianco sciolto in acqua tiepida, possono assumere l'aspetto del marmo.

Un metodo per lustrare gli stucchi è descritto con precisione dal manoscritto spagnolo già citato.

- Si prepara uno "smalto" dolce (liquido) con gesso, acqua, colla, colore dominante;
- lo smalto viene dato a pennello sulla superficie dello stucco; ma prima che si asciughi del tutto lo si asporta con un panno di tela, strofinando e premendo sulla superficie finché questa comincia a lustrare; condizione importante è che mai lo "smalto" diventi secco;
- strofinando e asportando si formerà a poco a poco una polvere con la quale si continua a strofinare. Bisogna ripetere molte volte l'operazione, e, se il lustro non sembra sufficiente, si ripete la politura con abrasivi e si ricomincia con lo "smalto".

Più autori moderni ritengono che il termine "stucco lustro" o "stucco stirato" indichi un procedimento che, con alcune varianti, sarebbe ancora praticato in varie parti d'Italia. E.Aletti (+), ad esempio, descrive un procedimento milanese:

"Sul fondo di stucco di calce e marmorina (polvere di marmo) si spennella due o tre volte acqua di sapone e calce, si dipinge con colore diluito in acqua, si spalma con una miscela di cera e sapone fusi e diluiti in acqua, si arrota fino a riscaldare con una specie di ferro da stiro dai bordi arrotondati. Sullo stucco lustro si può dipingere come si vuole".

MC MN LR

(+) E.Aletti, "La Tecnica della Pittura Greca e Romana e l'Encausto", p.56, Airone, Roma, 1951.

Bibliografia Essenziale

- 1 Alberti L.B., "De Re Aedificatoria" (1485), trad. G. Orlandi, Il Polifilo, Milano, 1966.
- 2 Balletti A., "Le scagliole colorate e la loro tecnica", in Cronache d'Arte - Bologna, I,4, 1924.
- 3 Cataneo P., "L'Architettura" (1554), Aldas, Venezia, 1567.
- 4 Cennini C., "Il Libro dell'Arte" (MS 1437), Neri Pozza, Vicenza, 1971.
- 5 Colonna Gallo G., "La tarsia in pietre dure e gli stucchi colorati", in Le Tecniche Artistiche, a cura di C. Maltese, Mursia, Milano, 1973.
- 6 Davey N., "Storia del Materiale da Costruzione", Il Saggiatore, Milano, 1965.
- 7 Diez R.P., "Arte de Hacer el Estuco Jaspeado, o de Imitar Jaspes a Poca Costa, y con la Mayor Propriedad" (1778), pubbl. da J.G. Navarro in Archivio Espanol de Arte y Arqueologia, VIII, 1932.
- 8 "Enciclopedia Universale dell'Arte", voce stucco, Sansoni, Firenze, 1958.
- 9 Fiandra E., "I soffitti di gesso nel basso Monferrato", in Palladio, XX, I-IV, 1970.
- 10 Hamilton R.W., "Kirbat al Mafjar, an Arabian Mansion in the Jordan Valley", Clarendon Press, Oxford, 1959.
- 11 Hoffman P., "Scultori e stuccatori a Villa Giulia. Inediti di Federico Brandani", in Commentari, I, 1967.
- 12 "Secreti Diversi" (Marciana MS), pubbl. da M.P. Merrifield in Original Treatises on the Arts of Painting, 1849. Dover, New York, 1967.
- 13 Pausania, "Descriptio Graeciae", testo e trad. latina di L. Dindorfius, A. Firmin Didot, Parigi, 1845.

- 14 Peroni A., "La ricomposizione degli stucchi preromanici di S. Salvatore a Brescia", in Atti dell'Ottavo Congresso di Studi sull'Arte dell'Alto Medioevo, II vol., Ceschina, Milano, 1962.
- 15 Rasmø N., "Note preliminari su S. Benedetto di Malles", in Atti dell'Ottavo Congresso di Studi sull'Arte dell'Alto Medioevo, I vol., Ceschina, Milano, 1962.
- 16 Sonje A., "Gli stucchi della Basilica Eufrasiana di Parenzo", in Felix Ravenna, XCV, 44, 1967.
- 17 Theophrastus, "De Lapidibus", trad. D.E. Eichholz, Clarendon Press, Oxford, 1965.
- 18 Turco T., "Il Gesso. Lavorazione, Trasformazione, Impieghi", Hoepli, Milano, 1961.
- 19 Vasari G., "Le Vite de' più Eccellenti Pittori, Scultori, Architettori" (1568), vol. I Introduzione alle tre arti del disegno, a cura di G. Milanesi, Sansoni, Firenze, 1878 e ristampe.
- 20 Wehlte K., "Scagliola, eine aussterbende gipstechnik?", in Maltechnik, 3, 1958.

PARTE SECONDA

CAP. I

CALCE

Premessa

Dal punto di vista tecnico, cioè facendo riferimento allo scopo per cui viene impiegata, la calce è definibile come un legante inorganico aereo.

I materiali inerti per cui la calce funge da legante prendono il nome di cariche, e sono anche essi, quasi sempre, di natura inorganica (v. più avanti Cap. III).

La calce come tale è un materiale fragile, che si lascia ridurre facilmente in polvere. Le cariche, dal canto loro, sono dei materiali incoerenti. Impastati assieme con acqua, i due materiali danno luogo a una massa plastica più o meno densa, che si lascia lavorare facilmente finchè è umida (addirittura con un pennello, se la carica è costituita da colori in polvere), e acquista invece buone proprietà meccaniche (durezza, coesione, resistenza a compressione) una volta asciutta. Il relativo fenomeno, di natura chimica, prende il nome di carbonatazione (v. 2.1).

1 Processi di Produzione

1.1 Materiali di Base

La calce si ricava da rocce di due diversi tipi:

- i. rocce calcaree, il cui costituente principale è la calcite;
- ii. rocce dolomitiche, il cui costituente principale è la dolomite.

I due tipi di rocce possono anche essere denominati, con riferimento al processo di formazione geologica, (per accumulo o deposito): "depositi calcarei" e "depositi dolomitici".

La calce in commercio proviene quasi sempre da depositi calcarei.

i. Rocce calcaree.

A seconda del meccanismo che ha portato alla loro formazione, possono anche essere classificate come aventi origine:

- a) organica: perchè formatesi per accumulo di spoglie calcaree e residui scheletrici in bacini marini o, più raramente, lacustri (es: marmo di Botticino, Brescia);
- b) chimico-fisica: perchè formatesi per deposito di acque calcarifere, o per ricristallizzazione parziale o totale di rocce calcaree già esistenti (marmo di Carrara);
- c) di sedimentazione: perchè formatesi per accumulo e cementazione di frammenti o detriti ("clasti") provenienti da rocce di formazione più remota degradate da agenti esogeni (agenti atmosferici, aria, acqua).

ii. Rocce dolomitiche.

A differenza delle rocce calcaree sono riconducibili unicamente a un'origine chimica, in quanto formatesi per reazione di doppio scambio tra il carbonato di calcio CaCO_3 e il magnesio Mg contenuto nell'acqua marina.

Le rocce dolomitiche si presentano assai più dure e compatte di quelle calcaree, e ciò a causa del loro alto contenuto di carbonato di magnesio MgCO_3 (es.: marmo bianco di Varallo).

1.1.1 Impurezze.

In tutti i tipi di rocce da cui si può ricavare la calce sono presenti impurezze, costituite da diversi tipi di minerali, che a seconda della quantità e della qualità influiscono più o meno grandemente sulle caratteristiche chimico-fisiche delle rocce stesse e, di conseguenza, della calce che se ne può ricavare. Nella maggior parte dei casi si tratta di percentuali minime di uno o più tra i seguenti componenti: magnesio, silicati idrati di alluminio e ferro, limonite, ematite, magnetite, ecc.

1.2 Tecniche di Trasformazione

Dopo l'estrazione dalla cava, il calcare passa attraverso due fasi di lavorazione:

- a) cottura;
- b) spegnimento.

A seconda delle procedure seguite per lo spegnimento, il prodotto che ne risulta si differenzia e viene posto in commercio sotto due diverse forme: in polvere (calce idra-

ta), e come massa pastosa e untuosa al tatto (grassello).

In passato la calce veniva prodotta esclusivamente come grassello, ciò che oggi si verifica solo per modesti quantitativi destinati a piccole attività locali di edilizia artigianale, in quanto è pratica comune impiegare grassello ottenuto direttamente da calce idrata. Va notato che, mentre per il grassello tradizionale, ottenuto dalla calce viva, era necessario che a quella dello spegnimento seguisse una fase assai lunga (anche fino a tre anni) detta di "stagionatura", il grassello che oggi si ottiene dalla calce idrata è pronto per l'uso dopo appena 24 ore.

1.2.1 Cottura (o calcinazione).

Il calcare estratto dalla cava viene preventivamente ridotto in frammenti ("pezzatura") le cui dimensioni variano da 1 a 30 cm. Condizione ottimale per la cottura è una pezzatura uniforme e ridotta (1-15 cm).

Il materiale frantumato viene quindi posto in "forni a calce" di due tipi:

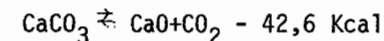
- a) forni intermittenti - come oggi vengono definiti i forni che ripetono la struttura di quelli più antichi - costituiti da una camera tronco-conica, in muratura a secco, avente per fondo una volta al di sotto della quale viene bruciato il combustibile (legno o carbonella);
- b) forni continui - così detti per la continuità e regolarità con cui possono essere alimentati (con coke, oli o gas combustibili), nonché caricati e scaricati del materiale di cottura. A seconda del tipo di alimentazione e di prestazione fornita, si differenziano in forni ver-

ticali a fuoco diretto o indiretto, rotanti, sub-orizzontali, ecc.

La temperatura necessaria per la cottura del calcare viene detta temperatura di calcinazione: $T = 850-900^{\circ}\text{C}$.

A temperature anche di poco inferiori il calcare cuoce in maniera non uniforme, mentre al di sopra dei 900°C le impurezze che accompagnano l'ossido di calcio sinterizzano rendendo più difficile la successiva reazione di idratazione.

La cottura dà luogo a una reazione chimica di tipo endotermico, per cui il calcare (carbonato di calcio CaCO_3), assorbendo calore, libera anidride carbonica CO_2 e si trasforma in ossido di calcio CaO , comunemente detto calce viva, con una diminuzione di volume pari al 20% circa.



La calce viva è una massa porosa, così avida d'acqua da idratarsi spontaneamente se esposta all'aria, e il cui colore va dal bianco al giallognolo a seconda della quantità di impurezze contenute.

Il calcare cotto può essere distinto in:

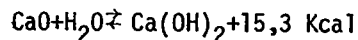
- a) calce viva ottenuta da calcari puri, compatti e dalla struttura microcristallina (es. calcare di Capistrello, Avezzano) che darà luogo alla cosiddetta calce grassa (v. 1.2.2 ii.);
- b) calce viva ottenuta da calcari puri ma dalla struttura macrocristallina (marmo di Carrara), ovvero da calcari impuri, cioè contenenti piccole percentuali di argilla,

sabbie fini, ecc., che dà luogo alla cosiddetta calce magra (v. 1.2.2.ii).

Un prodotto dalle proprietà sensibilmente diverse si ottiene utilizzando calcarei argillosi e marne. E' questa la calce idraulica, che ha un contenuto in argilla tra l'8 e il 27%, per la cui cottura sono necessarie temperature tra i 1000 - 1300°C.

1.2.2 Spegnimento e tipi di calce spenta.

All'uscita dal forno la calce viva si presenta generalmente in zolle, che prima di essere avviate alla seconda fase di lavorazione vengono frantumate e ridotte in polvere. Può avere allora inizio la fase di spegnimento o idratazione, nel corso della quale la calce viva o ossido di calcio (CaO), venendo posta a contatto con acqua (H₂O), si trasforma, per una reazione chimica di tipo esotermico (che cioè produce calore), in idrossido di calcio: Ca (OH)₂, con un aumento di volume del 10% circa.



A seconda della quantità d'acqua impiegata nello spegnimento, l'idrossido di calcio si presenta, come già detto, come "calce idrata" o "grassello". Per ulteriori diluzioni in acqua si hanno la "sospensione densa", il "latte di calce" e "l'acqua di calce".

- i. Calce idrata. Si ottiene ponendo a contatto della calce viva il quantitativo d'acqua necessario a trasformare l'ossido di calcio in idrossido di calcio. Perchè questo avvenga occorre che 56 parti di calce reagiscano con 18 parti di acqua.

Nel contatto diretto con l'acqua le particelle di ossido di calcio (CaO) si idratano e in seguito all'evaporazione dell'acqua in eccesso, all'aumento di volume ed alla dilatazione provocata dal rapido innalzarsi della temperatura (300°C) si separa idrossido di calcio in polvere. L'idrato prodotto è una polvere soffice e fine mente suddivisa.

Per lo spegnimento si opera in uno dei seguenti modi:

- spruzzatura con acqua: si dispone la calce in strati sottili, in apposite aie, e la si spruzza con acqua fino ad ottenere calce idrata in polvere.
- immersione: la calce viva, posta in cestelli metallici, viene immersa per pochi minuti in vasche di acqua, quindi si estrae il cestello e la calce idrata si stacca sotto forma di polvere.
- uso di idratatori: si tratta di impianti costituiti da una camera metallica, verticale o orizzontale, entro la quale viene immesso gradualmente il giusto quantitativo d'acqua allo stato liquido o di vapore.

I tempi di spegnimento variano a seconda del metodo impiegato e della finezza di macinazione (granulometria). Coi moderni idratatori ad es. lo spegnimento può essere ottenuto in periodi che variano da 20 minuti ad una o due ore.

La calce idrata di uso corrente deve contenere almeno

l'82% di ossido di calcio; per il tipo chiamato "fiore di calce" si devono invece avere le seguenti percentuali: ossido di calcio >91%, impurezze <6%, umidità <3%.

ii. Grassello. Si ottiene da un rapporto in peso tra calce viva e acqua di 56 a 36-54 parti. In pratica si può ottenere il grassello anche aggiungendo il giusto quantitativo di acqua alla calce idrata in polvere, e lasciando stagionare l'impasto per almeno 24 ore. Nel caso del grassello da calce viva, va notato che il tipo di struttura del calcare di partenza (micro o macro cristallina) oltre, come già detto, alle percentuali di impurezze presenti nel materiale calcinato (ossido di magnesio, argilla, ecc.), conferisce al prodotto spento determinate proprietà. Dato che la qualità di una calce viene dedotta dal suo rendimento in grassello, e cioè dal volume della pasta che si ottiene unendola all'acqua, essa viene distinta in:

- a) calce grassa, se il contenuto in CaO è uguale o superiore al 95%. In questo caso con lo spegnimento si ottiene un forte rigonfiamento e si arriva ad una pasta molto plastica: 1 Kg fornisce lt 2,5-1,8 di grassello e fissa da 2.800 a 1.700 gr di acqua;
- b) calce magra, se il contenuto in CaO è inferiore al 95% (minimo 82%). In questo caso si ottiene un rigonfiamento modesto ed una pasta meno plastica: 1 Kg fornisce lt 1,8-1,4 di grassello e fissa da 1.700 a 1.000 gr di acqua.

L'importanza della struttura cristallina dipende dal

fatto che la quantità d'acqua "fissata" da una calce e tanto maggiore quanto più piccoli sono i granuli di CaO, e cioè quanto più minutamente cristallino è il calcare da cui quella calce proviene.

Per il grassello ottenuto direttamente dalla calce viva si può operare in due modi:

- a) per irrorazione preventiva, cioè ponendo la calce viva in recipienti di legno muniti da un lato di una rete filtrante (bagnoli). Si aggiunge quindi acqua, il calore sviluppato dalla calce viva durante l'idratazione porta questa all'ebollizione favorendo la disintegrazione delle zolle. La poltiglia così ottenuta, una volta passata attraverso la rete, e perciò depurata da grumi non cotti o sinterrizzati, è raccolta in vasche interraste, con pareti e fondo abbastanza porosi da consentire la dispersione dell'acqua in eccesso (calcinaie). La calce spenta resta (stagionatura) nelle calcinaie per un periodo che varia dai 20 ai 90 giorni a seconda che il prodotto stagionato vada impiegato nelle murature o per intonaci. La stagionatura ha lo scopo di idratare completamente eventuali granuli di ossido di calcio ancora presenti. Nelle calcinaie il grassello viene ricoperto da uno strato di sabbia per proteggerlo dall'azione dell'aria;
- b) per immersione diretta, ponendo la calce viva in cestelli metallici che vengono quindi immersi nella calcinaia. A questa operazione segue quella, già descritta, della stagionatura.

Il grassello si definisce come una soluzione satura di idrossido di calcio Ca(OH)_2 , ed ha consistenza pastosa ed untuosa al tatto in misura tanto più spiccata quanto maggiore è il suo grado di purezza.

Tale sua caratteristica è da porre in relazione al fatto che, a spegnimento avvenuto, una certa quantità di acqua in eccesso permane nel grassello uniformemente distribuita, per spessori infinitesimali, tra i cristalli lamellari dell'ossido di calcio, facilitandone lo scorrimento tra loro. Gli straterelli d'acqua interposti tra le superfici tabulari dei cristalli, proprio perché in un certo modo intrappolati tra questi, evaporano abbastanza lentamente rendendo agevole la lavorabilità della calce.

Si ricorda infine che l'impiego del grassello da calce viva è di gran lunga il più antico e, di fatto, il solo praticato fino all'industrializzazione edilizia.

iii. Altri tipi. Per diluizione con acqua sia della calce idrata che del grassello si ottengono i già accennati tipi di calce più o meno "liquida", che a seconda della maggiore o minore quantità d'acqua prendono i nomi di:

- "sospensione densa" di idrossido di calcio;
- "latte di calce", ovvero sospensione acquosa di idrossido di calcio;
- "acqua di calce", ovvero soluzione satura (con assenza di corpo di fondo) di idrossido di calcio.

La calce che va sotto il nome di calce idraulica (v.1.2.1)

non va confusa coi tipi di calce cui abbiamo finora fatto riferimento. La calce idraulica si ricava da calcarì argillosi e da marne. Nella composizione chimica della calce idraulica entrano infatti percentuali piuttosto elevate (dall'8 al 27%) di componenti argillosi i cui elementi fondamentali sono: silice (Si), alluminio (Al) e ferro (Fe). Tale composizione fa sì che il prodotto ottenuto al termine della cottura e dello spegnimento, una volta impastato con acqua e con delle cariche, aggiunge alla proprietà della calce vera e propria (di fungere da legante per reazione con l'anidride carbonica dell'aria, da cui il nome di "legante aereo"), quella di far presa, come i leganti idraulici, anche in presenza di acqua.

La maggiore o minore idraulicità del particolare tipo di calce dipende dalla quantità di argilla in essa presente. Tale caratteristica si definisce come indice di Vicat o indice di idraulicità:

$$\frac{\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}{\text{CaO} + \text{MgO}} = i$$

Quanto più i è grande, tanto più sono elevate le caratteristiche idrauliche.

2 Caratteristiche Tecniche

2.1 La Carbonatazione

Come già accennato, dal punto di vista tecnico la princi-

pale caratteristica della calce è di costituire un materiale che, impastato a delle cariche, si lascia lavorare e plasmare facilmente finché è umido, per trasformarsi, una volta asciutto, in un materiale abbastanza resistente all'acqua nonché dotato di buone proprietà meccaniche e di un'eccellente stabilità nel tempo.

Tale caratteristica si basa su una reazione chimica tra l'idrossido di calcio - Ca(OH)_2 - contenuto nella calce e l'anidride carbonica - CO_2 - dell'aria; per cui, mentre ha luogo l'asciugamento dell'impasto, si ha perdita di acqua - H_2O - e formazione di carbonato di calcio - CaCO_3 . E' questo il fenomeno detto di carbonatazione, al termine del quale la calce ritorna all'identica composizione chimica della roccia calcarea di partenza, mantenendo inalterata anche la struttura cristallina (romboedrica), ma differenziandosi per la grandezza dei cristalli, che appaiono molto più piccoli di quelli originari.

2.2 Principali Tipi d'Impiego

Nell'edilizia e nelle tecniche artistiche connesse (pitture murali, stucchi, malte per mosaici), così come del resto nel restauro, la calce come legante aereo trova i seguenti modi di impiego:

i. Malte e intonaci.

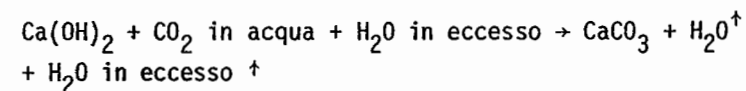
Impastata con acqua e cariche (es: sabbia) nel rapporto di 1 volume di calce (grassello) per 2-3 di carica, la calce forma una malta che, asciugando, fa presa e unisce tra loro mattoni o pietre da costruzione. Se in luogo del grassello si usa calce idrata in polvere, le propor-

zioni sono di 1,5 parti di calce per 10 parti di carica. Quelli sopra indicati sono dei rapporti di massima, in quanto vanno considerate le caratteristiche della calce e delle cariche usate. Con le stesse proporzioni tra calce e cariche, la malta prende il nome di intonaco quando è impiegata a formare una struttura stratificata di rivestimento per pareti, soffitti o volte.

Nelle malte aeree l'idrossido di calcio è distribuito tra i granelli della carica in parte allo stato solido e in parte allo stato di soluzione satura. La presa risulta da due fenomeni combinati:

- essiccamento, ovvero pura e semplice evaporazione d'acqua, che determina una contrazione nella massa della malta;
- indurimento, dovuto alla reazione tra l'anidride carbonica e l'idrossido di calcio, in presenza d'acqua, che porta alla formazione di carbonato di calcio (carbonatazione), accompagnata da un aumento di volume.

I due aspetti della presa vengono così riassunti:



Va tenuto presente che nel meccanismo della carbonatazione ha un ruolo essenziale l'acqua contenuta nell'impasto. Vi è infatti un momento in cui, mentre evapora l'acqua in eccesso, l'idrossido di calcio in soluzione soprassatura cristallizza sotto forma di cristalli mi

nuti e allungati, intrecciati tra loro, che si carbonatano imprigionando e fissando i granuli della carica. Da parte sua la carica costituisce un'ossatura che limita le contrazioni legate alla presa e che concorre a determinare le porosità della malta entro cui si deposita e aderisce il carbonato di calcio.

Il fenomeno della presa procede dall'esterno verso lo interno della massa e continua fin quando nella malta è presente acqua. Una volta avvenuta la completa evaporazione dell'acqua, la presa si arresta e la malta viene detta "morta". Per questo motivo, in assenza di acqua, si può avere calce non carbonatata all'interno di muri anche molto antichi (ciò non toglie che la quantità di acqua d'impasto non deve essere eccessiva, perché questo rallenterebbe notevolmente il processo di carbonatazione della calce). I risultati di gran lunga migliori ottenibili con la calce grassa dipendono dal fatto che questa "trattiene" una maggiore quantità di acqua permettendo il protrarsi della presa molto più a lungo di quanto non avvenga con la calce magra.

A questo va aggiunto che condizione essenziale per una buona presa è la bagnatura preventiva delle superfici cui la malta deve aderire, in particolare se molto porose, ad evitare che un substrato troppo arido sottragga alla malta l'acqua necessaria alla presa.

Inoltre, una bassa concentrazione di anidride carbonica nell'aria rallenta il processo di carbonatazione, che procede tanto più lentamente quanto maggiore è lo spessore e la compattezza della malta. Per questo moti

vo nelle malte da usarsi per murature di grosso spessore è preferibile l'impiego della calce idraulica e di componenti che, come la pozzolana, abbiano anche essi proprietà idrauliche (v. più avanti Cap. III).

Quando la malta è destinata a formare un intonaco, quindi una superficie in vista, particolare cura va data alla scelta sia delle cariche che della calce. Le prime ovviamente devono avere una granulosità omogenea e abbastanza fine (sabbia di fiume sottile e polvere di marmo); la seconda non deve contenere granuli di carbonato troppo cotto (sinterizzato), cioè parti non sufficientemente spente o idratate. Queste parti infatti continuerebbero nel tempo ad assorbire umidità dall'atmosfera, aumentando gradualmente di volume fino a formare, dopo qualche mese, i cosiddetti "bottaccioli". Questi da principio si presentano come piccole escrescenze tondeggianti, ma continuando a espandersi finiscono per distaccarsi dall'intonaco, su cui lasciano altrettanti caratteristici fori a forma di cratere.

ii. Stucchi.

La calce spenta unita a polvere di marmo, in proporzioni più o meno uguali a quelle della malta, forma il tipo più semplice di stucco. La calce può entrare anche, come additivo, nella composizione di stucchi a base di gesso: sia aggiunta direttamente nell'impasto, sia data a pennello, come "latte di calce", sul manufatto asciutto (v. più avanti Cap. II).

iii. Pigmenti.

Il "latte di calce" e l' "acqua di calce", uniti a pigmenti in polvere, formano il più antico (e più resistente) tipo di pittura per edilizia. La calce carbonatata e ridotta in polvere forma il pigmento bianco detto "bianco sangiovanni" che, stemperato in acqua, può essere usato nell'affresco.

La calce spenta può entrare anche, in piccole quantità, nella composizione dei colori impiegabili nell'affresco, ovviamente in funzione di bianco. Si ricorda però che la tecnica dell'affresco non si basa tanto sull'uso della calce come pigmento o come legante miscelato ai colori, quanto sulla carbonatazione della calce che forma l'intonaco. E' il sottilissimo velo di calce in fase di carbonatazione, che affiora sulla superficie dell'intonaco, a fissare in modo definitivo i colori dell'affresco.

MN LR

Bibliografia Essenziale

- 1 "Enciclopedia della Scienza e della Tecnica", voce calcare, Mondadori, Milano, 1963.
- 2 Furlan V., "Caracteristiques generales des principaux liants utilises pour les travaux de crepissage", Lab. des materiaux pierreux, Ecole polytechnique Federale de Lausanne, 1976.
- 3 Giua M., "Trattato di Chimica Industriale", vol. III, Utet, Milano, 1958.
- 4 Marabelli M., Tabasso Laurenzi M., "Materiali della Pittura Murale", Sistema, Roma, 1977.
- 5 Mariani E., "Leganti Aerei e Idraulici", Ambrosiana, Milano, 1976.
- 6 Schiele E., Berens L.W., "La Calce", Edizioni Tecniche ET, Milano, 1976.
- 7 Turriziani R., "I Leganti e il Calcestruzzo", Roma, 1972.

CAP. II

GESSO

Premessa

Con questo nome si designa un materiale che, sia in natura che come prodotto di trasformazione, si presenta sotto diverse forme e si presta ad altrettanto vari tipi d'impiego.

Il gesso che interessa ai fini del presente corso è il materiale impiegato nella principale variante della tecnica della decorazione a stucco, cioè quella maggiormente diffusa a partire dal sec. XVI (v. parte I, cap. III). Il tipo di gesso cui faremo particolare riferimento è perciò quello che ha la caratteristica essenziale di poter essere agevolmente modellato nella maggiore possibile varietà di forme; operazione per cui evidentemente si richiede un materiale che mantenga un elevato grado di plasticità per un tempo abbastanza lungo, ma non tanto lungo da rischiare di deformarsi sotto il suo stesso peso. La velocità del tempo di presa

è perciò la caratteristica essenziale del gesso per quanto riguarda le sue applicazioni tecniche, e in particolare quella dello stucco. Caratteristica tanto più importante in quanto è possibile influire su di essa, cioè rallentarla o accelerarla, con opportune manipolazioni del gesso o con l'aggiunta di altri materiali. Collegata a tale caratteristica è l'altra, di non minore importanza, per cui è possibile influire non solo sulla velocità della presa, ma anche sull'insieme delle proprietà meccaniche del prodotto finale.

1 Processi di Produzione

1.1 Materiali di Base

Il gesso (solfato di calcio) è un composto inorganico che in epoche geologiche remote si è sedimentato in giacimenti il cui meccanismo di formazione può essere fatto risalire:

- a) all'evaporazione, in particolari condizioni, di grandi quantità di acqua marina, e quindi alla precipitazione del solfato di calcio in essa contenuto;
- b) all'azione chimica dell'acido solforico (di origine vulcanica) su rocce calcaree o su altri minerali contenenti calcio.

Cronologia geologica

I giacimenti di gesso si sono formati in varie

ere geologiche, e in particolare:

<u>ERA</u>	<u>PERIODO</u>	<u>MILIONI D'ANNI FA'</u>
Primaria	Permiano	280-225
Secondaria	Triassico	224-180
"	Giurassico	179-135
Terziaria	Eocene	58-37
"	Miocene	36-14

I più importanti giacimenti europei, e in particolare quelli del bacino mediterraneo, si sono formati nell'Era Terziaria: ad es. nel periodo dell'Eocene quelli del bacino di Parigi; nel Miocene quelli della catena appenninica e della Sicilia.

In natura il gesso si trova sotto due diverse forme o fasi:

- i. fase biidrata (solfato di calcio biidrato, gesso);
- ii. fase anidra (solfato di calcio anidro, anidrite naturale).

Si tratta, nel primo caso, di solfato di calcio nei cui cristalli è contenuta una certa quantità d'acqua (acqua di cristallizzazione); nel secondo caso, di solfato di calcio privo d'acqua.

Dal punto di vista chimico le due forme sono così simboleggiate:

fase biidrata: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

fase anidra: CaSO_4

Dal punto di vista cristallografico i due tipi di gesso presentano strutture d'una certa varietà:

Solfato di calcio biidrato:

- singoli cristalli tabulari grandi, di lu-

centezza vitrea o madreperlacea, da trasparenti a opachi, di solito incolori (Selenite);

- aggregati granulari compatti a struttura fine ovvero microcristallina (altra forma di Selenite, ma più propriamente pietra da gesso);
- aggregati fibrosi con lucentezza sericea (Sericolite);
- aggregati compatti, cerosi, translucidi, venati (Alabastro gessoso).

Solfato di calcio anidro:

- cristalli tabulari singoli (in giacimenti solfiferi);
- aggregati lamellari o granulari, compatti e talvolta terrosi.

Spesso i giacimenti di gesso sono composti da strati sovrapposti di biidrato e di anidrite. In Italia i giacimenti composti esclusivamente o per la maggior parte da biidrato si trovano soprattutto in Romagna, Marche, Toscana, Lazio e Sicilia; i più importanti banchi di anidrite si trovano in Val Camonica, Col di Tenda, Sempione.

Le cave da cui si estrae il gesso sono di tre tipi: a cielo aperto, in galleria e del tipo misto. All'aspetto il minerale è bianco in proporzione al suo grado di purezza; assume intonazioni grigie, rossastre o brune a seconda della qualità e quantità delle impurezze presenti. Tra queste, le più comuni sono costituite da:

- silice (SiO_2);
- carbonato di calcio e magnesio ($\text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3$);
- ossido ferrico (FeO_2);
- minerali argillosi ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$).

1.2 Tecniche di Trasformazione

Nel caso in cui si tratti di solfato di calcio anidro (anidrite naturale), il minerale estratto dalla cava non abbisogna che di essere frantumato e ridotto in polvere. La notevole varietà di impieghi che può invece farsi del solfato di calcio biidrato, comporta un certo numero di varianti della fase di cottura.

Durante la cottura, variando opportunamente la temperatura e la durata, si ottiene infatti l'eliminazione totale o parziale, e in quest'ultimo caso nella percentuale voluta, dell'acqua di cristallizzazione contenuta nel minerale. Le caratteristiche tecniche e i modi d'impiego del gesso differiscono quindi soprattutto in rapporto al contenuto d'acqua dopo la cottura ed alle modalità di questa.

In natura, il solfato di calcio biidrato contiene circa il 21% (20,92%) di acqua di cristallizzazione, e in tale situazione viene definito stabile, nel senso che non può modificarsi in normali condizioni termogravimetriche; anche se in climi particolarmente caldi e asciutti è probabile che esso si trasformi nel tempo in emidrato.

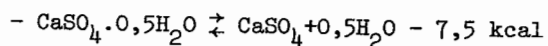
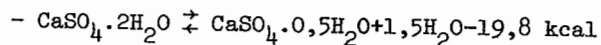
Portato a temperature tra circa 110 e 160°C (minima 107, ottimale 128°C), il suo contenuto d'acqua scende a circa il 6% (6,21%). Al prodotto così ottenuto si dà il nome di solfato di calcio emidrato o semidrato; materiale che viene definito metastabile, perchè, posto a contatto dell'acqua, ritorna alla composizione chimica di partenza, cioè si trasforma di nuovo in solfato di calcio biidrato.

Per cottura ad una temperatura di almeno 163°C si ha

pressoché totale disidratazione del gesso (contenuto d'acqua 0,02-0,9%) e formazione di solfato di calcio anidro, detto anche anidrite III o anidrite solubile e anch'esso metastabile.

Per le forme cristalline che si ottengono a temperatura superiore ai 300°C (anidrite II o insolubile) e a temperatura superiore ai 1.180°C (anidrite I), si rimanda alla tabella riassuntiva delle caratteristiche chimiche e fisiche delle fasi del sistema solfato di calcio biidrato - anidro (Tab. I).

Le reazioni conseguenti al processo di disidratazione del solfato di calcio biidrato sono di tipo endotermico, cioè si producono con assorbimento di calore da parte del minerale, secondo il seguente schema:



In pratica questo significa che:

- la forma biidrata perde 1,5 molecole di acqua divenendo emidrata;
- la forma emidrata perde la $\frac{1}{2}$ molecola d'acqua residua divenendo anidra.

La formula inoltre indica che il processo è reversibile: l'acqua persa può essere riacquistata.

1.2.1 Tecniche di cottura.

In tabella I si noterà che dal solfato di calcio biidrato è possibile ottenere due diverse forme di emidrato: la

forma α e quella β , che differiscono tra loro per le caratteristiche geometriche dei cristalli (di maggiori e più regolari dimensioni nella forma α che nella β). Alle due diverse forme cristalline corrisponde una diversità sostanziale delle caratteristiche tecniche, qualitativamente assai superiori nel gesso α ; quello β infatti è a presa più lenta (ha una solubilità più elevata e trattiene più acqua dando masse più plastiche) ed offre, una volta indurito, minore resistenza meccanica della forma α .

Il gesso ottenuto per cottura in forno del solfato di calcio biidrato è composto prevalentemente dalla forma β , in percentuali più o meno maggiori a seconda del tipo di trattamento preparatorio del minerale (frantumazione, polverizzazione) e del tipo di forno impiegato (- forni statici: a funzionamento intermittente e fuoco indiretto; ovvero a funzionamento continuo e fuoco diretto; - forni rotanti a funzionamento continuo: a fuoco diretto o indiretto).

Il gesso composto prevalentemente dalla forma α si ottiene invece per cottura del minerale in autoclave in atmosfera di vapore d'acqua saturo. Con tale tecnica il processo di disidratazione avviene in seguito alla differenza tra la tensione di vapore dell'acqua di cristallizzazione, presente nel minerale, e quella del vapore saturo nell'intervallo 110-150°C.

La migliore qualità del gesso α fa sì che le più avanzate industrie del settore danno oggi la preferenza alla tecnica della cottura ad umido.

1.2.2 Macinazione.

Le caratteristiche tecniche del gesso, e in particolare la velocità della presa, dipendono, a parità di altri fattori, dal grado di finezza del materiale. Perciò, dopo la cottura, riveste particolare importanza la fase di macinazione, operata con tecniche diverse a seconda del grado di finezza voluto, e quindi del tipo di impiego cui è destinato il prodotto finale.

Alla fase di macinazione segue quasi sempre quella di setacciatura, che per il gesso di migliore qualità viene spinta fino ad ottenere un residuo inferiore all'1% su un setaccio con apertura delle maglie di 0,09 mm (circa 4.900 maglie/cm²).

In tabella I, alla colonna "Denominazioni Tecniche Moderne" si noterà che i vari tipi di prodotti finali a base di solfato di calcio emidrato o di Anidrite III, si diversificano sostanzialmente solo per il grado di macinazione e/o setacciatura.

2 Caratteristiche Tecniche

Impastando con acqua il gesso cotto e polverizzato si ottiene una massa plastica, untuosa al tatto, che si raprende e indurisce più o meno rapidamente.

Il fenomeno per cui l'impasto di gesso e acqua si trasforma dapprima in una massa plastica e, quindi, in una massa dura e resistente, avviene in due tempi:

- a) presa;
- b) indurimento.

Nel tempo della presa si svolgono due processi:

- i. idratazione delle fasi metastabili;
- ii. formazione del biidrato.

Il tempo dell'indurimento corrisponde a quello necessario perchè dalla fase iniziale di formazione del biidrato (ii), contraddistinta dalla comparsa di cristalli piccolissimi ammassati in una pasta di aspetto gelatinoso, si passi, con un aumento di volume tra il 2 e il 4‰ (v. fig.1), a una fase in cui i cristalli, accrescendosi, si allungano e s'intrecciano tra loro fino a formare una struttura fibrosa, compatta e resistente (feltratura), attraversata in tutte le direzioni da una rete fittissima di micropori.

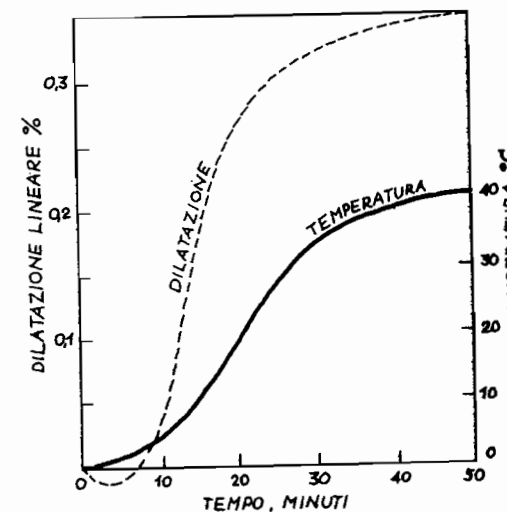


Fig.1 (da E. Mariani, "Leganti Aerei e Idraulici")

Durante l'idratazione si ha una contrazione iniziale dovuta al fatto che la densità della forma bi-idrata è minore di quella delle fasi metastabili. Con l'indurimento inizia una fase d'espansione dovuta alla crescita disordinata dei cristalli.

Più complesso il meccanismo dei due accennati processi che hanno luogo nel precedente tempo della presa, a proposito dei quali è perciò opportuno dare le precisazioni che seguono:

2.1 Tempo di Presa: Idratazione delle Fasi Metastabili e Formazione del Biidrato. (+)

Sia il gesso emidrato ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$; acqua di cristallizzazione residua = 6,21%) che l'Anidrite III (CaSO_4 ; acqua di cristallizzazione residua = 0,02 - 0,9%) in quanto fasi metastabili, tendono ad assorbire acqua e a dare la fase stabile biidrato, in base a una reazione spontanea di tipo esotermico, cioè con sviluppo di calore.

Posti dunque a contatto con l'acqua, i due tipi di gesso vanno in soluzione e si idratano abbastanza rapidamente. Essendo tale loro iniziale solubilità assai maggiore di quella del biidrato (biidrato 2,4 gr/l, emidrato 10 gr/l), la soluzione che viene così a formarsi risulta sovra-satura rispetto al biidrato, che quindi precipita. A questo punto la soluzione s'impoverisce di forma disidratata, quindi altro gesso metastabile va in soluzione e altro gesso biidrato precipita; e ciò fino a trasformazione totale in biidrato che, come si è detto, nella fase iniziale si presenta come una massa gelatinosa criptocristallina.

(+) L'idratazione dell'anidrite II avviene solo per aggiunta di sali ed è molto lenta; nel caso dell'anidrite I, per l'alta temperatura di cottura, si formano piccole quantità di ossido di calcio (CaO) che reagiscono con l'acqua durante l'idratazione, lentissima, dell'anidrite.

A questo punto la fase della presa è praticamente terminata e ha inizio quella dell'indurimento (v. 2).

2.2 Impasto del Gesso

Da quanto si è detto, risulta facilmente intuibile che per i delicati equilibri in gioco al momento della soluzione dell'emidrato o dell'anidrite III e della conseguente precipitazione del biidrato, fattori determinanti per il regolare svolgimento della fase della presa e di quella successiva dell'indurimento sono:

- i. la quantità d'acqua da aggiungersi al gesso anidro o emidrato in polvere (acqua d'impasto);
- ii. la durata della manipolazione necessaria a impastare il gesso con l'acqua (miscelazione).

2.2.1 Acqua d'impasto.

L'acqua d'impasto assolve alle seguenti funzioni:

- a) idrata il gesso in polvere emidrato o disidratato;
- b) fluidifica l'impasto permettendone la lavorazione;
- c) evapora durante la presa e l'indurimento.

Per quanto riguarda il punto a), va tenuto presente che per un'idratazione completa, cioè perchè il gesso in polvere si ritrasformi in solfato di calcio biidrato, sono sufficienti i seguenti quantitativi di acqua:

- per 100 gr. di emidrato: 18,7 gr. d'acqua;
- per 100 gr. di anidrite III: 25,4 gr. d'acqua.

In tali proporzioni l'impasto risulta peraltro troppo denso e difficilmente lavorabile; nella pratica per-

ciò l'acqua d'impasto rappresenta normalmente il 60-80% del peso del gesso in polvere. L'aggiunta di questa acqua in eccesso influisce naturalmente sul tempo di indurimento, la cui velocità varia infatti quasi linearmente con la percentuale d'acqua impiegata.

Ovviamente, quanto maggiore è la quantità d'acqua impiegata, tanto più lungo risulta anche il tempo necessario alla sua evaporazione. Il tempo d'evaporazione influisce sulla qualità dell'indurimento. La solidità della massa indurita dipende infatti dalla densità dell'intreccio dei cristalli, densità che è maggiore o minore a seconda della percentuale d'acqua impiegata; quanto più questa è in eccesso, tanto maggiori saranno il numero e la dimensione dei vuoti o pori che l'acqua, evaporando, si lascerà dietro nella massa. Volume e distribuzione dei pori sono responsabili del grado di resistenza offerto dalla massa indurita.

2.2.2 Miscelazione.

Com'è naturale, la maggiore o minore quantità d'acqua impiegata nell'impasto finisce per avere effetto sulla durata della miscelazione. E' comunque da tenere presente che quanto è più breve e uniforme la manipolazione necessaria a impastare il gesso in polvere con l'acqua, tanto migliori sono le proprietà meccaniche della massa indurita. Una miscelazione protratta troppo a lungo finisce infatti per interferire con la fase della presa, perché arriva a costituire un elemento di disordine e disturbo nel formarsi della struttura iniziale di cristallizzazione che il biidrato viene assumendo a mano a mano che

precipita.

In tabella II si ha un esempio delle importanti variazioni indotte nella resistenza meccanica del gesso dal mutare della quantità d'acqua d'impasto e del tempo di miscelazione.

2.3 Altre Caratteristiche Tecniche

Abbiamo finora fatto riferimento a processi e caratteristiche propri, anche se non esclusivi, delle forme emidrato e anidrite III, e cioè dei tipi di gesso tradizionalmente impiegati nella tecnica dello stucco.

Rinviando alla tabella I per le notizie essenziali circa i vari altri tipi di gesso, accenneremo ora ad alcune caratteristiche o modi di impiego comuni sia al gesso da stucco - anche se per applicazioni o varianti tecniche non molto frequenti - sia ad altri tipi di gesso.

2.3.1 Additivi.

La velocità di indurimento può essere influenzata dall'aggiunta di sostanze che ritardano o accelerano il processo.

Possono inoltre essere usate sostanze che migliorano la resistenza meccanica del prodotto finale.

Tali sostanze si aggiungono prima o dopo la cottura, durante la macinazione, o all'atto dell'impasto con la acqua.

i. Acceleranti.

Si può influire sul tempo di idratazione delle fasi anidre aumentandone la velocità di dissoluzione o la

solubilità rispetto a quella del biidrato, e rallentando contemporaneamente l'evaporazione dell'acqua d'impasto, per impedire che venga eliminata prima che abbia termine l'idratazione.

Si fa uso in genere di sali di acidi inorganici, tra i quali molto attivi il solfato di potassio, il bisolfato di sodio e il solfato di calcio biidrato.

E' interessante notare che, mentre l'anidrite II è dotata di scarsa reattività con l'acqua e praticamente fa presa solo se catalizzata da aggiunta di sali, nell'anidrite I il CaO presente (v. 2.1) agisce già da accelerante consentendo la, sia pur lentissima, presa.

ii. Ritardanti.

Il rallentamento della presa favorisce lo svolgersi delle operazioni di applicazione e modellazione dell'impasto.

I ritardanti agiscono principalmente sulla velocità di sviluppo dei germi di cristallizzazione inibendone parzialmente la formazione. Essi inoltre diminuiscono la solubilità del biidrato rispetto alle fasi disidratate e, permettendo di ridurre l'acqua d'impasto, aumentano la durezza del prodotto finale.

I ritardanti più comuni sono i colloidi organici, in particolare: cheratina, colla di pesce, amido e alginati. Tra i sali che ritardano la presa, molto efficaci sono gli idrati alcalini, i carbonati e i fosfati, alcalini o d'ammonio sia neutri che acidi, ecc.

iii. Indurenti.

Generalmente applicati sul manufatto asciutto, sono di due tipi:

- a) sostanze capaci di combinarsi col solfato di calcio o con l'anidride carbonica dell'aria e di formare entro le porosità della massa composti di durezza superiore a quella del gesso (ad es.: latte di calce, che determina la formazione di cristalli di carbonato di calcio all'interno del gesso);
- b) sostanze che migliorano l'indurimento riempiendo le porosità e collegando tenacemente i cristallli; tra queste il "caseinato di calcio" (parti in peso: caseina 8, calce spenta 2, acqua 90), e alcuni oli siccativi applicati a caldo (80-90°C).

Con l'esclusione di quest'ultimo metodo, è ipotizzabile l'impiego degli altri citati a fini conservativi. Per ottenere una buona penetrazione di tali soluzioni indurenti, è necessario impiegarle a basse concentrazioni, ripetendone più volte l'applicazione.

iv. Impermeabilizzanti.

La solubilità del gesso biidrato in acqua è bassa ma sensibile: 2,4 gr/l. Per ridurla ulteriormente si è cercato di far ricorso a tecniche di vario tipo, che vanno dall'impregnazione dei manufatti con cere minerali, fuse o in soluzione, (principalmente paraffina e ozokerite), all'applicazione di rivestimenti siliconici, ma i risultati comunemente ottenuti non sembrano soddisfacenti in quanto tali strati protettivi

si deteriorano facilmente sia per cause termiche che meccaniche.

Oggi sempre di più si usa aggiungere agli impasti o ai manufatti induriti, resine acriliche, ureiche, furaniche o acetoviniliche che, oltre la resistenza all'umidità, migliorano altre proprietà quali la resistenza a compressione, la durezza, ecc.

3 Impieghi Vari

Ricordato che il tipo di gesso di più comune impiego nella tecnica degli stucchi è l'emidrato, si accennano qui, per i principali tipi di gesso, gli impieghi di maggiore interesse tecnico e di più larga diffusione.

3.1 Solfato di Calcio Biidrato

Per le sue caratteristiche di composto non tossico, non abrasivo, inodore, insapore e relativamente inerte dal punto di vista chimico, trova estese applicazioni come eccipiente o carica per: vernici, farmaceutici, polveri insetticide, filtrazione e raffinazione degli oli, ecc.

Nell'industria chimica viene usato come fonte di SO_2 o di ioni SO_4^{2-} nella preparazione del solfato di ammonio.

E' inoltre largamente impiegato in agricoltura come correttivo e fertilizzante dei terreni.

3.2 Solfato di Calcio Emidrato

3.2.1 Gesso per modellatori.

In questo caso all'emidrato vengono aggiunte, durante

la miscelazione con acqua, sostanze capaci di rallentare il tempo di presa.

3.2.2 Gesso da forma.

Con tale termine si indicano correntemente sia il composto puro che quello tecnico ai differenti gradi di finezza.

Per formatura s'intende quel complesso di operazioni che consentono di ottenere la riproduzione in gesso di un modello mediante colatura in forme, stampi, matrici o impronte.

Del gesso per formatura si fa uso principalmente:

- nell'arte decorativa in genere: fregi, cornici, ecc.;
- nell'industria ceramica;
- in odontotecnica;
- nelle lavorazioni per fusione di metalli preziosi o di leghe leggere.

3.3 Anidrite III

3.3.1 Materiali prefabbricati.

Sono particolarmente importanti nell'industria edilizia per le buone caratteristiche meccaniche, per le illimitate possibilità di modellazione e perchè leggeri, incombustibili e buoni isolanti termoacustici.

Si ricordano i seguenti prodotti:

- pannelli semplici o fonoassorbenti per rivestimenti di pareti, soffitti, tramezzi e divisori in genere;
- blocchi, mattoni, pali, travi, ecc.

3.3.2 Conglomerati leggeri ed espansi.

Si ha una vasta gamma di materiali da costruzione e decorazione costituiti da:

- a) un impasto di gesso con vari materiali leggeri di origine minerale o vegetale, per es. vermiculite (silicato di ferro, magnesio e alluminio), pomice e scorie vulcaniche, sughero, segatura di legno, ecc.;
- b) gesso cui vengono aggiunte al momento dell'impasto sostanze che si decompongono o che reagiscono con l'acqua, liberando un gas o formando una schiuma e creando nella massa indurita una fitta rete di vuoti.

3.3.3 Malte bastarde.

Il gesso unito a calce e pozzolana dà malte per intonaci di buona lavorabilità e di soddisfacenti caratteristiche meccaniche.

3.4 Anidrite II

L'anidrite insolubile, se macinata molto finemente ed adizionata di acceleranti capaci di aumentarne la velocità di idratazione e di rallentare l'evaporazione dell'acqua d'impasto, può essere usata per la preparazione di malte. La resistenza meccanica del prodotto finale dipende dal quantitativo di acqua d'impasto. Basse percentuali di acqua (20-30%) conferiscono alle malte indurite resistenze a compressione dell'ordine dei 300 kg/cm^2 .

3.5 Anidrite I

Prevalentemente usata per le pavimentazioni, l'apporto maggiore dell'anidrite I in questo campo è l'attenuazione dei rumori. Le pavimentazioni in gesso costituiscono inoltre un sottofondo ideale per rivestimenti o coperture di linoleum, gomma e laminati plastici in genere.

3.6 Cemento di Gesso

Si tratta di gesso cotto due volte cui vengono aggiunte sostanze indurenti dopo la prima cottura. Il prodotto prende il nome di:

- Gesso Keene, se viene usato allume;
- Gesso Parian, se si impiega borace.

Si ottengono così masse compatte, durissime e poco sensibili all'umidità.

Normalmente impiegato per intonaci, stucchi, ecc., il cemento di gesso, con aggiunte di sabbia, calcare in polvere e pigmenti, può essere adoperato per imitare il marmo. Il prodotto finito inoltre si presta ad essere lucidato.

MN

TAB. I - LE FASI DEL SISTEMA SOLFATO DI CALCIO EMIDRATO-ANIDRO

NOME	ALTRI NOMI	FORMULA	PESO MOLECOLARE	ACQUA DI CRISTALLIZZAZIONE (%)	FORME	DENSITA' g/cm ³	TEMPERATURA NECESSARIA ALLA DISIDRATAZIONE °C	DENOMINAZIONI TECNICHE MODERNE
Solfato di calcio emidrato	Gesso, Selenite.	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	172,17	20,92	-	2,31-2,32	-	Gesso di Bologna, Gesso da Concimazione.
Solfato di calcio emidrato	Emidrato, Semidrato.	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	145,15	6,21	$\alpha^{(+)}$ β	2,75 2,62-2,64	128°C	Gesso a Pressa Rapida, Gesso di Parigi. Dal composto puro, macinato fine: - Gesso per Modellatori Dal composto tecnico: - finissimo: Gesso da Forma (Scagliola) - fine: Gesso da Stucchi - grosso: Gesso da Ornati, Gesso da Intonaci
Anidrite III	Anidrite solubile, Anidrite α , Emidrato disidratato.	CaSO_4	136,14	0,02-0,05 0,6-0,9	α β	2,45	163°C	Macinato grosso: - Gesso da Costruzione (gesso per edilizia, gesso da muratori, gesso comune).
Anidrite II	Anidrite insolubile, Anidrite naturale, Gesso cotto a morte, Gesso stracotto.	CaSO_4	136,14	-	-	2,90-2,95	> 300°C (ma anche in natura)	Macinato finissimo: - Gesso a Lenta Pressa (con aggiunta di acceleranti).
Anidrite I	Anidrite di alta temperatura.	CaSO_4 (+CaO)	136,14	-	-	2,8-2,9	900-1.200°C	Gesso da Pavimenti, Gesso Idraulico, Gesso a Lenticissima Pressa.

da: N. Fratini, E. Mariani, A. Turriziani, T. Turco. Testi citati in bibliografia.

(+) La forma α è ottenuta per disidratazione a umido, mentre la forma β si ottiene disidratando il gesso in ambiente secco. Le due forme hanno reticolo cristallino identico, ma differiscono per il grado di "perfezione" e di accrescimento dei cristalli:
emidrato α : cristallino, cristalli ben sviluppati, aghiformi o prismatici;
emidrato β : criptocristallino, grandezza dei grani <10⁻³ mm.
Si hanno inoltre due varietà di anidrite III, α e β , a seconda che questa sia ottenuta da emidrato α o da emidrato β .

TAB. II - SOLFATO DI CALCIO EMIDRATO: RESISTENZA A COMPRESSIONE IN RAPPORTO ALL'ACQUA D'IMPASTO E ALLA MISCELAZIONE(+)

ACQUA D'IMPASTO (% in peso)	DURATA DELLA MISCELAZIONE (minuti secondi)	RESISTENZA A COMPRESSIONE (kg/cm ²)
45	30 60	230 190
60	60 120	170 130
80	60	105

da R. Turriziani e E. Mariani.

(+) Altro fattore che influisce sulla resistenza è la presenza di acqua libera nei pori (acqua di imbibizione). L'acqua presente nei pori facilita lo scorrimento dei cristalli. Ne basta l'1% per ridurre la resistenza a compressione fino ad un terzo circa del valore che si ha a secco.

Bibliografia Essenziale

- 1 Bolis B., "Calci e Cementi", Hoepli, Milano, 1961.
- 2 Fratini N., "Lo Stato Attuale delle Ricerche sulle Fasi del Sistema $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ - CaSO_4 ", Ist. di Fisica Tecnica - CNR, (Facoltà di Ingegneria, Univ. di Roma), 14, 1972.
- 3 Mariani E., "Leganti Aerei e Idraulici", Ambrosiana, Milano, 1976.
- 4 Plenderleith H.J. et al., "Conservation Problems in Egypt", International Rome Centre for Conservation, Unesco, Cons. Contr. n° 33951, Roma, 1970.
- 5 Turco T., "Il Gesso. Lavorazione, Trasformazione, Impieghi", Hoepli, Milano, 1961.
- 6 Turriziani R., "I Leganti e il Calcestruzzo", Sistema, Roma, 1972.
- 7 Zantedeschi A.D., "Il Gesso, materiale di moderna applicazione", in L'Industria Italiana del Cemento, febb. 1967.

CAP.III

CARICHE

Premessa

Numerosissimi sono gli esempi di prodotti tecnologici i cui buoni requisiti di lavorabilità e resistenza meccanica sono ottenuti unendo insieme due materiali che, presi isolatamente, non possiedono né l'uno né l'altro di tali stessi requisiti.

L'esempio più attuale e di più sofisticato livello tecnologico è dato dai cosiddetti "compositi", dove l'unione tra resine e fibre di vetro o carbonio, ambedue materiali piuttosto fragili e comunque assai poco maneggevoli, dà luogo a prodotti tra i più adatti a resistere a condizioni d'impiego particolarmente severe.

Tralasciando necessariamente i più complessi aspetti del principio teorico che spiega tale trasformazione, ci limiteremo a dire che questa avviene perché uno dei due materiali funge da "tessuto connettivo" per l'altro, il quale a sua volta può così fungere da "scheletro" o armatura di sostegno per il primo. Il materiale che svolge la fun-

zione di tessuto connettivo prende il nome di adesivo o legante (o di "matrice" nei compositi); lo scheletro o armatura di sostegno è invece dato da una carica.

Per i prodotti che ci interessano, cioè le malte o intonaci ad uso di pittura o stucco, il legante è di regola la calce spenta (più raramente il gesso), e la carica uno o più d'uno dei materiali di cui tratteremo nel la presente dispensa.

1 Principali Tipi di Cariche

1.1 Cariche Inorganiche Semplici

Nelle malte o intonaci la carica è assai spesso costituita unicamente da sabbia; meno di frequente da miscele di sabbia e polvere di marmo, o da sola polvere di marmo. In tali casi le cariche vengono definite come inorganiche e inerti. Quest'ultimo termine sta a significare che la carica funziona come tale su basi puramente fisiche, cioè senza che si abbiano interazioni chimiche (quanto meno di rilevante entità) tra carica e legante.

1.2 Cariche Inorganiche Idrauliche

Talora il predetto tipo di cariche risulta unito a:

- a) cariche idrauliche naturali (pozzolana, pomice, tufo di Santorino, trass), o a
- b) cariche idrauliche artificiali (coccio pesto, polve

re di mattone, scorie della fusione del ferro).

Il termine "idraulico" sta qui a significare che i predetti materiali, se uniti alla calce, oltre che da cariche fungono anche da reattivi, e cioè si comportano come leganti idraulici. In altre parole qui le cariche, interagendo con la calce in presenza di acqua, si trasformano più o meno radicalmente in materiali che, dalla forma iniziale in granuli separati o incoerenti, passano a una finale costituita da un intreccio solido e coerente di strutture cristalline. Le malte così formate fanno presa sott'acqua e resistono bene alla sua azione dilavante.

1.3 Cariche Organiche

Si dà da ultimo il caso, in Italia piuttosto raro, che alle cariche inorganiche siano state aggiunte delle cariche organiche, classificabili a seconda della loro origine come:

- a) animali: peli di ruminanti e simili;
- b) vegetali: frammenti di paglia, o di canne, o di carbone; pula di grano o di riso; fibre di lino o di canapa.

Oltre a fornire una specie di armatura secondaria di sostegno alle cariche inorganiche, avevano la funzione (quelle vegetali) di assorbire acqua e quindi di rallentare l'essiccamento della malta. L'una e l'altra funzione erano indubbiamente d'una certa utilità per impedire il formarsi di crepe dovute a un eccessivo restringimento della malta al termine della presa.

2 Principali Caratteristiche

2.1 Cariche Inorganiche Semplici (Sabbie)

Come già detto, vengono così definite le cariche che normalmente non subiscono alcuna trasformazione chimica rilevante dal contatto con l'acqua e l'adesivo o legante (calce, gesso), e che vengono ricavate da depositi naturali, o ottenute da materiali lapidei per lavorazione meccanica (ad es. polvere di marmo). Ai fini del presente corso e dal punto di vista tecnico, tale ultimo tipo di cariche è in tutto per tutto assimilabile al primo (sabbie), al quale perciò faremo prevalente riferimento nei seguenti paragrafi.

2.1.1 Caratteristiche geologiche.

Vengono denominate sabbie quei depositi sedimentari clastici, incoerenti, prevalentemente quarzosi, che sono costituiti da granuli di minerali o da frammenti di rocce con dimensioni tra 0,08 e 8 mm (norma DIN 4188).

Tali materiali, spesso commisti o alternati a ghiaia o a limo, possono essere estratti da diversi tipi di depositi sedimentari: alluvionali, eluviali, morenici, lacustri, marini ed eolici.

I depositi alluvionali e eluviali sono fra i più diffusi e meglio sfruttabili; ottimi specialmente i depositi di fiumi attivi e quelli posti al disotto della falda freatica, specialmente se situati nel tratto inferiore del corso d'acqua.

I depositi morenici sono i meno adatti per l'estrazione di sabbia per impieghi edilizi, perchè ricchi di limo

glaciale; ottimi sono invece i depositi lacustri, anche di laghi estinti.

I depositi eolici sono assai diffusi nelle zone desertiche, o in zone che furono in passato desertiche ed ora a clima temperato (sabbioni quaternari della Val Padana).

Le sabbie marine non sono consigliate per il loro alto contenuto di sali.

I depositi più pregiati sono quelli formati per erosione di rocce dure (sabbie silicee). Di scarsa qualità sono invece le sabbie originate da calcari teneri, e perciò fragili e porose, ovvero da scisti e feldspati, perchè aventi un comportamento praticamente assimilabile a quello delle argille una volta impastate ad acqua o comunque esposte ad umidità.

Per quanto riguarda la polvere di marmo, basterà accennare che essa viene ottenuta o come sottoprodotto della lavorazione di marmi calcarei, o per frantumazione dei medesimi.

Secondo le indicazioni di Vitruvio il prodotto di migliore qualità si ottiene da marmi in cui abbondino formazioni cristalline trasparenti, ovvero poco porosi e molto chiari.

Da misure eseguite su campioni d'intonaci romani a 3 strati si è constatata una certa regolarità nella successione delle caratteristiche granulometriche:

strato 1 $\varnothing \sim$ mm 4

strato 2 $\varnothing \sim$ mm 2

strato 3 $\varnothing \sim <$ mm 1

Va infine menzionata la presenza di conchiglie finemente macinate in antichi intonaci greci.

Per quanto riguarda la tecnica di lavorazione di tale materiale, si è supposto che le conchiglie venissero macinate con tutto o parte del mollusco in esse contenuto, e ciò perché le analisi chimiche hanno rilevato una certa quantità di acido fosforico.

Meno probabile che le conchiglie venissero anche cotte per ricavarne la calce, anche se questo uso si è mantenuto fino ai nostri giorni in taluni paesi dell'Estremo Oriente.

2.1.2 Caratteristiche tecniche.

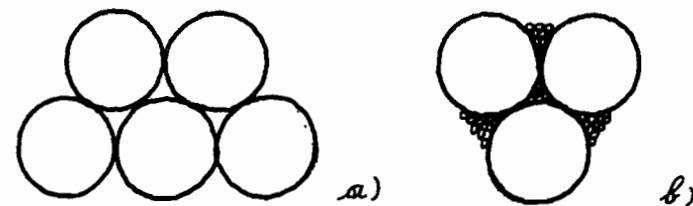
Requisito fondamentale di una carica è di essere costituita da granuli le cui forme e dimensioni consentano un contatto quanto più possibile ravvicinato tra granulo e granulo, così che questi possono essere fatti aderire solidamente uno all'altro con la minima quantità di legante. A parità di volume complessivo, è dunque da preferire la carica che contenga meno vuoto tra granulo e granulo, ovvero che contenga granuli le cui dimensioni siano assortite in modo da sviluppare la massima possibile superficie interna d'adesione.

Una carica costituita da granuli troppo grossi e aventi forme e volumi più o meno simili, contiene evidentemente una grande quantità di vuoti. Impastata a un legante, darà perciò luogo a una malta con scarsa forza di coesione, perché troppo piccoli e troppo distanziati tra loro saranno i punti di contatto, e quindi d'adesione, tra le superfici dei granuli.

D'altra parte, una malta composta da granuli troppo

piccoli e finemente suddivisi avrà anche essa scarsa forza di coesione, e in questo caso per l'uno o l'altro dei seguenti motivi:

- perché, per poter essere bene impastata, richiederà o un eccesso di legante o un eccesso d'acqua, e nei due casi i granuli risulteranno troppo distanziati e quindi troppo debolmente legati tra loro;
- perché, con un rapporto giusto tra carica e legante, la scarsa fluidità della malta farà sì che l'applicatore ecceda negli sforzi di compressione necessari per lavorare e stendere l'impasto; ne risulterà allora un eccessivo ravvicinamento dei granuli, con scarsità di legante tra l'uno e l'altro e, soprattutto, con troppo pochi interstizi o pori perché la penetrazione dell'aria e il relativo processo di carbonatazione abbia effetto regolarmente su tutto lo spessore dell'impasto.



- a) Una struttura quanto più possibile regolare di granuli sferici contiene sempre più del 26% di vuoti; in realtà, le cariche hanno strutture assai più irregolari, e quindi contengono sempre assai maggiori percentuali di vuoti.
- b) Per ridurre il volume dei vuoti, e di conseguenza aumentare la superficie interna d'adesione, occorre riempire i vuoti con granuli più piccoli.

Lo studio della granulometria delle cariche ha permesso di stabilire alcune regole empiriche a cui attenersi per ottenere malte e intonaci di buona resistenza.

Classificheremo anzitutto le sabbie in tre categorie:

sabbia grossa:	Ø max. 8	mm
	Ø min. 2	mm
sabbia media :	Ø max 2	mm
	Ø min. 0,6	mm
sabbia fine :	Ø max. 0,6	mm
	Ø min. 0,08	mm

Per tutti e tre i tipi di sabbie, la preferenza andrà a quelle i cui granuli siano maggiormente arrotondati.

Un criterio molto semplice per comporre malta da "rinzaffo" o da "arriccio" è di mescolare 2/3 in peso di sabbia grossa con 1/3 di sabbia fine.

Per malte da rivestimento, e tanto più per intonaci da pittura murale, converrà comporre le cariche con quattro sabbie di diversa granulometria, secondo le seguenti percentuali:

	Dimensioni dei granuli (mm)				totale
	8-3	3-1	1-0,2	0,2-0,08	
rivestimenti ruvidi	40%	36%	12%	12%	100
rivestimenti lisci, intonaci da pittura	25%	35%	22%	18%	100

Rapporto tra carica e legante: 3-1 / 2-1 (in vol.)

Altra regola empirica è di porre in rapporto le dimensioni dei granuli più grandi allo spessore di malta che si vuole ottenere. Se, ad esempio, si vuole interporre tra mattone e mattone uno spessore di malta di 2 cm, i granuli più grandi non dovranno occupare più di 1/4 di tale spessore, ossia avranno al massimo un diametro di circa 5 mm. Per applicazioni sulla verticale, ossia per rivestimenti di pareti, la dimensione dei granuli maggiori può essere portata fino ad 1/3 dello spessore del singolo strato che si applica di volta in volta, per esempio, in un intonaco spesso 5 mm il diametro massimo dovrebbe essere di 1,5 - 2 mm.

Nelle applicazioni di nostro interesse (stuccature di lacune, ecc.), è buona regola lavare sempre le cariche, così da toglierne, oltre alle eventuali impurità solubili, i grani inferiori a 0,08 mm che praticamente "impolverano" i grani più grandi rendendoli meno bagnabili dal legante. Per lo stesso motivo sono da depurare con lavaggi le sabbie contenenti argille; mentre sono del tutto da scartare quelle contenenti sostanze organiche, solfati, solfuri e cloruri.

2.2 Cariche Inorganiche Idrauliche Naturali

Ci si riferisce a tali materiali anche col termine di malte idrauliche, e ciò in ragione della loro proprietà di indurire e far presa per reazione chimica con la acqua (e non, come la calce, per reazione chimica con la anidride carbonica dell'aria). Le cariche idrauliche,

in combinazione con la calce, sono state perciò impiegate fin dall'epoca romana ogni qualvolta il forte spessore delle murature da costruire, ovvero il fatto che queste fossero fin dal primo momento immerse nell'acqua (piloni di ponti, banchine di porti, dighe, ecc.), rendeva impossibile l'impiego della sola calce come legante, in quanto questa non avrebbe potuto carbonatare per mancanza d'aria. Per la stessa ragione le cariche idrauliche entrano molto spesso nella composizione delle malte per mosaici.

Il materiale di base delle cariche idrauliche è dato dalla lavorazione meccanica (estrazione e frantumazione) di alcuni minerali eiettati dai vulcani, e in particolare da:

- tufo di Santorino;
- pozzolana;
- trass della Renania (tufo trachitico pomiceo);
- pomice delle isole mediterranee.

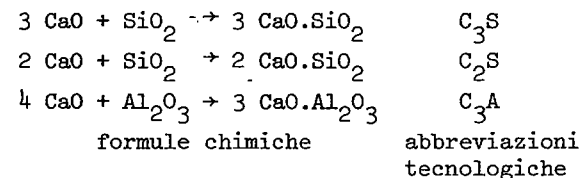
Questi minerali sono molto reattivi all'acqua perché, al momento della loro fusione dentro i vulcani, hanno ovviamente perso tutta la loro acqua di costituzione o cristallizzazione; ne hanno fatto in tempo a riacquisirla una volta che, eiettati in superficie, si sono rapidamente raffreddati e riconsolidati, formando delle strutture espanse (simili al pop-corn) con grandi superfici specifiche e ricche di silicati allo stato vetroso.

Più o meno finemente triturati, e posti a contatto con l'acqua e con la calce, questi minerali di origine vulcanica (a base di silice: SiO_2 , e allumina Al_2O_3), formano un reticolo di piccolissimi cristalli, che provoca

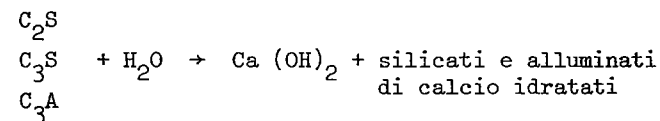
l'indurimento della massa.

Se invece lo stesso tipo di minerali non ha subito la fusione vulcanica, se ne può fare uso di legante idraulico in combinazione con la calce solo se viene preventivamente sottoposto ad altissime temperature (è questo il principio di base per la produzione dei cementi). In tal caso si parlerà di cariche idrauliche artificiali.

Con le cariche idrauliche reattive naturalmente, cioè senza che sia necessaria la cottura preventiva, la reazione con la calce avviene a temperatura ambiente.



La reazione di presa può essere così schematizzata:



2.2.1 Le pozzolane.

Le pozzolane romane possono essere considerate dei tufi basaltici granulati incoerenti.

La massa fondamentale è amorfa e vetrosa: una leucite con disseminati numerosi altri materiali come leuciti e pirossene.

Nel Lazio (a Est e a Sud di Roma, sulla sinistra del Tevere) i tufi e le pozzolane si sono depositi su terre e

bassifondi salmastri o di acqua dolce della fine del Pliocene, dai quali il mare si era già ritirato.

La stratigrafia è spesso molto disordinata ma si può semplificare nel seguente modo:

- tufo granuloso,
- tufo litoide con pozzolana nera intercalata,
- conglomerato giallo,
- pozzolana rossa,
- tufo granulare,
- pozzolanelle (più recenti).

Le pozzolane flegree si deposero su di una piattaforma di tufo giallo per attività vulcaniche sottomarine del Quaternario, attraverso vecchi camini o nuovi squarci.

Esse sono composte da lapilli di dimensioni varie, da cristalli isolati di feldspato, da pirosseni, mica, apatite, magnetite titanifera.

Sono normalmente grigio chiaro tendente al giallo, colore che può variare a causa della presenza di pomici bianche.

La composizione chimica media delle pozzolane romane è la seguente:

SiO ₂	40-60%
Al ₂ O ₃	14-30%
Fe ₂ O ₃	6-25%
MgO	1-4 %
Alcali	2-12%
SO ₃	0,2-0,8%
P ₂ O ₅	0,05-0,5%
CO ₂	tracce

inoltre tracce di numerosi altri elementi.

Le combinazioni sono numerosissime, ma la massa fondamentale è una mescolanza di silicati multipli d'alluminio, ferro e calcio.

Altri parametri caratteristici delle pozzolane:

- densità apparente 1 - 1,2 gr/cm³
- densità reale 2 - 2,3 gr/cm³
- acqua di costituzione 6 - 10%

Prove di qualità empiriche da cantiere:

- non deve macchiare un panno sul quale sia stata stesa;
- stretta nel pugno deve scrocchiare come dei cristallini;
- mescolata con acqua in un cilindro non deve lasciare torbida l'acqua dopo la sedimentazione.

L'azione della calce sulla pozzolana prosegue per tempi molto lunghi: in un primo tempo e per pochi mesi vengono attaccati i composti potassici (Leucite); gli altri composti reagiscono ancora dopo molti mesi con molta energia.

Una malta di pozzolana immersa in acqua è un sistema in continua evoluzione che si stabilizza solo dopo molti anni. Una parte della calce, nelle zone esterne, dopo aver reagito con i componenti della pozzolana, abbandona la massa lasciando uno scheletro molto compatto di geli induriti e di silicati idrati, chimicamente e fisicamente molto resistenti.

3 Cariche Idrauliche Artificiali (+)

Verso la fine del periodo classico vennero trovati an-

(+) Il presente paragrafo e la successiva nota sono tratti da una dispensa di G. Torraca: "Cenni sui materiali da Costruzione".

che dei sostituti "sintetici" delle cariche idrauliche naturali, e precisamente:

- tegole o vasi tritati;
- scorie della lavorazione del ferro.

Si tratta, come è evidente, di materiali sottoposti ad alte temperature.

L'uso delle cariche idrauliche è legato alla esecuzione in epoca romana di importanti lavori in acqua e all'adozione della tecnica della colata del calcestruzzo in casseforme.

Calcestruzzo romano: mattoni rotti + pozzolana + calce

Volta del Pantheon : pozzolana + pomice + calce

(interamente colata) (calcestruzzo leggero)

Nel Medio Evo l'impiego dei leganti idraulici pare scarso o addirittura inesistente. E' però possibile che il riempimento di muri a sacco con riempitivi vari implicasse l'uso di leganti idraulici.

E' comunque certo che la conoscenza teorica dei leganti idraulici era stata trasmessa, ad esempio mediante le opere di Vitruvio. I leganti idraulici sono infatti menzionati dai trattatisti italiani del Quattrocento.

Queste conoscenze erano quindi disponibili all'inizio della rivoluzione industriale, quando lo sviluppo di porti, strade, canali e acquedotti richiese nuovamente l'impiego della tecnologia del calcestruzzo e dei leganti idraulici. Quello che piuttosto difettava era il rifornimento delle materie prime naturali.

Nella costruzione di un molo del porto di Tangeri (1669) un architetto inglese, su suggerimento di consiglieri italiani, fece uso di pozzolana. Nell'Europa set-

tentrionale il trass (tarras) veniva usato frequentemente.

La ricerca di sostituti dei materiali naturali e di leganti di migliore qualità progredì nel diciottesimo e diciannovesimo secolo.

Nel 1796 PARKER brevettò il "Cemento Romano", ottenuto riscaldando (probabilmente intorno a 800°C) uno speciale calcare argilloso chiamato "Septaria".

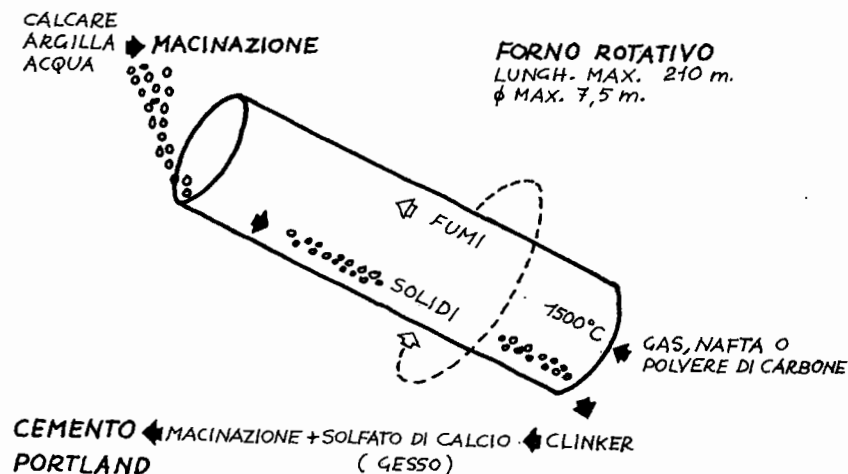
FROST (1811) e VICAT (1818) realizzarono una svolta essenziale calcinando le marne (rocce calcaree ricche di silicati), o delle miscele di argilla e creta bianca a base di carbonato di calcio. I prodotti così ottenuti vennero chiamati "Calci Idrauliche".

ASPDIN (Inghilterra, 1824) brevettò il "Cemento Portland" ottenuto calcinando il calcare, macinando il prodotto con argilla, e calcinando nuovamente a temperature che erano probabilmente comprese tra 900 e 1000°C. Il prodotto venne chiamato "Cemento Portland" perché il suo colore era simile a quello della pietra Portland, largamente usata in Inghilterra. Si trattava però di un prodotto ancora di qualità inferiore, se lo si confronta con le prestazioni attualmente richieste al cemento.

Lo sviluppo tecnologico che portò ai cementi ad alta resistenza meccanica avvenne per merito di JOHNSON (1838), un ex-assistente di Aspdin, che trovò che la cottura a temperature assai più alte (1300-1500°C) provocava una parziale fusione e vetrificazione del prodotto finale. La massa parzialmente vetrificata, detta "clinker", è durissima e, se macinata fino ad estrema finezza, reagiva

sce rapidamente con l'acqua.

La fabbricazione moderna del cemento viene eseguita con grandi forni rotativi.



Al "clinker" viene spesso aggiunto gesso per ritardare la reazione di presa, che può essere troppo veloce. Le specifiche moderne permettono talvolta l'addizione di 6-7% di gesso.

Il calcestruzzo moderno è composto di cemento, sabbia e ghiaia (o frammenti di roccia). I componenti vengono miscelati con acqua e mescolati a lungo.

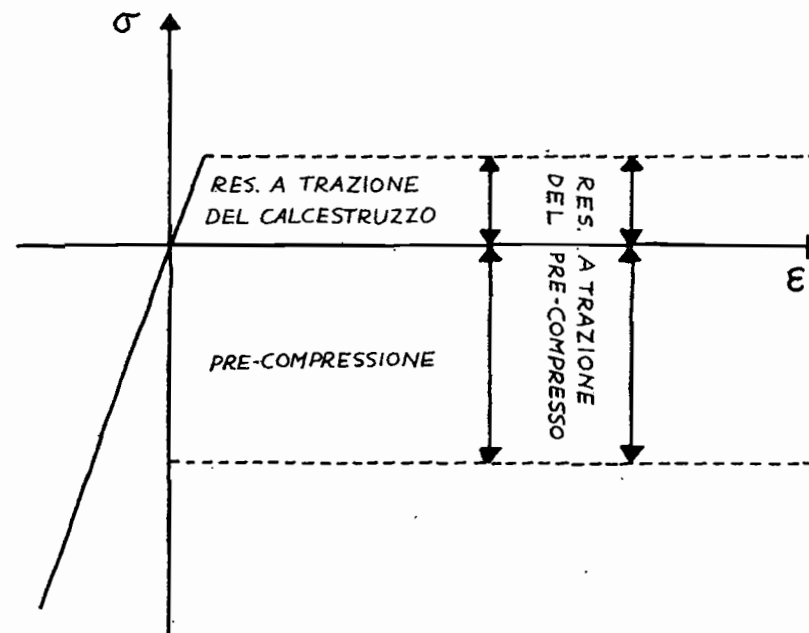
Il calcestruzzo indurito è un materiale duro e fragile che sopporta bene i carichi a compressione ma è debole di fronte alle sollecitazioni a trazione.

Questa inerente debolezza viene superata accoppiando il calcestruzzo con tondini di acciaio, un materiale che ovviamente ha una notevole resistenza a trazione.

L'acciaio ha un coefficiente di dilatazione vicino a quello del calcestruzzo ($12 \cdot 10^{-6} \frac{\text{m}}{\text{m} \cdot ^\circ\text{C}}$), inoltre il cemento aderisce assai bene alla sua superficie.

Il cemento armato venne introdotto in Francia nella seconda metà del XIX secolo.

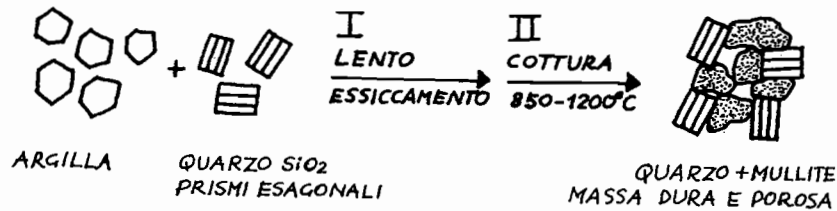
Un secondo passo decisivo per aumentare la resistenza a trazione dei manufatti in calcestruzzo è avvenuto negli ultimi anni con l'uso del calcestruzzo pre-compresso. I tondini di acciaio sono sottoposti ad una trazione prima della colata del calcestruzzo e quindi rilasciati dopo l'indurimento. Il risultato è una compressione del calcestruzzo che provoca un aumento della resistenza a trazione come mostrato dal diagramma.



Breve nota sui Materiali Cotti e i Materiali Ceramici

Tra i materiali costitutivi dei dipinti murali posso no essere inclusi anche i mattoni, in quanto facenti parte del supporto murario.

I mattoni cotti e la terracotta sono fabbricati a partire da miscele di argille (soprattutto del tipo Montmorillonite e Illite) e sabbia quarzosa.



Nella cottura i cristalli di argilla vengono distrutti e si forma la mullite (un silicato di alluminio cristallino), con piccole quantità di quarzo.

La presenza di sodio e potassio nelle argille provoca la fusione di una parte dell'argilla.



Dopo il raffreddamento, l'argilla fusa non è capace di riformare una struttura cristallina. Si forma invece una massa amorfa, dura e fragile (vetro, materiale vetrificato).

Il vetro agisce da cemento tra i cristalli di quarzo e di mullite e riempie parzialmente i pori.

Come regola generale, si ottiene un vetro ogni volta che un silicato fonde.

La quantità di vetro formata influenza la resistenza meccanica del mattone e a sua volta dipende dalla temperatura raggiunta durante la cottura e dalla composizione della miscela.

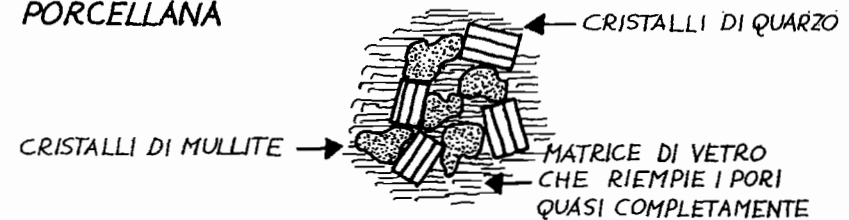
In generale si può dire che aumentando la temperatura di cottura aumenta la forza del mattone.

Dato che molte argille contengono anche ferro, il materiale cotto è giallino se cotto a temperature più basse; rosso se cotto a temperature alte e in atmosfera ricca di ossigeno.

La porcellana viene fabbricata a partire da argille molto pure (del tipo Caolino ed esenti da ferro e sodio), mescolate con sabbia quarzosa e feldspato (un silicato di alluminio che contiene molto potassio).

Dopo un essiccamento molto lento la miscela viene cotta a 1200°C e si ottiene la formazione di mullite, ma anche una notevole quantità di prodotto fuso a causa della presenza del potassio. Il vetro che si forma con raffreddamento è sufficiente a riempire quasi completamente gli interstizi tra quarzo e mullite. Per questo motivo la porcellana non è porosa.

PORCELLANA



Tutti i materiali di questo tipo (dalla terracotta alla porcellana) sono chiamati CERAMICHE. Essi sono parzialmente cristallini e parzialmente vetrosi. La porosità e la loro resistenza meccanica dipendono dal tipo di argilla, dall'aggiunta eventuale di materiali contenenti sodio o potassio e dalla temperatura di cottura.

L-PM

Bibliografia Essenziale

- 1 Annechino R., "La Pozzolana ed altri Minerali Flegrei da Costruzione nell'Antichità", Barca, Napoli, 1936.
- 2 Davey N., "A History of Building Materials", Camelot Press Ltd., London, 1961.
- 3 Ferroni E., "Chimica fisica degli intonaci affrescati", in "Problemi di Conservazione", a cura di G. Urbani, Compositori, Bologna, 1973.
- 4 Koslowski R., "Les microorganismes de la période crétacée aident à discerner les techniques de peinture sur crépis, à reconnaître les repeints ultérieurs et à distinguer les divers enduits crayeux", in Ochrona Zabytkow, 3, 1950.
- 5 Mariani E., Schippa G., "Tecnologia dei Materiali e Chimica Applicata", Siderea, Roma, 1969.
- 6 Turriziani R., "I Leganti e il Calcestruzzo", Sistema, Roma, 1972.
- 7 Wehlte K., "Antike freskomörtel", in Mitteilungen für Malerei, 56, 1940.

CAP. IV

LEGANTI PROTEICI

con una Nota sulle Gomme Vegetali (+)

Si definiscono come leganti proteici gli adesivi acquosi, cioè diluibili in acqua, derivati da sostanze organiche di origine animale quali:

- a) tuorlo e albume dell'uovo di gallina;
- b) tessuti connettivi di erbivori (pelli, ossa, tendini e cartilagini); vesciche natatorie di alcuni pesci;
- c) latte di bovidi.

Il tuorlo dell'uovo costituisce il legante più frequentemente impiegato nella pittura a tempera su supporti mobili (dipinti su tavola in particolare). Nei dipinti murali prevale invece l'uso delle cosiddette "colle animali" o "gelatine", cioè dei leganti derivati da tessuti connettivi di erbivori (specie da pergamena, ossia da pelle di pecora tradizionalmente conciatà con latte di calce); mentre l'uso del tuorlo d'uovo, spesso

(+) Leganti proteici e gomme vegetali, benché di natura assai diversa dal punto di vista chimico, sono da considerarsi ambedue materiali costitutivi della pittura a tempera, quanto meno se si accetta la definizione di tempera anche per l'acquarello, il cui legante tradizionale è appunto costituito da gomme vegetali.

unito ad albume battuto, risulta quasi sempre limitato alle piccole finiture a tempera degli affreschi. Molto rare sono le tempere murali il cui legante sia costituito per intero da albume, o da vesciche natatorie di pesci ("ittiocolla"), o da latte di bovidi (caseina).

Ovviamente i componenti dell'uovo non abbisognano che di assai semplici manipolazioni (come battitura, filtraggio, diluizione in acqua) per poter servire da leganti. Relativamente più elaborata è invece la preparazione delle colle animali ("ittio colla" inclusa) e della caseina.

1 Processi di Produzione

1.1 Colle Animali

Gli attuali processi industriali di produzione ripetono sostanzialmente quelli antichi, dai quali si diversificano solo per la maggiore quantità di energia termica impiegata e per il maggior numero di fasi intermedie di lavorazione, l'una e le altre rese necessarie dall'utilizzazione, come materia prima, anche di parti della carcassa -ossa, tendini e cartilagini-, che anticamente venivano scartate.

Dopo una serie di lavaggi preliminari della materia prima con acqua, latte di calce e soluzioni acidule, il processo "standard" di produzione consiste in tre fasi di cottura a temperatura crescente (75-85-95°C), al termine delle quali si ottengono i cosiddetti "brodi", e cioè delle gelatine impure, più o meno dense, ottenute dalla cottura del collagene (sostanza di cui sono costituiti al 90-95% i tessuti animali). La gelatina deve essere dapprima raffinata, cioè liberata dalla feccia, schiumata, trattata con allume per eliminarne le

scorie insolubili, e chiarificata chimicamente. Alle fasi di decantazione e filtrazione segue quella della concentrazione, eseguita a bagno-maria a temperature intorno ai 70°C. Al termine della concentrazione la colla, ancora in fase liquida, viene versata in stampi di zinco e fatta essiccare sotto una forte ventilazione, ciò che ne riduce il volume iniziale di circa il 70%.

Assai più semplice la ricetta di Cennini (capp.CX-CXI) per preparare la "colla di ritagli", detta da Vasari "colla di carnicci". La materia prima è qui costituita solo da scarti di pergamena, i quali, dopo lavaggio, vengono immersi in acqua per un giorno, e quindi bolliti a fuoco lento. La gelatina che viene così a formarsi è ulteriormente cotta finché si riduce a circa un terzo del volume iniziale.

1.2 Caseina

Il latte di vacca, capra, pecora, bufala, ecc. contiene varie sostanze, tra cui: acqua, siero, proteine (caseina, albumina, globulina), e sali minerali vari.

La caseina, che è la maggiore costituente proteica del latte, può essere fatta coagulare o per acidificazione, o per azione enzimatica del "caglio" o "presame"(+), o per riscaldamento prolungato ad una temperatura elevata (sopra i 140°C per 15 minuti).

Il precipitato è insolubile in acqua; poco solubile in soluzione di sali neutri; solubile in alcali, con i quali forma delle soluzioni più o meno viscosi ad alto potere adesivo.

(+) Il caglio o presame è una sostanza acida ricavabile dal quarto stomaco di ruminanti lattanti. Per la precipitazione della caseina, anticamente veniva anche usato il lattice di fico o di carciofo selvatico, ambedue ad alto contenuto enzimatico.

Invecchiando si insolubilizza per denaturazione delle proteine.

La caseina oggi in commercio è ottenuta riscaldando latte vaccino scremato a circa 35°C, e aggiungendovi quantità opportune di una soluzione molto diluita di uno dei seguenti acidi: cloridrico, fosforico, lattico, acetico (quest'ultimo si impiega per la caseina ad uso alimentare). La precipitazione della caseina avviene quando la proteina raggiunge il cosiddetto punto isoelettrico, (rappresentato da un pH 4,6-4,7), che è il punto in cui la concentrazione degli ioni negativi è uguale a quella dei positivi.

Il precipitato viene lasciato riposare per un certo tempo, e dopo separazione dal siero che galleggia in superficie lo si lava con molta acqua.

Un'ulteriore raffinazione si ottiene sciogliendo la caseina ancora umida con una soluzione di bicarbonato di sodio, e quindi facendola nuovamente precipitare con una soluzione di acido acetico.

Dopo lavaggio ed essiccamento, la caseina viene infine portata allo stato granulare mediante macinazione.

Le fonti non danno indicazioni sulla preparazione della caseina come legante o medium per colori, ma solo come adesivo da impiegarsi, ad esempio, per l'incollaggio delle assi di supporti lignei per pittura. Una ricetta del "Manoscritto Bolognese" (v. Merrifield, vol. II, p. 597) prescrive di valersi come materia prima della "raschiatura" del formaggio (probabilmente la crosta). La raschiatura veniva dapprima immersa in acqua fresca per 24 ore, quindi impastata in acqua moderatamente calda fino a formare una massa plastica, da continuare a impastare e a strizzare, in acqua calda continuamente rinnovata, finché l'acqua stessa non avesse più assunto

una colorazione lattiginosa. Il pane di caseina così formato poteva conservarsi abbastanza a lungo in acqua. Al momento dell'impiego se ne toglieva la quantità voluta, e la si rendeva liquida impastandola con pochissima calce viva.

2 Principali Caratteristiche

2.1 Caratteristiche Chimiche

Dal punto di vista chimico i vari leganti proteici sono caratterizzabili in base al tipo di proteina specifico e prevalente per ciascuno di essi.

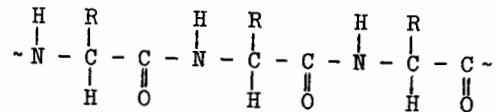
Le proteine sono dei composti organici complessi ad alto peso molecolare, costituiti da carbonio (50-55%), ossigeno (21-23%), azoto (15-19%), idrogeno (6-7%), e spesso anche da elementi secondari come zolfo, fosforo e iodio.

Le proteine si compongono di unità di base -gli amminoacidi- legati da particolari ammidi, detti peptidi, che si formano per interazione tra l'amminogruppo (-NH₂-) di un amminoacido e il gruppo carbossile (-COOH-) di un altro, dando luogo ai legami carboamminici (-CO-NH).

Gli amminoacidi naturali sono almeno 26, e le proteine li contengono tutti in quantità elevata e in un numero molto alto di combinazioni.

Il primo passo verso la formazione delle proteine è costituito perciò dall'unione di 2 amminoacidi (dipeptidi); quindi di tre (tripeptidi), e così via fino ai polipeptidi, che sono catene di amminoacidi con peso molecolare di 10.000. Oltre questo valore cessa lo stadio dei peptidi (cioè lo stato intermedio tra amminoacidi e proteine) e si hanno le proteine propriamente dette.

Esempio di una catena polipeptidica:



In pratica dunque le proteine sono dei grossi polimeri, di cui gli amminoacidi costituiscono i monomeri.

Le proteine possono essere divise in due classi:

1 proteine fibrose:

- presentano molecole lunghe e filiformi, disposte l'una accanto all'altra, e legate da legami idrogeno abbastanza forti da non poter essere scissi dall'acqua se non ad alta temperatura (collagene);
- costituiscono il componente fondamentale dei tessuti animali;
- esempi di proteine fibrose: cheratina (componente principale di lana, piume, corna ecc.); fibroina (seta); collagene (tendini, cartilagini, ossa, pelle ecc.);

2 proteine globulari:

- hanno molecole che formano delle unità compatte di forma sferoidale; le forze intermolecolari sono piuttosto basse perchè i legami idrogeno sono interni e le superfici di contatto tra le varie molecole sono di limitatissima estensione; talune possono perciò sciogliersi in acqua, altre in soluzioni acquose di acidi, basi, sali minerali e metallici;
- esempi di proteine globulari: le albumine dell'uovo e del latte; le fosfoproteine (tra cui la vitellina del tuorlo dell'uovo e la caseina del latte).

2.1.1 Composizione dell'uovo.

Tra le sostanze proteiche citate e che trovano impiego come leganti di colori, quella di più complessa composizione è l'uovo.

Esso si compone di:

- a) guscio, costituito al 90% da carbonato di calcio;
- b) albume o chiara, costituito da:
 - i. acqua (85,7%),
 - ii. protidi, in particolare albumine (12,6%),
 - iii. lipidi (0,25%),
 - iv. minerali (0,60-0,65%)
- c) tuorlo o rosso, costituito da:
 - i. acqua (50,9%),
 - ii. lipidi (31,75%), in particolare acidi grassi saturi (31%) e insaturi (69%),
 - iii. protidi (16,2%), in particolare vitelline,
 - iv. minerali (0,5-2%).

Il tuorlo è dunque più ricco di lipidi che di protidi, i quali ultimi costituiscono invece quasi per intero l'albume.

Il pH del tuorlo è acido per la presenza di acido vitellinico; la sua colorazione rossa è data da una sostanza colorante fuggitiva -la luteina-, simile chimicamente a molti gialli vegetali.

2.2 Caratteristiche tecniche

La principale caratteristica tecnica che differenzia i leganti costituiti da proteine fibrose (collagene) da quelli costituiti da proteine globulari (uovo, caseina), è che i primi sono impiegabili solo a caldo, mentre i secondi o non richiedono aggiunte d'acqua (tuorlo), o possono esserne emulsionati per azione meccanica (battitura dell'albume), ovvero ne

sono disciolti (caseina) solo se l'acqua contiene determinate quantità di acidi o basi.

E' quindi intuitivo che le tempere a base di gelatina (collagene), se si vuole ridurre al minimo l'inconveniente di poterne usare solo a caldo, devono essere unite a molta acqua ed eventualmente a piccole aggiunte di fluidificanti grassi (sapone od olio). In questo modo si ottiene certamente il vantaggio -rispetto all'altro tipo di tempera-, di una maggiore fluidità e quindi di una più facile applicazione su grandi superfici; ma col conseguente svantaggio di ridurre di molto il potere adesivo e quindi la resistenza nel tempo.

Per altro nei leganti proteici quest'ultimo requisito è in stretta dipendenza non tanto dalla forza d'adesione, quanto dalla cosiddetta denaturazione delle proteine, cioè del processo di naturale invecchiamento che, in un tempo più o meno breve, rende le proteine stesse definitivamente insolubili e quindi inattaccabili dall'acqua. La denaturazione e il conseguente aumento di resistenza sono assai più rapidi e completi nelle proteine globulari che in quelle fibrose.

La denaturazione è un'alterazione delle caratteristiche strutturali delle proteine, consistente in una modifica della disposizione delle catene polipeptidiche (struttura secondaria), senza modifiche dei legami interni (struttura primaria).

Vari sono i fattori che provocano la denaturazione delle proteine:

- a) il calore: quasi tutte le proteine si denaturano rapidamente ad una temperatura tra i 50° e i 60° C; a temperatura ambiente il processo si verifica ugualmente, ma in tempi piuttosto lunghi;
- b) le radiazioni: sia luminose (ultravioletti) che acustiche (ultrasuoni), tanto più efficaci quanto più piccola è la loro lunghezza d'onda;

c) le vibrazioni meccaniche: ad es. la battitura dell'albume;

d) gli agenti chimici: ad es. le stesse soluzioni acide e basiche che provocano, in un primo momento, lo scioglimento della caseina, nonché i sali di metalli pesanti (rame, piombo, zinco ecc.), e quindi pigmenti come il verdigris, la biacca, ecc.

La perdita di solubilità provocata dalla denaturazione è quasi sempre irreversibile; da essa però deriva anche una minore resistenza delle proteine agli enzimi proteolitici (quali ad es. quelli prodotti da microrganismi).

A seconda del tipo di legante proteico, il processo di denaturazione, pur completandosi per tutti i leganti col puro e semplice invecchiamento, inizia e raggiunge uno stadio più o meno avanzato già in fase di preparazione.

La denaturazione del collagene, ad esempio, ha inizio col processo di cottura, nel corso del quale i legami idrogeno che uniscono in una struttura a treccia le catene polipeptidiche vengono sostituiti da molecole d'acqua.

Le albumine della chiara d'uovo hanno catene polipeptidiche con alcuni segmenti, relativamente rigidi, ripiegati ad elica, ed altri, piuttosto flessibili, intrecciati e ripiegati in forme casuali. La battitura della chiara avvia il processo di denaturazione perchè rompe i segmenti ripiegati ad elica.

L'esposizione all'aria del tuorlo d'uovo (+) dà inizio a un processo piuttosto veloce di denaturazione della vitellina, attivato dall'ossidazione e dalla polimerizzazione degli acidi grassi insaturi contenuti nel tuorlo stesso.

Effetto non meno denaturante hanno le aggiunte di lattici di fico talora raccomandate dalle fonti (++).

Come la vitellina anche la caseina è una fosfoproteina coniugata, cioè formata da una proteina semplice più un gruppo prostetico: nel caso specifico l'acido fosforico.

Ma a differenza del tuorlo d'uovo, che è un'emulsione naturale alquanto liquida e quindi impiegabile tal quale (una volta che la si sia fatta fuoriuscire dalla sottile membrana

(+) Il tuorlo è un'emulsione naturale, cioè una sospensione omogenea di goccioline minutissime di un liquido in un altro liquido (fase disperdente), con cui non è miscibile (es.: olio-acqua). Perchè un'emulsione sia stabile è necessario che le goccioline siano sufficientemente piccole da poter restare sospese, e inoltre che ciascuna di esse sia circondata da una pellicola sufficientemente viscosa e plastica che impedisca l'unione tra le singole goccioline. Nel caso del tuorlo tale pellicola, a cui si dà il nome di emulsionante, è costituita dalle proteine.

(++) Il lattice di fico, contenuto dai cosiddetti "canali latticiferi" della pianta del fico (*Ficus Carica*, famiglia delle Moracee), è un'emulsione naturale di vari componenti, tra cui acqua, gomme, enzimi, ecc. Tra gli enzimi del lattice vi è una proteasi vegetale - la ficina - che idrolizza e rende quindi più fluide le sostanze proteiche, essendo capace di romperne i legami peptidici e perciò di ridurre le proteine ai loro componenti fondamentali: gli amminoacidi. La ficina è più attiva su un substrato leggermente acido (pH 6).

che la circonda e che le dà la sua caratteristica forma sferoidale), la caseina deve essere resa liquida con aggiunte di soluzioni blandamente alcaline o di sali minerali. Tali aggiunte, rompendo i legami peptidici della caseina, avviano il processo di denaturazione.

Nota al Cap. IV

GOMME VEGETALI

Le gomme naturali sono dei carboidrati polimeri più o meno complessi.

Si formano nelle piante in seguito ad un processo patologico, la gommosi, che consiste nella formazione di sostanze gelatinose - incolori o tendenti al bruno -, per degenerazione delle cellule del legno, della corteccia o di altre parti della pianta (foglie, frutti, semi, ecc.).

Il fenomeno può essere di origine traumatica, ovvero dovuto all'azione di parassiti, o ad una naturale predisposizione della pianta alla malattia. In tale ultimo caso, gruppi di cellule che non raggiungono lo sviluppo completo vengono ossidati e trasformati in gomma da alcuni enzimi (ossidasi) prodotti dalle cellule stesse (+).

Nella pratica corrente le gomme si ricavano incidendo i tronchi e i rami delle piante gommifere, ma possono anche trasudare naturalmente dalla pianta in periodi di siccità.

La raccolta si fa in epoche diverse a seconda dei luoghi; l'essudato solidifica rapidamente a contatto con l'aria, formando dei grani che vengono staccati a mano.

(+) Nelle gomme sono perciò presenti piccole quantità di ossidasi e tracce di sostanze tanniche. L'enzima può essere reso inattivo con un essiccamento a 120°C.

Le gomme più usate come leganti pittorici sono la Gomma Arabica e la Gomma Dragante; meno usate quelle di ciliegio, pruno, albicocco, mandorlo, sarcocolla e karaya.

1. Gomma Arabica. Detta anche gomma d'acacia o del Nilo, si ricava dalle Acacee gommifere (famiglia delle leguminose), che crescono in Asia e in Africa. Le sue varietà prendono il nome dei paesi di origine:
 - la gomma del Kordofan o del Sudan è di qualità pregiata; il prodotto essiccato si presenta in grani di grandezza variabile e dal colore che va dal bianco al giallo paglierino;
 - la gomma del Senegal è meno pregiata; si presenta in grani vetrosi di colore giallastro o rossastro.

Il suo costituente fondamentale, l'arabina, ha pH acido, è solubile in acqua e idrolizza in presenza di acidi diluiti.

È insolubile nei solventi organici; solubile a caldo in glicerina e glicole etilenico.

Con le basi forma dei sali, tra cui quelli di metalli alcalini o alcalino-terrosi che sono solubili in acqua.

2. Gomma Dragante o Adragante. Detta anche da tragacanto, si ricava dagli Astragali gommiferi che crescono in Grecia, Turchia, Asia Minore e Iran.

Il prodotto essiccato si presenta in scaglie bianche, filiformi, di aspetto polveroso. La qualità più pregiata è quella di Smirne.

È costituita da una miscela di un sale polisaccaride acido complesso e di un polisaccaride neutro, composto principalmente da L-arabitosio. Il carattere acido è dovuto alla presenza di acido D-galatturonico.

Viene idrolizzata dagli acidi minerali diluiti. Poco solubile in acqua, ne viene rigonfiata fino a formare una pasta adesiva gelatinosa con basso contenuto di gomma. Con l'aggiunta di altra acqua, e dopo forte agitazione, produce una soluzione omogenea ma instabile. Dopo qualche giorno si deposita sul fondo una pasta insolubile, la bassorina, che rigonfia in acqua formando un gel; essa costituisce il 60-70% del totale.

La parte solubile della gomma, la tragacantina, dà un idrosol colloidale e conferisce alla gomma le sue proprietà adesive.

3. Altre gomme. Le gomme di ciliegio, pesco, susino, ecc. (famiglia delle Rosacee Amigdalee), sono costituite fondamentalmente da cerasina o metarabina. Tale sostanza si scioglie nei carbonati alcalini dando una precipitazione di carbonato di calcio.

Per preparare "l'acqua di gomma" ad uso di pittura, la gomma in grani (+) va messa a bagno in un recipiente di vetro con un po' di zucchero o di miele (plastificanti), in modo che l'acqua la ricopra per due dita. Dopo circa 12 ore, il gel che si è formato può essere sciolto a bagno-maria; quindi si filtra e si diluisce (la soluzione non deve essere né troppo forte né troppo debole). Al liquido colloidale così ottenuto si possono aggiungere un preservante (l'ortofenilfenato di sodio o poche gocce di una soluzione di fenolo), e un tensioattivo per migliorarne l'adesività (es. fiele di bue). L'aggiunta di glicerina, pur favorendo la stesura a pennello, ha l'inconveniente di ritardare eccessivamente l'essiccamento del colore e di facilitare gli attacchi biologici.

Per rendere più gradevole l'odore, vengono spesso aggiunte delle essenze profumate ("acqua rosa": Manoscritto Padova; Merrifield, II° vol., p. 659), che esercitano anche azione preservante.

MGCA

(+) Si sconsiglia di adoperare la gomma in polvere, che si rigonfia più rapidamente in acqua, ma può contenere impurezze di varia natura.

Bibliografia Essenziale

- 1 Cavallini C., Rossi Fanelli A., "Chimica Biologica", Veschi, Roma, 1973.
- 2 Cennini C., "Il Libro dell'Arte", (MS 1437), Neri Pozza, Vicenza, 1971.
- 3 Condit I., Swingle W.T., "The Fig", Chronica Botanica Co., Waltham, Massachusetts, 1947.
- 4 Eastlake C.L., "Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters", Dover, New York, 1960.
- 5 "Enciclopedia Italiana di Scienze, Lettere ed Arti", voci caseina, gomma, (G. Treccani), Rizzoli, Milano, 1931-33.
- 6 "Enciclopedia della Scienza e della Tecnica", voce Proteine, metabolismo, Mondadori, Milano, 1963.
- 7 Mayer R., "The Artist's Handbook" Faber and Faber Ltd., London, 1973.
- 8 Merrifield M.P., "Original Treatises on the Arts of Painting", Dover, New York, 1967.
- 9 Morrison R.T., Boyd R.N., "Chimica Organica", Ambrosiana, Milano, 1969.
- 10 Villavecchia-Eigenmann, "Nuovo Dizionario di Merceologia e Chimica Applicata", Hoepli, Milano, 1973-77.

CAP. V

OLI ESSICCATIVI

Gli oli essiccativi si definiscono come leganti organici di origine vegetale; il loro uso in pittura è legato alla proprietà di essiccare in tempi convenientemente brevi, formando una pellicola solida e trasparente che incorpora i pigmenti e aderisce fermamente a quasi ogni genere di substrato o supporto.

1 Processi di Produzione

1.1 Materia di Base

La materia prima da cui si ricavano gli oli essiccativi più usati nella pittura occidentale -lino, noce e papavero- è costituita rispettivamente dai semi della pianta del lino (Linum usitatissimum), dal gheriglio delle noci mature e dai semi del Papaver somniferum.

Il contenuto d'olio si aggira intorno al 35-45% nei semi del lino; al 50-60% nel gheriglio delle noci; al 45-50% nei semi del papavero; la qualità del prodotto finito dipende dalla maturazione dei semi, dal tipo di terreno e dall'annata.

1.2 Tecniche di Trasformazione

Per la descrizione di questi processi ci riferiremo come materiale "tipo" all'olio di lino, che per la diffusa coltivazione della pianta da cui deriva, nonchè per le sue buone caratteristiche tecniche (fluidità ed essiccatività), è il legante che è stato ed è tuttora maggiormente impiegato nella tecnica della pittura ad olio.

1.2.1 Estrazione.

Una volta separati dalla pianta, i semi vengono puliti, macinati e trasformati in farina.

L'estrazione dell'olio dalla farina avviene a pressione o mediante solvente.

L'estrazione a pressione viene oggi eseguita con presse idrauliche o con torchi continui a freddo o a caldo (in quest'ultimo caso la farina va preventivamente inumidita e riscaldata). In passato l'estrazione veniva eseguita o direttamente dai semi o dalla farina, con torchi a mano e per lo più a caldo.

La farina può essere spremuta una sola volta, oppure, dopo una prima spremitura, può essere rimacinata e sottoposta ad una seconda spremitura, e talora anche ad una terza. La prima spremitura si esegue a freddo, le altre generalmente a caldo.

L'olio spremuto a freddo, il più adatto ad uso di pittura, è di colore chiaro, molto fluido, contiene poche impurità ed è inodoro. La spremitura a caldo consente l'estrazione di quantità maggiori di olio, che risulta però più scuro, e contiene molte impurità.

L'estrazione con solventi può essere eseguita con diversi

prodotti, i più comuni dei quali sono l'etere di petrolio e alcuni idrocarburi clorurati. Con questa tecnica si ottengono quantità molto elevate d'olio, tuttavia d'un tipo contenente molte impurità e non adatto ad usi pittorici.

1.2.2 Raffinazione.

Qualunque sia stato il processo di estrazione dell'olio, il prodotto grezzo deve essere trattato per chiarificarlo e per eliminarne le impurità (mucillagine, sostanze albuminose, acidi grassi liberi, ecc.).

L'olio grezzo viene liberato dalle impurità e dall'acqua mediante riposo e filtrazione (raffinazione meccanica), oppure con acido solforico (raffinazione chimica). Viene quindi deacidificato con una soluzione alcalina (soda caustica, borato, perborato, carbonato di sodio), che in parte lo decolora. Da ultimo si procede a deodorizzarlo, mediante insufflazione di vapore acqueo, e infine a decolorarlo con terre decoloranti (ad es. argilla smettica, carbone attivato ecc.).

In passato sono stati usati vari metodi di raffinazione. Se ne citano alcuni.

- Per la chiarificazione si versava l'olio in recipienti di vetro e lo si esponeva al sole per delle settimane; le impurità si depositavano sul fondo e l'olio veniva travasato.
- L'olio veniva mescolato ad acqua in un recipiente di vetro munito di un foro di apertura nella parte inferiore. Dopo ripetute e prolungate agitazioni della miscela, si attendeva che l'acqua e le impurità in essa discioltesi si depositassero sul fondo, dal cui foro d'apertura venivano quindi fatte defluire ("Segreti di Don Alessio", Lucca, 1577). Una variante di questa tecnica consisteva nell'impiego di acqua salata, stante la proprietà del cloruro di sodio di accelerare la separazione dall'olio delle impurità meno solubili in acqua naturale.
- La solita miscela di acqua e olio veniva ricoperta con ghiaccio e neve; si attendeva quindi che il congelamento dell'acqua, e con essa delle impurità, permettesse di travasare il

solo olio.

- Molto frequente infine era la pratica di aggiungere comunque all'olio, per neutralizzarne l'acidità e chiarificarlo, sostanze alcaline come cenere, magnesia e calce.

1.2.3 Cottura.

Per aumentarne l'essiccatività, gli oli possono essere scaldati al sole o cotti sul fuoco, aggiungendovi pigmenti metallici con azione essiccante.

Olio cotto al sole: olio di lino o di noce, esposto prolungatamente al sole nei mesi più caldi in catini di bronzo o di rame (Cennini); oppure in recipienti contenenti una certa quantità di bianco di piombo (De Mayerne). Oltre a schiarirsi per l'effetto sbiancante dei raggi solari, si ispessisce per un principio di ossidazione e polimerizzazione.

Olio cotto o olio bollito: olio cotto in recipienti di terracotta invetriata, a fuoco lento, con l'aggiunta di essiccanti: in genere litargirio PbO , ovvero minio Pb_3O_4 ; terra d'ombra (contiene ferro e manganese); "verdigris" (acetato basico di rame); vetro macinato (quello veneziano conteneva piombo e manganese); ossa calcinate e "copparosa verde", ossia solfato di zinco (usati prevalentemente dai Fiamminghi).

Nella pratica tradizionale gli essiccanti sono mescolati direttamente all'olio, oppure immersi nel liquido entro una sacca di tela sospesa al bordo superiore del recipiente. A seconda della preparazione, l'olio risulta più o meno scuro; per schiarirlo, è necessario lasciarlo esposto a lungo al sole in recipienti di vetro.

Il prodotto così ottenuto risulta "ispessito", cioè parzialmente ossidato e polimerizzato, quindi adatto all'impiego con pigmenti privi di potere essiccante, come i neri e le lacche. Lo stesso tipo di olio, unito ad una resina, può fungere da ade-

sivo nella doratura "a missione". Per quest'ultimo tipo d'impiego, e più in generale come componente di vernici oleo-resinose, talune fonti non prescrivono l'aggiunta di essiccanti.

Olio polimerizzato o "standolio": olio cotto a calore elevato, senza l'aggiunta di essiccanti, in recipienti chiusi o aperti. E' chimicamente più stabile dei tipi precedenti e dell'olio grezzo, pertanto invecchiando ingiallisce meno e risulta meno fragile, specie se la cottura è operata in assenza di ossigeno, cioè in caldaie chiuse. Per il suo più basso numero di iodio è leggermente meno essiccativo dei tipi precedenti.

Industrialmente viene preparato ad una temperatura superiore ai $260^{\circ}C$, in caldaie chiuse. Trova impiego nella manifattura delle vernici del tipo "flatting"; in pittura è da taluni impiegato come medium per colori "a velatura".

Olio soffiato: olio cotto industrialmente a circa $120^{\circ}C$ sotto un soffio continuo d'aria, con o senza aggiunte di essiccanti.

2. Composizione e Principali Caratteristiche

Dal punto di vista chimico gli oli si definiscono come esteri di glicerina degli acidi grassi. Un estere è il prodotto di una reazione tra un alcool e un acido, con formazione di acqua. E' questo il processo detto di esterificazione; il processo inverso, idrolisi, consiste nella reazione di un estere con l'acqua e nella formazione di un alcool e di un acido.

L'alcool presente negli oli è la glicerina: $C_3H_5(OH)_3$; vari sono invece i componenti acidi, tra cui principali sono i seguenti:

- Acido Palmitico: $C_{15}H_{31}COOH$, saturo;

- Acido Stearico : $C_{17}H_{35}COOH$, saturo;
- Acido Oleico : $C_{17}H_{33}COOH$, un legame doppio;
- Acido Linoleico : $C_{17}H_{31}COOH$, due legami doppi;
- Acido Eleostearico : $C_{17}H_{31}COOH$, due legami doppi;
- Acido Linolenico : $C_{17}H_{29}COOH$, tre legami doppi.

Gli acidi grassi sono degli acidi organici deboli a catena lunga (+); possono essere saturi o insaturi. Quelli insaturi sono caratterizzati dalla presenza di uno o più legami doppi (++).

(+) Un acido organico è una sostanza che contiene il gruppo carbossile $-COOH-$ detto anche gruppo acido. Questo gruppo viene ionizzato dall'acqua e produce degli ioni H^+ chiamati ioni idrogeno o idrogenioni. Gli acidi deboli producono pochi ioni idrogeno a contatto con l'acqua.

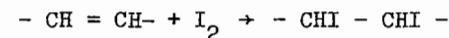
(++) Gli atomi sono uniti tra loro da legami chimici. Essi hanno la tendenza ad acquistare o a cedere elettroni per raggiungere la loro stabilità (elettropositivi, elettronegativi). Un atomo carico elettricamente è chiamato ione. Gli ioni positivi attirano gli ioni negativi e formano un legame ionico: Na^+Cl^- . Atomi con le stesse cariche elettriche possono unirsi per formare una molecola, infatti gli atomi possono raggiungere la loro stabilità anche mettendo in comune una o più coppie di elettroni, formando un legame covalente: $C-C$. Due atomi di carbonio adiacenti possono formare tra loro due legami covalenti: legame doppio, $C=C$. Un legame doppio è un legame più forte ed è anche un punto reattivo della molecola.

2.1 Principali Caratteristiche Chimiche

Il rilevamento con opportune metodiche di alcune caratteristiche chimiche degli oli vegetali dà sostanziali indicazioni sulla loro qualità, e in particolare sul loro grado di purezza.

2.1.1 Numero di Iodio.

Gli acidi grassi insaturi possono combinarsi direttamente con lo iodio, che in condizioni favorevoli reagisce con i doppi legami di tali acidi.



Questa proprietà viene usata per determinare in laboratorio, mediante la misurazione del numero di iodio, il grado di insaturazione degli oli.

Il numero di iodio è rappresentato dai grammi di iodio che vengono fissati dai doppi legami di 100 grammi d'olio. Esso può essere espresso anche come "acido oleico %", cioè in percentuale di acido oleico equivalente agli acidi liberi contenuti nell'olio.

2.1.2 Indice termosolforico.

Un altro metodo per stabilire il grado di insaturazione di un olio è la misurazione dell'indice termosolforico.

L'indice termosolforico rappresenta l'innalzamento della temperatura che si verifica quando, in determinate condizioni, si mescola l'olio con acido solforico concentrato. L'acido solforico reagisce con i doppi legami in maniera esotermica, cioè con produzione di calore

2.1.3 Numero d'acido.

La quantità di acidi liberi contenuta da un olio può essere determinata in laboratorio con la misurazione del numero d'acido.

Il numero d'acido è la quantità, in milligrammi, di alcali caustici (KOH) necessaria per neutralizzare l'acidità di un grammo d'olio.

Una scarsa quantità di acidi liberi è indice della buona qualità d'un olio.

2.1.4 Numero di saponificazione.

La quantità di acidi combinati e di materia insaponificabile presente in un olio è determinabile con la misurazione del numero di saponificazione.

Il numero di saponificazione è la quantità, in milligrammi, di alcali caustici (KOH) necessaria a saponificare 1 grammo d'olio.

La misura serve a determinare eventuali adulterazioni dell'olio.

2.1.5 Gascromatografia.

Altro esame chimico utile a determinare eventuali sofisticazioni, grado di essiccatività e stato di conservazione dell'olio, oltre alla sua composizione qualitativa e quantitativa, è l'analisi gascromatografica.

2.2 Caratteristiche Fisiche

2.2.1 Indice di rifrazione.

È un dato fisico interessante, perché ogni olio ha un indice di rifrazione variabile entro limiti piuttosto ristretti.

L'indice di rifrazione è il rapporto tra la velocità della luce nell'aria e la velocità della luce in una data sostanza (l'olio) alle stesse condizioni di temperatura. Si misura con il rifrattometro a 25°C.

L'indice di rifrazione è più alto negli oli maggiormente insaturi, ed aumenta con la polimerizzazione. Questo significa che tendenza generale degli oli essiccativi è divenire più trasparenti con l'invecchiamento. Di qui la possibilità che, col tempo, divengano visibili al di sotto della superficie dei dipinti ad olio i "pentimenti" dell'artista, cioè gli abbozzi o prime stesure modificate con la stesura finale.

2.2.2 Altre caratteristiche.

Per alcune altre caratteristiche fisiche misurabili a fini di valutazione della qualità del prodotto (peso specifico, viscosità, punto di solidificazione), si rinvia a pubblicazioni sull'argomento specifico (5,7).

2.3 Caratteristiche Organolettiche

Sono: il colore, che varia dal giallo chiaro al bruno verdognolo; l'odore, spesso tipico delle varie classi; il sapore,

che serve a stabilire se l'olio è diventato rancido. L'irrancidimento è dovuto ad una prolungata esposizione alla luce, all'umidità e all'ossigeno dell'aria; limitatamente a piccole quantità di materiale, il fenomeno è in relazione inversa al grado di essiccatività dell'olio.

2.4 Caratteristiche Tecniche

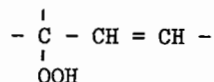
L'impiego dell'olio in pittura si deve al fatto che, più di ogni altro tipo di medium o di legante tradizionale, esso consente un lavoro abbastanza agevole e spedito su grandi superfici, nonché la possibilità di campire allo spessore voluto, sia "a corpo" che "a velatura". Tali prestazioni oltre che dalla fluidità dell'olio, dipendono, come si è detto fin dal principio, dalla sua capacità di essiccarsi in un tempo adeguato alle esigenze di un lavoro di pittura, cioè in maniera non troppo rapida né troppo lenta.

Il processo di essiccamento di un olio avviene in due stadi: l'ossidazione e la polimerizzazione.

2.4.1 Ossidazione.

I legami doppi degli oli essiccativi reagiscono con l'ossigeno dell'aria; assorbendo ossigeno, l'olio aumenta di peso e di volume. La reazione, favorita dalla luce (soprattutto gli U.V.) e dal calore, è catalizzata dagli essiccanti.

Il primo stadio dell'ossidazione è la formazione di un idroperossido (-OOH) sull'atomo di carbonio vicino al legame doppio:



A questo punto avvengono dei cambiamenti complessi, tra cui la decomposizione e la formazione di altri gruppi chimici (idrochetoni).

La velocità dell'ossidazione è bassa all'inizio (periodo di induzione); aumenta in un secondo momento; quindi diminuisce progressivamente fino ad esaurimento del processo. La durata dell'ossidazione, diversa a seconda del contenuto in acidi grassi dei vari oli essiccativi, dipende dalle condizioni di temperatura e dalla durata dell'esposizione alla luce.

Se all'olio essiccativo si aggiunge una piccola percentuale (1-3%) di sali di alcuni metalli con proprietà essiccanti (piombo, manganese, cobalto, zinco, rame), la durata dell'ossidazione si riduce: viene eliminato il periodo di induzione e l'assorbimento dell'ossigeno raggiunge rapidamente i valori massimi.

Tra le trasformazioni dovute all'ossidazione vi sono: l'aumento di viscosità, la diminuzione del numero di iodio per saturazione dei legami doppi, l'ingiallimento e l'infragilimento nel tempo. Gli oli che contengono maggiori quantità di acidi grassi saturi mantengono più a lungo un buon grado di elasticità.

2.4.2 Polimerizzazione.

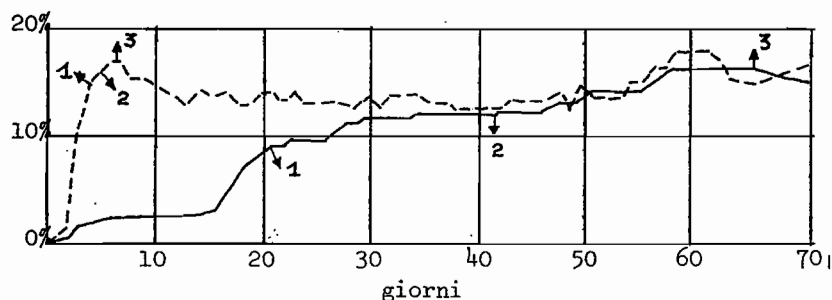
Lo stadio della polimerizzazione ha inizio in pratica contemporaneamente all'ossidazione, ma si esaurisce quando questa è da tempo ultimata.

La polimerizzazione è un processo chimico favorito da calore e luce (soprattutto dagli ultravioletti), e catalizzato dagli essiccanti. Comporta

generalmente un cambiamento di stato (es. da liquido a solido) e consiste nella formazione da molecole piccole - monomeri -, di molecole più lunghe e più stabili: polimeri.

Tra le trasformazioni che avvengono durante la polimerizzazione vi è l'aumento di viscosità, dovuto appunto alle aumentate proporzioni delle molecole, e la riduzione del numero di iodio per perdita di legami doppi. Questa riduzione è tuttavia inferiore a quella che avviene per ossidazione.

TAB. 2.4.2 CURVA D'ESSICCAMENTO DELL'OLIO DI LINO



Curva — = comportamento dell'olio di lino essiccato a luce infrarossa;
 Curva - - - = comportamento dell'olio di lino essiccato a luce naturale.
 1 = punto iniziale di essiccamento
 2 = stato attaccaticcio
 3 = stato secco.

(Da Gettens e Stout)

2.4.3 Diluenti.

Sul processo d'essiccamento d'un olio hanno una certa influenza, in genere ritardante, le aggiunte di diluenti come

nafta, essenza di trementina, essenza di spigo o lavanda. Nella pratica pittorica si impiegano tali diluenti per fluidificare l'impasto di colore.

L'uso come diluente di olio di lino crudo o di noci comporta un assai maggiore ritardo nell'essiccamento; ciononostante vi si fa talora ugualmente ricorso perchè, a differenza di quanto avviene con gli altri tipi di diluenti, non ne deriva l'opacizzazione della pellicola pittorica.

3. Oli da Pittura: Cenni Merceologici

3.1 Generalità

Come si è detto, gli oli contengono quantità variabili di acidi grassi saturi e più o meno insaturi, possono quindi essere non essiccativi (es. olio d'oliva), semi-essiccativi (es. olio di papavero, di girasole), essiccativi (es. olio di lino, di noce).

I valori del numero di iodio sono molto elevati negli oli essiccativi (150-200), medi in quelli semiessiccativi (circa 130), bassi in quelli non essiccativi (80-100).

Gli oli essiccativi si distinguono dagli oli non essiccativi perchè, se esposti all'aria in strato sottile, formano una pellicola prima plastica e poi solida, per assorbimento di ossigeno da parte dei trigliceridi insaturi.

Negli oli essiccativi per pittura sono presenti soprattutto gli acidi linolenico ($C_{17}H_{29}COOH$) e linoleico ($C_{17}H_{31}COOH$), entrambi fortemente insaturi (v. scheda sull'apprezzamento del grado di essiccatività, DIMOS I.2).

L'essiccatività naturale può essere aumentata aggiungendo agli oli piccole quantità di alcuni sali metallici, generalmente nel corso del processo di cottura (piombo, manganese, co-

balto, rame, zinco).

Quantità eccessive di essiccanti provocano ritiri e spaccature della pellicola, macchie di scolorimento, opacizzazione del colore e corrugamenti della superficie.

3.2 Tipi di Oli

L'olio di lino, per la sua alta essiccatività, è stato e continua ad essere il più impiegato in pittura.

L'olio di noci è più chiaro e meno essiccativo dell'olio di lino, e non ingiallisce così rapidamente. Secondo alcuni, l'olio di noci ha un comportamento simile a quello dell'olio di papavero, cioè si essicca bene se viene dato in strato sottile. L'olio di noci può avere un comportamento sia essiccativo che semiessiccativo, a seconda della qualità delle noci da cui viene estratto; il suo numero di iodio varia infatti tra 132 e 152.

Nel manoscritto di Volpato (XVII sec.) viene consigliato di stemperare con l'olio di noci soprattutto la biacca, il "verde eterno", gli azzurri e il nero di carbone. Oltre che da Volpato è citato da Leonardo (+), Vasari, Borghini e Armenini.

(+) Leonardo preparava l'olio di noci mettendo i gherigli sbucciati in acqua pura, e cambiando l'acqua quando si intorbidiva (fino a otto volte). Quando le noci si decomponivano formando una sostanza lattiginosa, il recipiente veniva messo all'aria e l'olio galleggiava in superficie.
"Per cavarlo purissimo e netto prendi stoppini di bambagia che da un capo stiano nell'olio e dall'altro pendano fuori dal piatto ed entrino in una caraffa, due dita sotto la superficie dell'olio che è nel piatto. A poco a poco l'olio filtrandosi per lo stoppino cadrà limpidissimo nella caraffa e la feccia resterà nel piatto. Tutti gli oli in se stessi sono limpidi, ma li altera la maniera di estrarli". (Amoret ti, "Memorie Storiche di Leonardo da Vinci", Milano, 1804, p.149).

L'olio di papavero è semiessiccativo, ed essicca bene solo se dato in strato sottile. Ingiallisce meno dell'olio di lino, e a questo si deve se è stato usato soprattutto per stemperare pigmenti chiari.

L'olio spremuto a freddo (prima spremitura) è di un colore giallo molto chiaro, quello spremuto a caldo (seconda spremitura) è di colore rossastro.

Pare che non sia stato usato come legante pittorico prima del XVII secolo (Olanda).

TAB. 3.2.A PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEGLI OLI DA PITTURA

Olio	Indice di rifr.	n° acido	n° saponif.	n° iodio
lino	1.4786-1.815 (25°C)	1-8	189-190	170-204
noce	1.469-1.471 (40°C)	2.5	189-197	132-152
papavero	1.467-1.470 (40°C)	1-10	189-196	132-140

TAB. 3.2.B OLI DA PITTURA: CONTENUTO IN ACIDI

Olio	acidi saturi(%)	ac. oleico(%)	ac.linoleico(%)	ac.linolenico(%)
lino	6-15	13-29	15-31	44-56
noce	5-11	9-35	48-76	3-16
papavero	8-10	25-30	62-65	---

da: "Solvents, Oils, Resins and Driers", Oil and Colour Chemist's Association, London, 1961.

I valori del numero di acido della Tab. A sono stati estratti da Gettens e Stout.

Bibliografia Essenziale

- 1 De Mayerne T., "Pictoria Sculptoria et quae Subalternarum Artium, 1620", Audin Imprimeurs, Lyon, s.d.
- 2 Eastlake C.L., "Methods and Materials of Painting of the Great Schools and Masters", Dover, New York, 1960.
- 3 Gettens R.J., Stout G.L., "Painting Materials", Dover, New York, 1966.
- 4 Merrifield M.P., "Original Treatises on the Arts of Painting", 2 voll., Dover, New York, 1967.
- 5 "Paint Technology Manuals", vol. II, Solvents, Oils, Resins and Driers, Chapman and Hall, London, 1961.
- 6 Silvestroni P., "Fondamenti di Chimica", Veschi, Roma, 1969.
- 7 Villavecchia-Eigenmann, "Nuovo Dizionario di Merceologia e Chimica Applicata", Hoepli, Milano, 1973-77.

CAP.VI

PIGMENTI

Premessa

Nei seguenti paragrafi tratteremo dei principali pigmenti impiegati nella pittura murale, sia ad affresco che a tempera e ad olio. Per opportuno ampliamento d'informazione si farà anche cenno di alcuni pigmenti il cui impiego su muro risulta occasionale e sporadico (ad es. la lacca rossa "Kermes" e la "lacca di garanza" sugli affreschi romani), ovvero limitato a particolari aree culturali (ad es. i nero-bruni "terra di campane" e "schiuma di ferro").

In prima approssimazione i pigmenti possono essere distinti in base alla loro origine - naturale o artificiale - e in base alla loro composizione chimica - organica o inorganica. Facendo riferimento all'origine, essi possono essere ulteriormente distinti in base a tre principali tecniche di produzione:

- a) macinazione di minerali (es. azzurrite);

- b) cottura o calcinazione di sostanze animali o vegetali (es. neri di carbone);
- c) processi chimici (es. biacca).

A differenza dei pigmenti le lacche, a cui abbiamo precedentemente accennato, sono tinture organiche il cui principio colorante si estrae per cottura di sostanze di origine animale o vegetale, e deve essere fissato e fatto precipitare per reazione con una base inorganica (ossido o idrato metallico; particolarmente trasparenti le lacche fissate su idrato di alluminio).

Le prestazioni di ciascun pigmento possono essere definite in base a tre principali parametri:

- i. incompatibilità e alterazioni;
- ii. potere coprente;
- iii. potere d'assorbimento d'olio.

i. Incompatibilità e alterazioni.

Non tutti i pigmenti possono essere impiegati indifferentemente nelle varie tecniche di pittura.

Il blu di Prussia è ad esempio incompatibile con la tecnica ad affresco, in quanto non sopporta l'alcalinità della calce. Più spesso, pur in assenza di interazioni negative tra pigmento e legante, si dà il caso di pigmenti non sufficientemente stabili se non inglobati nel legante adatto. Così ad esempio l'azzurrite, il cinabro e la biacca, se usati ad affresco, cioè inglobati in una matrice molto porosa come il carbonato di calcio, risultano insufficientemente protetti da vari fattori di deterioramento (luce, umidità, composti inquinanti, interazioni chimiche

con altri pigmenti).

In generale, tutte le lacche nonché i pigmenti a base di piombo, rame e zolfo risultano adeguatamente protetti solo dai leganti proteici e ancora più dall'olio. Altrettanto può dirsi nei riguardi delle interazioni negative tra pigmenti a base di piombo e rame, da una parte, e pigmenti a base di zolfo dall'altra.

I seguenti pigmenti sono invece del tutto compatibili con la tecnica ad affresco: bianco Sangiovanni; ocre naturali e bruciate, terra d'ombra; terra verde; blu egiziano; smalto; nero d'avorio e d'ossa.

ii. Potere coprente.

Il potere coprente di un pigmento si definisce come la capacità del sistema pigmento-legante di formare una barriera opaca alla penetrazione della luce. In altre parole: è più coprente di un altro il pigmento che, a parità di spessore e di dispersione nel legante, lascia meno trasparire il fondo o substrato. Il potere coprente è in relazione alla finezza dei granelli che costituiscono il pigmento e al loro indice di rifrazione (+). Quanto più alto è quest'ul

(+) L'indice di rifrazione è il rapporto tra la velocità della luce nel primo mezzo: l'aria, e la velocità della luce nel secondo mezzo: il pigmento. Le sostanze monorifrangenti hanno un solo indice di rifrazione; nelle sostanze birifrangenti la luce si scinde in due raggi con velocità diverse.

timo, tanto maggiore è il potere coprente, ad esempio: la biacca ha un alto indice di rifrazione (1.94, 2.09), e quindi un elevato potere coprente. Ovviamente va tenuto conto anche dell'indice di rifrazione del legante. Se questo è molto vicino a quello del pigmento il potere coprente è scarso. Ad esempio pigmenti con basso indice di rifrazione, come il lapislazzuli (1.50) e lo smalto (1.49-1.52), hanno scarso potere coprente con un legante come l'olio, che ha un indice di rifrazione altrettanto basso (1.48).

iii. Potere di assorbimento d'olio.

Viene definito come la quantità di legante oleoso necessario a bagnare ciascuna particella di pigmento e a convertire la massa polveriforme in una pasta fluida.

Viene espresso in grammi d'olio necessari ad impastare 100 grammi di pigmento. Tale parametro varia leggermente da una partita all'altra di pigmento, con il tipo e le condizioni dell'olio usato, e con il tempo impiegato a preparare l'impasto.

In generale i pigmenti con un alto peso specifico hanno un potere d'assorbimento d'olio più basso (es. bianco di piombo: p.s. = 6,70, potere d'assorbimento d'olio = 9 - 12%; terra di Siena naturale: p.s. = 3,14, potere d'assorbimento d'olio = 50%).

Naturalmente i pigmenti con un basso potere di assorbimento d'olio sono meno soggetti, invecchiando, alle alterazioni ottiche dovute all'ingiallimento del legante.

1 Azzurri

1.1 Azzurrite

$2 \text{ CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ carbonato basico di rame. Altri nomi: Lapis Armenum; Caeruleum Cyprum; Azzurro di Alemagna o della Magna; Azzurro di montagna; Azzurro tedesco o teutonico; Azzurro di Spagna.

Pigmento noto e pregiato fin dall'antichità sia in Oriente che in Occidente. Molto diffuso nel Medioevo e fin verso la metà del '600, quando con l'invasione turca dell'Ungheria s'interrompe la principale forma d'approvvigionamento (altre minori fonti: Germania, Francia, Italia, Spagna e America Latina).

Si ha notizia di frodi commerciali operate aumentando il peso del prodotto con aggiunta di sabbia.

Minerale, in natura spesso associato alla malachite (v. verdi).

In ambiente umido si trasforma in malachite; annerisce se posto in contatto con lo zolfo o con i suoi composti, coi quali forma solfato di rame (CuS), ovvero se portato ad alta temperatura, o se immerso in soluzioni alcaline calde.

Solubile in acidi anche deboli (es. acido acetico). Ha indice di rifrazione e potere coprente di valore medio.

Numerose le varianti dei metodi di preparazione indicati dalle fonti. Ridotto in polvere per macinazione, il minerale veniva liberato dalle impurità mediante ripetute

ti lavaggi con una soluzione lisciviata, cioè alcalina (in generale cenere di legna o d'ossa bollita in acqua).

Impastato con miele e nuovamente macinato su pietra dura, subiva ulteriori lavaggi con soluzione alcalina e veniva quindi immerso per qualche giorno in aceto e sale. (+)

Per separare i granelli più grandi dai fini si faceva quindi decantare il pigmento nella solita soluzione lisciviata calda, con aggiunta di raschiatura di sapone. I granelli più fini galleggiavano con la schiuma e venivano raccolti insieme a questa; i più grandi si depositavano sul fondo del recipiente.

Per ravvivarne il colore, il pigmento veniva da ultimo immerso per una notte in una miscela di orina bollita, gomma arabica e essenza profumata ("Manoscritto Bolognese", in Merrifield, II, pp. 368-69).

1.2 Lapislazzuli

$3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$ silico alluminato di Sodio. Altri nomi: *Caeruleum Scyticum*; *Oltremare naturale*.

Nell'antichità è impiegato un po' ovunque come pietra semipreziosa, più raramente come pigmento. Tale secondo impiego si diffonde nel Medioevo a partire da Bisanzio, e diviene particolarmente intenso nel

(+) probabilmente per neutralizzare i residui alcalini e sciogliere gli eventuali carbonati (aceto), riducendo contemporaneamente la solubilità del pigmento nell'aceto (sale).

'3 - '400 in Italia, dove le maggiori quantità di minerale giungevano dall'Afganistan via Venezia.

Dato l'alto costo, il suo eventuale impiego veniva espressamente pattuito nei contratti tra committenti e pittori. Per garantirsi dalle frequenti sofisticazioni, specie con azzurrite, il pigmento veniva reso incandescente: se anne-riva si trattava di azzurrite.

Minerale semiprezioso, composto di lazulite ($\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{22-24}\text{S}_{2-4}$), pirite di ferro e calcite (CaCO_3). La pirite gli conferisce delle screziature lucenti e dorate, la calcite delle sfumature grigio-chiare.

Stabile alla luce, al calore e agli alcali; in acidi, anche se deboli e diluiti, perde colore e libera idrogeno solforato. Appunto all'acidità del legante o delle vernici si devono le alterazioni che, sotto forma di macchie grigio-azzurre, sono spesso rilevabili su antichi dipinti in cui è stato fatto uso di tale pigmento.

Dopo la macinazione, il pigmento assume una colorazione prevalentemente grigiastra, dovuta alla presenza della calcite e della pirite. Dalle antiche fonti vengono perciò raccomandati vari trattamenti per separare dalla massa i granelli di più intensa colorazione blu. Cennino (Cap. LXII) prescrive di macinare la pietra in un mortaio di bronzo coperto (ad evitare dispersione di polvere), e nota che i granelli di colorazione meno

intensa sono quelli più finemente triturati dalla macinazione. Il pigmento deve essere quindi impastato, con le mani unte di olio di lino, assieme a una miscela di acqua ragia, resina, mastice e cera, precedentemente cotte e filtrate (pastello).

Dopo qualche giorno, l'impasto viene immerso e disciolto in una scodella contenente una soluzione calda lisciviata. I granelli più grossi e quindi di più intensa colorazione blu si depositano per primi sul fondo e vengono quindi separati da quelli più chiari. Per successivi passaggi di questi ultimi in nuovi bagni di soluzione alcalina, si ottengono ulteriori quantità di pigmento via via più chiaro. Non mancano ricette per rinforzare il tono di tali residui meno pregiati (ceneri d'oltremare); ad es. il "Manoscritto Bolognese" consiglia un trattamento a base di una lacca di color rosso scuro ("legno del Brasile") unita ad allume.

Soggetto a schiarire con la calce, e del resto troppo costoso per un impiego su larga scala, il lapislazzuli risulta assai raramente presente in pitture murali, se non per piccole finiture a tempera e comunque quasi sempre associato ad azzurrite. Per il suo indice di rifrazione assai vicino a quello dell'olio non si presta ad essere stemperato in tale legante.

1.3 Blu Egiziano

$\text{CaO} \cdot \text{CuO} \cdot 4\text{SiO}_2$ silicato di rame e calcio.

Altri nomi: Fritta d'Alessandria: Blu pompeiano. E' stato usato nella pittura murale antica, in Oriente e in Occidente, fino all'Alto Medioevo quando, nell'VIII secolo, se ne perse il procedimento di fabbricazione.

Veniva preparato riscaldando insieme silice, un composto di rame (probabilmente malachite), carbonato di calcio e carbonato di sodio.

E' un pigmento inorganico artificiale, stabile alla luce, al calore e agli alcali.

1.4 Smalto

SiO_2 , K_2O , Al_2O_3 , CoO : vetro colorato al cobalto. Altri nomi: azzurro di smalto, smaltino. Conosciuto in Oriente almeno dall'XI-XII secolo; in Europa, miniere di cobaltite (CoAsS) e smaltite (CoAs_2) furono scoperte in Sassonia e in Boemia verso la metà del XV secolo. Inizialmente è stato usato per gli impasti vitrei in Boemia e a Venezia. Si è diffuso come pigmento a partire dal '500 in tutta l'Europa del Nord e a Venezia. Nell'800 è stato sostituito dal blu di cobalto.

Il minerale di partenza veniva scaldato fino a formare un ossido, mescolato con la silice e venduto con il nome di saffre o saffer ai fabbricanti di vetro, che lo fondevano con la potassa ottenendo il vetro colorato conosciuto come smalto. Per ottenere il pigmento il vetro veniva macinato e lavato.

E' un pigmento inorganico artificiale composto di SiO_2 per il 65-70%; K_2O per il 10-20%; As_2O_3 per lo 0-8%; CoO per l'1-18%; con ossidi vari di Ca, Ba, Mg, Na, Fe, Cu, Al.

E' stabile alla luce, al calore e agli agenti chimici. E' poco coprente ad olio, per la vicinanza dei rispettivi indici di rifrazione.

1.5 Azzurri Artificiali a Base di Rame

Es.: Blu bice, Blu verditer $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$

Le fonti riportano numerose ricette di azzurri preparati artificialmente con composti di rame, ammoniaca e calce, sfruttando la proprietà del rame e dell'ammoniaca di combinarsi formando dei composti blu.

Usati in luogo dell'azzurrite e del lapislazzuli per risparmiare, tendono a ridiventare verdi per perdita progressiva dell'ammoniaca.

Secondo Thompson sono stati usati nelle volte della Basilica superiore di Assisi, dove la loro trasformazione e non quella dell'azzurrite in malachite avrebbe determinato le alterazioni cromatiche oggi visibili.

1.6 Indaco

Colorante organico di origine vegetale, ricava-

to da diverse piante del genere indigofera, tra cui l' "Indigofera Tinctoria" (probabilmente di origine indiana), e l' "Isatis Satiwa" (coltivata in Europa).

Usato insieme al bianco Sangiovanni o alla biacca (ad olio) per ottenere un colore simile all'azzurrite o al lapislazzuli.

Instabile alla luce se non inglobato in leganti proteici o oleosi; stabile agli acidi non ossidanti e alle basi diluite. Si decompone in acido nitrico ed è solubile in cloroformio e in acido acetico.

1.7 Blu di Prussia

$\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$ ferrocianuro ferrico.

Altri nomi: Blu di Berlino, di Parigi, di Anversa, di Sassonia; Blu cinese.

D'invenzione moderna, entra in uso dalla fine del '700.

Scoperto casualmente a Berlino verso il 1704. Un olio animale usato a scopo medicinale fu erroneamente distillato su della potassa che, a sua volta, venne riutilizzata per la preparazione di una lacca rossa. Naturalmente la lacca in questione apparve insolitamente pallida; nel tentativo di concentrarla per rafforzarne il tono, assunse dapprima una colorazione porpora, poi blu

scura.

Pigmento poco coprente, instabile alla luce e agli alcali diluiti; non può perciò essere adoperato nell'af
fresco.

1.8 Oltremare Artificiale

$\text{Na}_{8-10}\text{Al}_6\text{Si}_6\text{O}_{22-24}\text{S}_{2-4}$ silico alluminato di so
dio.

Altri nomi: Oltremarino francese, Azzurro di Gui
met.

Fabbricato per la prima volta (1826) dal france-
se Guimet.

Per prepararlo si calcinano separatamente due misce-
le: una di silice, soda caustica ed allumina, e l'altra
di zolfo e carbonato di sodio. Si forma quindi un'uni-
ca miscela e la si calcina nuovamente. Il pigmento co-
sì ottenuto deve essere lavato per eliminare l'eccesso
di solfato di sodio.

E' chimicamente e fisicamente simile all'oltremare
naturale (lapislazzuli), ma non contiene calcite e piri
te.

Stabile alla luce, al calore e agli alcali; si decompone
in presenza di acidi deboli, anche diluiti.

Se non è perfettamente purificato può contenere zol-
fo libero, che provoca l'annerimento dei pigmenti a ba-
se di rame e di piombo.

1.9 Blu di Cobalto

$\text{CoO} \cdot n\text{Al}_2\text{O}_3$ alluminato di Cobalto.

Altri nomi: Blu di Thénard.

Fabbricato per la prima volta in Francia nel
1802.

Si ottiene combinando arseniato o fosfato di cobalto
con allumina mediante calcinazione. Inizialmente era un
arseniato, oggi è un alluminato di cobalto.

Stabile alla luce, agli acidi, agli alcali e al calo
re; ha un medio potere coprente e può essere usato in tut
te le tecniche.

2 Bianchi

2.1 Bianco Sangioanni

CaCO_3 carbonato di calcio

Altri nomi: Bianco di calce (+)

E' un pigmento naturale inorganico che si ottiene per carbonatazione della calce idrata.

E' stato molto adoperato in Italia nella pittura ad affresco.

Per prepararlo la calce veniva tenuta a bagno per otto giorni mescolando e cambiando l'acqua ogni giorno, fino a quando questa non diventava chiara.

Si impastavano dei panetti che si lasciavano essiccare al sole per lungo tempo.

Per migliorare la qualità del pigmento i panetti secchi venivano rimacinati con acqua, ricostituiti e fatti nuovamente seccare.

Pigmento stabile alla luce e all'umidità; si scioglie in acidi (anche diluiti), con effervescenza; calcinato diventa ossido di calcio. Ha scarso potere coprente.

(+) Altri pigmenti bianchi a base di carbonato di calcio usati sporadicamente: crete bianche, gusci d'uova, ossa calcinate e polvere di marmo, quest'ultima più che altro per migliorare la lucentezza dell'intonachino nella pittura murale romana.

2.2 Biacca

$2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb(OH)}_2$ carbonato basico di piombo.

Altri nomi: Bianco di piombo, Bianco d'argento, Cerussa.

Si trova in natura come minerale - cerussite -, ma è stata da sempre ricavata artificialmente dal piombo. L'uso del pigmento, molto antico e molto diffuso sia in Oriente che in Occidente, si fa sempre più infrequente a partire dall' '800.

Si prepara tradizionalmente esponendo per circa un mese lastre di piombo ai vapori di aceto, contenuto in recipienti di terracotta immersi nel letame.

L'anidride carbonica (CO_2) liberata dalla fermentazione si fissa sul piombo acetato, che così forma in superficie una crosta bianca.

La crosta veniva asportata meccanicamente, lavata per eliminare gli acidi liberi e i sali solubili, e infine macinata.

Le lastre erano in genere riutilizzate fino a trasformazione completa.

La lavorazione del pigmento era molto pericolosa, trattandosi di una sostanza velenosa che si accumula nell'organismo e provoca intossicazioni spesso mortali.

Ad affresco annerisce per cause non ancora chiarite, probabilmente per trasformazione in biossido di piombo (PbO_2), sotto l'azione combinata dell'umidità, della lu-

ce, e di microrganismi; oppure per trasformazione in solfuro di piombo (PbS), dovuta a reazione con solfuri (pigmenti a base di solfuri, vapori di acido solfidrico).

Ad olio, soprattutto su dipinti mobili, è invece piuttosto stabile.

Solubile in acidi organici diluiti con effervescenza (sviluppa CO_2).

Calcinato diventa prima giallo (Massicot-Litargirio), poi rosso (Minio).

Ha un alto indice di rifrazione e quindi un ottimo potere coprente.

2.3 Bianco di Titanio

TiO_2 biossido di Titanio

Entrato in commercio verso il 1916 è oggi molto diffuso.

Si ottiene dall'ilmenite, un minerale di ferro e titanio, per estrazione del titanio e sua successiva neutralizzazione e calcinazione. Viene spesso prodotto con una base di bario, che riduce il suo potere di assorbimento di olio.

Pigmento stabile, con alto indice di rifrazione e quindi ottimo potere coprente.

2.4 Bianco di Zinco

ZnO ossido di zinco

Altri nomi: Bianco cinese.

Introdotta nel 1834 da Winsor e Newton nello acquerello con il nome di bianco cinese; dal 1850 si è diffuso nella pittura ad olio, soppiantando quasi del tutto il bianco di piombo.

Pigmento inorganico artificiale, generalmente ottenuto per ossidazione, ad alte temperature, dei vapori di zinco fuso.

Non è velenoso; piuttosto stabile; solubile in alcali diluiti.

Ha un indice di rifrazione alto e quindi ottimo potere coprente.

3 Bruni

3.1 Terra d'Ombra Naturale

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, Si e Al idrossido di ferro, biossido di manganese, silicio e alluminio.

Pigmento inorganico naturale conosciuto fin dai tempi più antichi, ma divenuto d'uso corrente a partire dal '400.

La materia prima veniva sottoposta agli usuali processi di macinazione e lavaggio. Impiegabile in tutte le tecniche; è generalmente stabile alla luce e agli agenti chimici, può essere instabile se contiene impurità: acidi umici.

Ad olio essicca molto rapidamente per il suo contenuto di manganese (8-10%); ha un alto potere di assorbimento d'olio e quindi col tempo tende a scurire.

Se calcinata dà la Terra d'ombra bruciata: il calore modifica l'idrato di ferro in ossido di ferro (rosso). Il pigmento calcinato ha le stesse proprietà di quello naturale.

3.2 Asfalto

Miscuglio naturale di idrocarburi.

Altri nomi: Bitume giudaico, Bruno di Spalto; Bruno d'Anversa.

Conosciuto dagli Egiziani, ma entrato in uso come pigmento dal '400 e impiegato quasi esclusivamente ad olio; molto diffuso nel '700.

Secondo il metodo descritto dal de Mayerne, l'asfalto in pezzi, quanto più possibile scuro e friabile, deve essere macinato e portato ad ebollizione con un olio essiccativo (precedentemente cotto con litargirio).

Non stabile alla luce, è solubile in trementina, in solvente nafta e nei leganti oleosi. Questi ultimi rallentano grandemente l'evaporazione degli idrocarburi volatili contenuti nell'asfalto, facendo sì che le pellicole pittoriche costituite da tale colore subiscono di solito notevoli deformazioni e restringimenti durante il lungo processo d'essiccamento.

4 Gialli

4.1 Ocre Gialle

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ ossidi di ferro idrati (es. Terra di Siena Naturale).

Le ocre naturali, usate fin dai tempi più antichi, hanno tonalità che, a seconda del luogo di provenienza, possono essere chiare o scure e variare dal verde al rosa.

Il processo di estrazione e di lavorazione del materiale è troppo semplice perché se ne trovino notizie dettagliate nelle fonti (+).

Si tratta di pigmenti naturali inorganici: ossidi di ferro più o meno idrati (soprattutto limonite $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), mescolati a silicati, argille ed altre sostanze, a seconda del terreno di provenienza.

Nelle ocre di buona qualità gli ossidi di ferro costituiscono circa un terzo del totale.

Sono pigmenti stabili in tutte le tecniche, ma per il loro alto potere di assorbimento d'olio possono col tempo scurirsi se impiegati ad olio.

(+) Cennini, nel capito XLV, dice che l'ocra gialla si trova in "terra di montagna", in vene "come di zolfo", insieme alla sinopia, alla terra verde e ad altri pigmenti.

Suo padre Andrea un giorno lo portò in una grotta di Colle Valdelsa, e lì, raschiando il terreno con una zappa, vide diverse vene di colori: ocra, sinopia scura e chiara, azzurro, bianco e nero.

Calcinati a temperature molto elevate diventano rossi per disidratazione (terre bruciate).

4.2 Giallo di Piombo e di Stagno

$2\text{PbO} - \text{SnO}_2$ ossidi di piombo e di stagno.

Altri nomi: Giallorino, Zallolino, Gialloli no.

Si tratta di due diversi pigmenti, il primo: $2\text{PbO} \cdot \text{SnO}_2$ è stato identificato da Kühn in numerosi dipinti dal XIV al XVIII secolo; il secondo di composizione non ben definita (probabilmente $\text{PbSn}_2\text{SiO}_7$), è stato identificato in dipinti veneziani e boemi.

Secondo Kühn, il "giallorino", che Cennini annovera tra i pigmenti adatti per l'affresco (cap. LXXII), sarebbe un giallo di piombo e di stagno.

Secondo una ricetta del "Manoscritto Bolognese" (Merrifield, II vol, pag. 529) per la preparazione dello "zallolino" erano necessari stagno e piombo calcinati, vetro "da patrenostri", minio e sabbia, il tutto macinato sottile e messo in fornace.

A seconda della temperatura di cottura, assume tonalità che variano dal giallo rossiccio al giallo limone.

Pigmento stabile con elevato potere coprente.

4.3 Massicot e Litargirio

PbO ossido di piombo.

Il massicot usato fin dall'antichità classica, è stato spesso confuso con il giallo di piombo e stagno.

Il massicot si ottiene per riscaldamento a 300°C della biacca.

Il litargirio, usato soprattutto come essiccante nella pittura ad olio, si ottiene per ulteriore riscaldamento del massicot a 400°C.

Mentre il massicot ha una colorazione gialla intensa, il litargirio tende all'arancione per la presenza di particelle di minio.

Solubili ambedue in acido nitrico e acetico; anneriscono a contatto con i solfuri; il litargirio riscaldato a 480°C si trasforma in rosso (minio).

Come tutti i pigmenti a base di piombo sono più stabili in legante oleoso.

4.4. Giallo di Cadmio

CdS solfuro di Cadmio.

Pigmento artificiale inorganico scoperto nel 1817 ed entrato in commercio verso il 1846.

Si prepara facendo precipitare una soluzione acida di un sale solubile di cadmio (cloruro o solfuro) con idrogeno solforato o con un solfuro alcalino.

A seconda delle condizioni di precipitazione, la tonalità del solfuro di cadmio va dal giallo limone all'arancione.

E' permanente in tutte le tecniche e stabile alla luce. Ha un alto indice di rifrazione e quindi ottimo potere coprente.

4.5 Giallo di Marte

$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ossido idrato di ferro e alluminio.

E' praticamente un'ocra artificiale, entrata in uso verso la metà dell' '800.

Si ottiene facendo precipitare una miscela di un sale solubile di ferro (solfato ferroso) e di un sale di alluminio (solfato di alluminio), con una sostanza alcalina (calce o potassa).

Stabile alla luce e agli agenti chimici; riscaldato a temperatura elevata diventa rosso per disidratazione (Rosso di Marte).

5 Neri

I neri usati più comunemente e fin dai tempi più antichi sono i neri di carbone, quelli ottenuti cioè bruciando ossa, avorio, oli naturali, legno, carte, noccioli di frutta ed altri materiali organici.

I residui della calcinazione venivano generalmente macinati e lavati per eliminare le impurità (minerali, residui catramosi) e fatti asciugare. Sono pigmenti molto stabili alla luce e agli agenti chimici, generalmente hanno un medio potere coprente.

In olio essiccano lentamente; venivano perciò adoperati con essiccanti (generalmente terra d'ombra). I neri con particelle di carbone molto fini (es. nero lampada, nero fumo) venivano generalmente adoperati a secco, non potendo essere facilmente applicati ad affresco. Si dividono in:

neri animali: nero d'avorio e nero d'ossa;
neri di fumo: nero di lampada e nero fumo;
neri vegetali: nero di carta e nero di vite.

5.1 Nero d'Avorio e Nero d'Ossa

Anticamente il nero d'avorio si otteneva per calcinazione di frammenti di avorio in recipienti chiusi.

Oggi viene chiamato nero d'avorio il pigmento che si ottiene dalle ossa animali bollite (per sgrassarle) e calcinate in recipienti chiusi.

Questi neri contengono una piccola percentuale di carbonato di calcio (circa il 6%) che ne migliora le proprietà d'uso e li rende più scuri di quelli vegetali; per cir

ca il 10% carbone, e per l'84% fosfato di calcio.

5.2 Nero di Lampada e Nero Fumo

Nel Medioevo il nero di lampada veniva preparato avvicinando la fiamma di una candela o di una lampada che bruciava olio (di lino, di canapa, d'oliva, ecc.) ad una superficie fredda. Il deposito di fuliggine che si formava veniva raccolto e utilizzato. Alcuni autori suggeriscono di bruciarlo prima di adoperarlo, per eliminare il grasso.

Il nero fumo veniva raccolto da cappe di camini.

Questi neri, conosciuti fin dall'antichità sono molto sottili e non hanno bisogno di essere ulteriormente macinati. Contengono circa il 99% di carbone.

5.3 Nero di Carta e Nero di Vite

Il primo si otteneva bruciando la carta dei "libretti" contenenti l'oro in fogli ("Manoscritto Padovano", in Merrifield, II vol., pag. 705); il secondo dalla calcinazione di ramoscelli di vite.

Le ceneri venivano fatte cadere nell'acqua e stemperate con colla di pergamena.

6 Rossi

6.1 Ocre Rosse

Sotto questa denominazione merceologica si elencano i seguenti tipi di pigmento: Terra di Pozzuoli; Sanguigna; Sinopia; Rubrica; Morellone; Caput mortum; Terra di Siena bruciata (v. anche Ocre gialle).

Sono ossidi di ferro contenenti silicati e varie altre sostanze.

Si tratta di pigmenti molto stabili, conosciuti ed usati fin dall'antichità.

6.2 Cinabro

HgS solfuro di mercurio rosso.

Altri nomi: Vermiglione, Minio (Plinio).

E' un solfuro di mercurio rosso che si trova in natura come minerale.

Conosciuto sia in Oriente che in Occidente fin dai tempi antichi.

E' stato prodotto artificialmente fin dall'VIII secolo.

Il più antico metodo di produzione, che dalle fonti risulta soggetto a numerose varianti, consisteva nell'amalgamare zolfo e mercurio in un'ampolla rivestita internamente da una sorta di intonaco composto di chiara d'uovo

e raschiatura di ferro ("luto de sapientia").

Dopo un primo riscaldamento a fuoco lento, il recipiente veniva tappato e portato a più alta temperatura fin quando il collo non diventava rosso (+).

Si levava dal fuoco e si lasciava raffreddare ("Manoscritto Bolognese", Merrifield, II vol., pag. 479).

Il pigmento veniva poi raccolto, lavato in una soluzione lisciviata per eliminare lo zolfo libero, quindi lavato nuovamente in acqua e macinato sottile.

Il procedimento di preparazione era laborioso e dispendioso, non fosse altro perchè molto spesso non c'era modo di recuperare il pigmento se non rompendo gli speciali recipienti. Perciò Cennini consiglia di comprare il vermiglione dagli speziali, ma in pezzi e non macinato, per garantirsi dalle frequenti adulterazioni con polvere di mattone e minio (++).

Un altro metodo di preparazione conosciuto dal '600 consisteva nell'unione dello zolfo e del mercurio in acqua, cui veniva poi aggiunta potassa caustica.

(+) Il materiale di partenza, il solfuro di mercurio nero, diventava rosso per effetto del calore (modificazione fisica). Le particelle sublimavano e si condensavano sulle pareti del collo.

(++) In un testo inglese del '700 (R. Dossie, "The Handmaid to the Arts", 2 vol. London 1758; 2nd ed. 1764) vengono descritti due metodi per determinare le eventuali adulterazioni del vermiglione. Il più semplice è di tipo ottico: il colore non doveva presentarsi troppo aranciato. Per determinare la quantità di piombo (minio) presente, il pigmento si riscaldava mescolato a polvere di carbone; dopo un po' il piombo si depositava sul fondo. Confrontando il peso del pigmento prima e dopo il trattamento si aveva una idea dell'entità dell'adulterazione.

Sia il pigmento naturale che quello artificiale sono stabili agli agenti chimici (non all'"acqua regia": 1 p. di acido nitrico + 3 di acido cloridrico).

La luce, l'umidità e le impurezze a base di zolfo ne favoriscono la trasformazione in solfuro di mercurio nero (metacinnabarite). Questa trasformazione fisica viene ritardata dalla presenza di strati protettivi, (vernici, cera), o dall'inglobamento in legante oleoso.

Cennini lo definisce più adatto alla pittura su tavola che a quella su muro: "la natura sua non è di vedere l'aria".

Sebbene anche Vitruvio avesse espresso la stessa opinione, il cinabro è stato molto adoperato nella pittura murale romana, spesso per altro mantenendosi abbastanza inalterato grazie alla pratica manutentiva di encausticare con cera le superfici dipinte.

Può provocare l'alterazione dei pigmenti a base di rame e di piombo.

Ha alto indice di rifrazione e quindi buon potere coprente.

6.3 Minio

Pb_3O_4 tetrossido di piombo.

Altri nomi: Secundarium minium, Rosso di piombo.

Conosciuto fin dall'antichità sia in Oriente che in Occidente.

Ottenibile per riscaldamento del litargirio o della biacca ad una temperatura di $480^\circ C$ per alcune ore. Se la temperatura si alza oltre i valo

ri prescritti, il rosso ridiventa giallo (litargirio) perchè la reazione è reversibile.

Pigmento non stabile, viene decomposto dagli acidi e annerisce in presenza di solfuri e di una luce forte. Resiste agli alcali diluiti.

In olio, soprattutto se esposto all'aperto, può diventare rosa o bianco per formazione di carbonato di piombo (biacca).

Ha alto indice di rifrazione e quindi buon potere coprente.

6.4 Rosso di Cadmio

$CdS(Se)$ solfoseleniuro di Cadmio.

Entrato in uso verso il 1910 ha rimpiazzato sul mercato il meno stabile vermiglione.

Si prepara facendo precipitare il solfato di cadmio con solfuro di sodio e selenio.

Variando le proporzioni di zolfo e selenio e le condizioni di precipitazione, si ottengono diverse graduazioni che vanno dal vermiglione al marrone scuro.

È stabile alla luce e agli agenti chimici. Ha un indice di rifrazione molto alto e quindi ottimo potere coprente.

7 Verdi

7.1 Malachite

$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu(OH)}_2$ Carbonato basico di rame.

Altri nomi: Verde di montagna, Verde-azzurro, Verde tedesco.

Usato in Oriente e in Occidente fino all'800; impiegato soprattutto a tempera.

E' un pigmento inorganico generalmente naturale; il minerale da cui si ricava si trova spesso associato all'azzurrite e alla crisocolla ($\text{CuSiO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), altro minerale di rame con cui è stato spesso confuso.

Secondo Cennini, che lo chiama verde-azzurro, si ottiene dall'azzurrite, non deve essere macinato troppo sottile e diventa più brillante se viene lavato due o tre volte in acqua limpida.

Si altera in presenza di acidi diluiti, alcali caldi, ammoniaca e solfuri.

Annerisce per riscaldamento; è stabile alla luce.

7.2 Terra Verde

Silicati idrati di ferro, magnesio, alluminio e potassio.

Altri nomi: Terra di Verona.

Usato fin dall'antichità, particolarmente ad affresco.

Pigmento inorganico naturale composto di due minerali: la glauconite e la celadonite.

E' stabile alla luce e agli agenti chimici; calcinato assume una colorazione rosso-bruna (Terra verde bruciata).

7.3 Verdigris

$\text{Cu(CH}_3\text{COO)}_2 \cdot \text{Cu(OH)}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ acetato basico di rame.

Altri nomi: Aerugo, Verderame, Verde di Montpelier, Verde di Grecia.

Pigmento artificiale conosciuto fin dall'antichità ed usato soprattutto dal '400 all'800, sia a tempera che ad olio.

A prescindere dalle numerose varianti attestate dalle fonti, metodo di base per la preparazione del pigmento era la prolungata esposizione di lastre di rame ai vapori di aceto provenienti da vasi di terracotta per metà immersi in letame o in mosto ("Manoscritto Bolognese", Merrifield, II vol, pag. 419). Il prodotto della corrosione del rame veniva asportato meccanicamente, lavato con acqua, asciugato e macinato.

La basicità del pigmento e le sue tonalità variano a seconda della purezza del materiale di partenza e del metodo di preparazione.

Velenoso e instabile alla luce e al calore, è solubile in acidi e, leggermente, in acqua. Si altera in presenza di alcali, anche diluiti e di solfuri. A causa di questa instabilità si trova spesso trasformato in bruno nerastro.

Ha indice di rifrazione basso e quindi scarso potere coprente.

7.4 Ossido di Cromo

Ottenibile in due forme: opaco Cr_2O_3 e tra-
sparente $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$.

Altri nomi: Viridian, Verde smeraldo, Verde di Guignet.

Pigmento inorganico artificiale entrato in uso verso la metà dell' '800 (il cromo è sta-
to isolato nel 1793).

Si tratta, nella prima forma, di un ossido di cromo a-
nidro ottenuto generalmente calcinando una miscela di bi-
carbonato di potassio con acido borico o zolfo; nella se-
conda, di cromo idrato ottenuto per reazione tra un carbo-
nato alcalino e acido borico in eccesso. A reazione avve-
nuta il prodotto viene idratato in acqua fredda, decanta-
to, macinato, lavato per eliminarne le impurità solubili ed

asciugato.

Il calore trasforma il primo nel secondo per disidrata-
zione.

Pigmenti stabili alla luce e agli agenti chimici.

7.5 Verde di Cobalto

$\text{CoO} \cdot n\text{ZnO}$ Ossido di cobalto e zinco.

Altri nomi: Verde di Zinco, Verde di Rinmann.

Pigmento inorganico artificiale scoperto da
Rinmann alla fine del '700 ed entrato in uso
nel tardo '800.

Si prepara aggiungendo ad un impasto di ossido di zin-
co ed acqua una soluzione di un sale di cobalto; la so-
stanza così ottenuta viene asciugata, calcinata e maci-
nata.

Stabile alla luce, al calore moderato e agli agenti
chimici (non agli acidi concentrati). Ha un elevato pote-
re coprente.

7.6 Verde Smeraldo

$\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{AsO}_2)_2$ aceto arsenito di rame.

Altri nomi: Verde di Schweinfurt, Verde Veronese, Verde di Parigi.

Pigmento inorganico artificiale, fabbricato per la prima volta a Schweinfurt (Germania) nel 1814.

Si prepara riscaldando e facendo precipitare una miscela di rame, acido acetico, arsenico bianco e carbonato di sodio. Il prodotto della reazione viene lavato e asciugato.

E' velenoso; viene decomposto dagli acidi e dagli alcali caldi; annerisce per riscaldamento e in presenza di solfuri.

Ha un medio potere coprente.

MGCA

TAB. I - AZZURRI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Azzurrite</u> $2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	buona	cattiva	riscaldato annerisce	instabile agli alcali caldi, agli acidi e ai solfuri	3.80	medio
<u>Lapislazzuli</u> $3\text{Na}_2\text{O} \cdot 3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot$ $6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{Na}_2\text{S}$	buona	buona	buona	instabile agli acidi	2.4	scarso
<u>Blu Egiziano</u> $\text{CaO} \cdot \text{CuO} \cdot 4\text{SiO}_2$	buona	buona	buona	buona	-	medio
<u>Smalto</u> $\text{SiO}_2, \text{K}_2\text{O},$ $\text{Al}_2\text{O}_3, \text{CoO}$	buona	buona	ad alte tem- perature fonde	buona	-	scarso
<u>Indaco</u>	mediocre	-	volatilizza a 300°C	instabile ad alcuni acidi e alle basi forti	-	-
<u>Blu di Prussia</u> $\text{Fe}_4(\text{Fe}(\text{CN})_6)_3$	cattiva	-	per calcina- zione diven- ta rosso	instabile agli alcali	1.83	scarso
<u>Oltremare Arti- ficiale</u> $\text{Na}_8-10\text{Al}_6\text{Si}_6$ $\text{O}_{22-24}\text{S}_{2-4}$	buona	buona	buona	instabile agli acidi	2.34	scarso
<u>Blu di Cobalto</u> $\text{CoO} \cdot \text{nAl}_2\text{O}_3$	buona	buona	buona	buona	3.83	medio
<u>Blu Ceruleo</u> $\text{CoO} \cdot \text{nSnO}_2$	buona	buona	buona	buona	-	buono

TAB. II - BIANCHI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Bianco Sangio- vanni</u> CaCO_3	buona	buona	diventa ossi- do di calcio (calce) per calcina- zione	si scioglie in acidi	2.70	scarso
<u>Biacca</u> $2\text{PbCO}_3 \cdot \text{Pb}(\text{OH})_2$	-	cattiva	diventa pri- ma gialla e poi rossa per calcina- zione	è solubile in acidi, anche diluiti; annerisce a contatto con i solfuri	6.70	ottimo
<u>Bianco di Tita- nio</u> TiO_2	buona	buona	buona	buona	3.10-4.30	ottimo
<u>Bianco di Zinco</u> ZnO	buona	buona	buona	è solubile in alcali diluiti	5.65	ottimo

TAB. III - BRUNI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Terra d'Ombra</u> Naturale $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{MnO}_2$ $\text{H}_2\text{O}, \text{Si}, \text{Al}$	generalmen- te buona	buona	diventa ros- sa (Terra d'Ombra bru- ciata) per calcinazione	buona	3.20	ottimo
<u>Asfalto</u> miscuglio natu- rale di idrocar- buri	cattiva	buona	cattiva	è solubile in olio e in alcuni sol- venti organici	-	scarso
<u>Bruno di Van</u> <u>Dyck</u> terra bitumino- sa + ferro, al- lume, silice	cattiva	buona	cattiva	ragisce con alcali diluiti coloran- dosi di rosso è solubile in olio e in alcuni solventi organici	1.66	scarso

TAB. IV - GIALLI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Ocre Gialle</u> $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$	buona	buona	diventano rosse per calcinazione (terre bruciate)	sono solubili in acidi, a caldo	2.4-4.0	buono-ottimo
<u>Giallo di Piombo e Stagno</u> PbO-SnO_2	buona	buona	buona	annerisce a contatto con i solfuri	-	ottimo
<u>Massicot</u> PbO	buona	buona	per calcinazione si trasforma in rosso (minio)	annerisce a contatto con i solfuri	9.40	ottimo
<u>Giallo di Napoli</u> $\text{Pb}_3(\text{SbO}_4)_2$	buona	buona	buona	è debolmente instabile agli alcali, si decompone con acidi concentrati, annerisce a contatto con i solfuri	-	ottimo
<u>Orpimento</u> As_2S_3	-	-	-	viene attaccato dagli acidi forti; provoca l'annerimento dei pigmenti a base di piombo e di rame	3.4	ottimo
<u>Giallo di Cadmio</u> CdS	buona	buona	buona	provoca l'annerimento dei pigmenti a base di piombo e di rame	4.35	ottimo
<u>Giallo di Marte</u> $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	buona	buona	calcinato di venta rosso (rosso di marte)	buona	-	buono

TAB. V - NERI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Nero d'Avorio e Nero d'Ossa</u> fosfato di cal- cio 84%, carbo- ne 10%, carbona- to di calcio 6%	buona	buona	buona	buona	2.29	medio
<u>Nero di Lampada e Nero Fumo</u> carbone 99%	buona	buona	buona	buona	1.77	medio
<u>Nero di Carta e Nero di Vite</u>	buona	buona	buona	buona	-	medio

TAB. VI - ROSSI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Ocre Rosse</u> <u>Fe₂O₃</u> , silicati ecc.	buona	buona	buona	solubili in acidi a caldo	5.2	buono
<u>Cinabro</u> <u>HgS</u>	cattiva	cattiva	instabile ad alte tempera- ture	viene decomposto dagli acidi forti; provoca l'annerimento dei pigmenti a base di piombo e di rame	8.09	ottimo
<u>Minio</u> <u>Pb₃O₄</u>	cattiva	cattiva	riscaldato diventa bru- no; a tempe- rature intor- no ai 500°C diventa giallo	viene decomposto dagli acidi; anneri- sce in presenza di solfuri	8.73	ottimo
<u>Realgar</u> <u>As₂S₃</u>	-	-	volatilizza ad alte tem- perature	viene attaccato solo dagli acidi for- ti; provoca l'annerimento dei pigmen- ti a base di piombo e di rame	3.56	ottimo
<u>Rosso di Cadmio</u> <u>CdS(Se)</u>	buona	buona	buona	è solubile in acidi; provoca l'anne- rimento dei pigmenti a base di piom- bo e di rame	4.5	ottimo
<u>Rosso di Marte</u> <u>Fe₂O₃</u>	buona	buona	buona	buona	-	buono

TAB. VII - VERDI

NOME E COMPOSIZIONE CHIMICA	STABILITA'				PESO SPECIFICO	POTERE COPRENTTE
	FISICA		CHIMICA			
	LUCE	UMIDITA'	TEMPERATURA			
<u>Malachite</u> $\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$	buona	buona	annerisce per riscaldamento	si altera in presenza di acidi diluiti, alcali caldi, ammoniacale e solfuri	4.0	buono
<u>Terra Verde</u> $\text{Fe}, \text{Mg}, \text{Al}, \text{K}$	buona	buona	calcinato diventa rosso-bruno	buona	2.5-2.7	medio
<u>Verdigris</u> $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2 \cdot \text{nH}_2\text{O}$	cattiva	cattiva	cattiva	è solubile in acidi; lievemente solubile in acqua; si altera in presenza di alcali diluiti e di solfuri	-	scarso
<u>Ossido di Cromo Opaco</u> Cr_2O_3	buona	buona	buona	buona	5.10	ottimo
<u>Ossido di Cromo Trasparente</u> $\text{Cr}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$			si trasforma nel precedente per riscaldamento		3.32	scarso
<u>Verde di Cobalto</u> $\text{CoO} \cdot \text{nZnO}$	buona	buona	buona a calore moderato	viene attaccato solo dagli acidi concentrati	-	ottimo
<u>Verde Smeraldo</u> $\text{Cu}(\text{CH}_3\text{COO})_2 \cdot 3\text{CuO}(\text{As}_2\text{O}_2)_2$	buona	buona	annerisce per riscaldamento	viene decomposto dagli acidi e dagli alcali caldi; annerisce in presenza di solfuri	3.27	medio

Bibliografia Essenziale

- 1 Cennino Cennini, "Il Libro dell'Arte", (MS 1437), Neri Pozza, Vicenza, 1971.
- 2 Gettens R.J., Stout G.L., "Painting Materials", Dover, New York, 1966.
- 3 Gettens R.J., Fitzhugh E.W., "Azurite and blue verditer", in *Studies in Conservation*, 11, 1966.
- 4 Gettens R.J., Kühn H., Chase W.T., "Lead white", in *Studies in Conservation*, 12, 1967.
- 5 Gettens R.J., Feller R.L., Chase W.T., "Vermillion and cinabar", in *Studies in Conservation*, 17, 1972.
- 6 Harley R.D., "Artists Pigments c. 1600-1835", Butterworths, London, 1970.
- 7 Kühn H., "Verdigris and copper resinate", in *Studies in Conservation*, 15, 1970.
- 8 Kühn H., "Lead tin yellow", in *Studies in Conservation*, 13, 1968.
- 9 Liberti S., "Ricerche sulla natura e sull'origine delle alterazioni del cinabro", in *Bollettino I.C.R.*, 3-4, 1950.
- 10 Marabelli M., Tabasso Laurenzi M., "Materiali della Pittura Murale", Sistema, Roma, 1977.
- 11 Merrifield M.P., "Original Treatises on the Arts of Painting", Dover, New York, 1960.
- 12 Mühlethaler B., Thissen J., "Smalt", in *Studies in Conservation*, 14, 1969.
- 13 Plesters J., "Ultramarine blue, natural and artificial", in *Studies in Conservation*, 11, 1966.
- 14 Thompson D., "The Materials and Techniques of Medieval Painting" Dover, New York, 1956.

CAP. VII

PASTE VITREE

Premessa

Con il termine pasta vitrea si indica un impasto a base di vetro colorato, trasparente o opaco, ovvero il risultato della fusione e del successivo raffreddamento di una miscela di silice, fondenti ed ossidi metallici in funzione di pigmenti.

Il mosaico si serve di paste vitree colorate e opache, comunemente dette "smalti", secondo una terminologia propria degli impasti vetrosi su supporto ceramico o metallico, usati ad esempio in oreficeria.

L'uso delle paste vitree nella decorazione musiva nasce dall'esigenza di disporre di una gamma di colori più ampia di quella offerta dal materiale lapideo, in massima parte marmoreo. Molto meno resistenti all'abrasione degli elementi lapidei, esse furono prevalentemente adoperate per la decorazione di volte e pareti.

Fino al 1204 Costantinopoli fu il centro di produzione più importante di paste vitree sia colorate che dorate. Da quel momento, data del sacco di Co-

stantinopoli, assunse particolare importanza Venezia. I "fornaciari" veneziani arricchirono di nuove gradazioni la tavolozza classica - rimasta invariata fino al XIV secolo - tanto da raggiungere le 30.000 tinte che compongono il campionario delle fabbriche ancora oggi operanti. Anche Roma fu centro di industria ed ebbe in Vaticano la sua più nota fornace, attiva dal terzo decennio del XVIII alla metà del XIX secolo, con vasta produzione e campionario di 28.500 gradazioni di colore. Inoltre, nella fornace romana nacque la tecnica del mosaico "filato", ottenuto filando le paste vitree.

1 Paste Vitree Opache Colorate

1.1 Composizione

Le paste vitree opache colorate sono costituite da una miscela di silicati di metalli alcalini (sodio e potassio) e di silicati di calcio o di piombo cui vengono aggiunti degli ossidi e, a volte, dei sali metallici, con funzione di coloranti e di opacizzanti.

Le sostanze che entrano nella composizione dell'impasto possono essere divise in:

- i. materie prime;
- ii. opacizzanti;
- iii. coloranti.

1.1.1 Materie prime.

- Silice (SiO_2). Viene impiegata sotto forma di sabbia purissima. Le impurezze di ferro nell'impasto non devono superare il 2%.
- Fondenti e stabilizzanti. La calce (CaO) ottenuta da calcare molto puro e il minio (ossido di piombo- Pb_3O_4 -) sono i fondenti più antichi. Anticamente venivano anche adoperati carbonati di sodio e di potassio (ceneri di vegetali).

Il carbonato di potassio (K_2CO_3) veniva ricavato dalle ceneri di piante terrestri quali il faggio, il pioppo, la felce, oppure dal tartaro delle botti.

Il carbonato di sodio (Na_2CO_3) veniva invece estratto dalle ceneri di piante marino-palustri del bacino mediterraneo, quali le alghe e le chenopodiacee.

Nell'industria moderna si adoperano direttamente il carbonato di potassio, il carbonato di sodio, il solfato di sodio e, a volte, il cloruro di sodio.

Vengono usati inoltre: ossido di sodio (Na_2O), ossido di potassio (K_2O), borace ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 10 \text{H}_2\text{O}$), criolite ($\text{AlF}_3 \cdot 3\text{NaF}$), ecc. Queste sostanze abbassano il punto di fusione della silice rendendo quindi più facile il cambiamento di stato da solido a liquido. Esse rendono inoltre meno viscosa la massa, favorendone la lavorazione.

- Ossidanti. Rientrano in questa categoria il biossido di piombo (PbO_2), quasi tutti i perossidi di metalli, il permanganato di potassio, il biossido di manganese, i nitrati alcalini, ecc.

Prodotto della fusione delle sostanze elencate è il vetro comune, che costituisce la base della pasta vitrea per mosaico.

Una composizione tipo del vetro comune è:

70-76% di silice,
10-18% di ossido di calcio,
10-13% di ossido di sodio,
tracce - 2% di ossido di ferro.

Durante il processo di fusione, al vetro comune vengono aggiunti, in percentuali che variano a seconda dell'effetto da conseguire, opacizzanti e coloranti.

1.1.2 Opacizzanti.

Per rendere opaca la massa vetrosa vengono usati degli ossidi metallici. Tra i più antichi è l'anidride fosforica (P_2O_5) - cenere di ossa -, seguono il biossido di stagno (SnO_2), l'ossido di antimonio (Sb_2O_3) e, più recentemente, l'ossido di zinco (ZnO) e composti a base di fluoro come la criolite ($AlF_3 \cdot 3NaF$), l'arseniato di piombo, ecc.

1.1.3 Coloranti.

La colorazione viene conferita aggiungendo determinati ossidi alla pasta fusa. Gamma e relative intensità variano a seconda del tipo e del quantitativo di ossido aggiunto, del tipo di vetro base, e delle modalità di fusione.

Gli ossidi possono andare completamente in soluzione nella pasta fusa, ciò che accade nella maggior parte dei casi (es: ossido di cobalto, colorazione azzurra; ossido di manganese, colorazione violetta); oppure possono dare una soluzione colloidale, nella quale cioè minutissime particelle di colorante rimangono disperse nella massa vetrosa, come accade per lo zolfo (colorazione gialla) e per l'oro (colorazione rosso-rubino).

Dal periodo romano al XIII secolo vennero di preferenza adoperati colori puri, ottenuti cioè usando un solo ossido colorante, come stagno (bianco), rame (azzurro o rosso), ecc. Dal XIV secolo in poi le colorazioni si ottennero miscelando tra loro i vari ossidi.

TAB. 1.1.3 COLORANTI MODERNI - COLORI BASE

Bianco (lattimo)	Ossido di antimonio, ossido di zinco, fluosilicato di sodio, arseniato di piombo
Giallo	cromato di piombo, solfuro di cadmio, antimoniato di piombo
Rosso	ossido rameoso, ossido di bismuto, anidride selenica + solfato di cadmio
Verde	ossido di cromo, ossido rameico
Blu	ossido rameoso, ossido di cobalto
Nero	ossido ferroso

Nota: le gradazioni di colore si possono ottenere anche con l'impiego di elementi chimici quali l'uranio (giallo-verdastro), il titanio (giallo-bruno), il nichelio (bruno-violaceo), il cesio (bruno-fumo e giallo-ambra to), il selenio + solfuro di cadmio (rosso-rubino), ecc.

1.2 Processi di Produzione

La preparazione di una pasta vitrea passa attraverso varie fasi:

- i. confezione della miscela,
- ii. fusione,
- iii. pressatura,
- iv. ricottura,
- v. taglio.

1.2.1 Confezione della miscela.

Vengono scelte le varie sostanze, in percentuali variabili a seconda del prodotto da ottenere, macinate finemente una per volta e quindi accuratamente miscelate fino ad ottenere la massima omogeneità. La macinazione riveste una grande importanza per la buona riuscita della fase successiva, quella della fusione.

Il calcolo dei quantitativi da impiegare è sempre approssimativo; infatti durante la fusione si verificano:

- perdite: per volatilizzazione, in particolare degli alcali e per scarti dovuti a formazione di schiuma;
- arricchimenti: provenienti dal materiale dei refrattari, prevalentemente allumina ceduta dai crogioli in cui la massa è contenuta durante la fusione.

1.2.2 Fusione.

La fusione, ovvero il procedimento durante il quale le sostanze che compongono la miscela raggiungono lo stato fluido, comprende tre stadi:

- a) fusione vera e propria;
- b) affinazione;
- c) riposo.

Durante il primo stadio i carbonati (di sodio, di calcio, ecc.) reagiscono con la silice formando silicati doppi e sviluppando anidride carbonica.

Questi prodotti si formano già a temperature comprese tra i 700 ed i 900°C. Con l'aumentare della temperatura, i silicati reagiscono a loro volta con la silice fino a completa fusione della massa. L'intero processo richiede dalle otto alle dieci ore, con punte di temperatura intorno ai 1.200-1.400°C.

Durante l'affinazione la temperatura viene portata a circa 1.550°C, così da fluidificare maggiormente la massa e renderla omogenea.

Oggi, per ottenere una perfetta omogeneità, si aggiunge alla miscela-base anidride arseniosa; questa, volatilizzando per l'alta temperatura, sviluppa bolle che rimescolano la massa. Anticamente un effetto simile si otteneva immergendo nell'impasto fuso un ramoscello verde, che decomponendosi produceva forti quantità di vapori.

Il processo di affinazione richiede dalla 4 alle 6 ore.

La massa fluida viene infine lasciata riposare, così da permetterne la chiarificazione. E' durante questo stadio che le particelle non sciolte, sospese nella massa, e le bollicine di gas si portano in superficie, formando una specie di schiuma, detta "fiele del vetro", che viene rimossa. La temperatura è quindi lentamente portata a 1.150-900°C per rendere la massa più viscosa, ovvero ancora piuttosto molle ma già abbastanza consistente da permetterne la lavorazione.

La fusione avviene in forni del tipo a crogiolo a funzionamento intermittente, nei quali cioè tutto il materiale viene introdotto contemporaneamente e trattato in maniera uniforme. Generalmente a pianta circolare o ellittica, ma anche quadrata o rettangolare, i forni a crogiolo sono costruiti in muratura, rivestiti all'interno di materiale refrattario e provvisti di copertura a volta. L'interno è diviso in due vani: il "focolare", dove avviene la combustione, ed il "laboratorio", dove si effettua la fusione. In questo ultimo possono essere sistemati fino a 400 crogioli; in corrispondenza di ogni crogiolo vi è una apertura, detta "bocca", attraverso la quale vie-

ne introdotta la miscela e prelevata la pasta vitrea.

I crogioli, o "padelle", sono recipienti di terra refrattaria (argilla molto pura) dal fondo ovale o circolare, con diametro di circa 1 m e altezza di 60-80 cm (capacità: 200-1000 lt). Possono essere aperti in alto, oppure chiusi, ad evitare inquinamenti dal forno, e provvisti di una bocca di prelievo.

Il primo combustibile impiegato per la fusione della pasta vitrea è stato il legno, sostituito in seguito dal carbone e poi dalla nafta e dal gasolio, che lasciano però molti residui. Attualmente i forni a crogiolo si servono di gas metano.

I moderni forni a fusione non hanno subito modifiche sostanziali rispetto a quelli usati fin dall'antichità; le varianti più significative riguardano il tipo di alimentazione e le maggiori dimensioni dei crogioli.

1.2.3 Pressatura.

Una volta raggiunta la temperatura di lavorazione (900°C circa), la pasta viene versata su un piano metallico e schiacciata con una normale pressa o tra due cilindri rotanti. Anticamente la si pressava tra due lastre di marmo. Si ottengono così delle lastre di forma rotondeggiante dette "piastre" o "pizze", dello spessore di 1-2 cm e con diametro da 10-15 cm ad un massimo di 30 cm.

1.2.4 Ricottura.

Le piastre vengono lasciate raffreddare lentamente negli speciali forni di ricottura, in genere del tipo a galleria e della lunghezza di 20-25 m. Poste su un carrello o su un nastro senza fine, esse scorrono lentamente lungo uno stretto canale a temperature degradanti.

Il graduale raffreddamento, che permette alle piastre il

passaggio dalla temperatura raggiunta durante la pressatura (600°C circa) a quella ambiente, viene spesso erroneamente detto "tempera", nonostante non avvenga per immissione di aria fredda.

La durata dell'operazione varia dalle 3 alle 12 h, a seconda dello spessore della piastra e del tipo di impasto.

1.2.5 Taglio.

Raggiunta la temperatura ambiente, le piastre vengono tagliate secondo le più svariate forme e dimensioni.

Le tessere vengono tagliate servendosi del tagliolo e della martellina (v.I.6). L'industria moderna si serve di una macchina tagliatrice azionata a mano (trancia). Un taglio ben eseguito, ovvero una tessera che non presenti particolari sfaccettature, dipende essenzialmente dalla fase di ricottura.

2 Paste Vitree Dorate

La pasta vitrea dorata è costituita da una sottilissima lamina (foglia) metallica - oro, argento e, recentemente, platino - inglobata tra due vetri trasparenti e a volte colorati, uno di fondo e l'altro di copertura ("cartellina").

Il vetro di fondo, che può anche essere opaco, ha uno spessore di circa 5-7 mm e funge da sostegno della lamina metallica; la cartellina, che ha uno spessore minimo (1 mm circa), serve a proteggerla.

Caratteristica delle antiche paste vitree dorate erano le irregolarità dovute al diverso spessore delle foglie metalliche (il metallo era battuto a mano), alla trasparenza non omogenea delle cartelline, all'adesione non perfetta al vetro di fondo, ecc. Questi difetti, propri di una lavorazione artigianale, presentavano il vantaggio estetico di offrire su perfici non uniformi, mosse e vibranti per la incidenza della luce.

Le paste vitree dorate fanno la loro comparsa nei fondi dei cicli musivi verso la fine del IV e l'inizio del V secolo e, senza differenze sostanziali nel metodo di preparazione, sono state usate fino ai giorni nostri. Esse derivano dai cosiddetti "vetri dei martiri" ritrovati nelle pareti delle catacombe, incastrati in prossimità dei loculi.

In questi primi esempi la lamina dorata viene messa tra due piastre di vetro che, poste sulla fiamma, si rammoliscono e la incorporano.

Il sistema adottato dai bizantini è leggermente diverso: le foglie metalliche vengono poggiate su cubetti vitrei, dello spessore di circa 1 cm, e ricoperte di un sottile strato di vetro in polvere. I cubetti così preparati, posti su un piano di ferro cosparso di calce e cenere, sono messi nel forno a cuocere, in modo che l'oro resti preso tra i due strati.

Nella seconda metà del XIV secolo si hanno due varianti di un certo interesse, tese ad assicurare al massimo l'adesione della foglia metallica alla lastra vitrea di fondo. Una è veneziana e richiede l'applicazione a caldo della foglia al vetro di fondo; l'altra, riportata dal trattato "Dell'arte del vetro per mosaico" (XIV sec.),

prevede che la foglia d'oro sia fatta aderire con chiara d'uovo al vetro di fondo, quindi, ricoperta da una lastra sottile di vetro, sia messa a cuocere nel forno con un peso sopra per favorire una perfetta adesione tra i due strati. Tale procedimento si rivelò indubbiamente efficace se lo ritroviamo, pressoché inalterato, nella descrizione del Vasari, che si limita a sostituire la chiara d'uovo con "acqua di gomma".

Nell'industria moderna la foglia metallica viene applicata sulla cartellina bagnata con acqua distillata. La cartellina, ricavata da cilindri cavi di vetro molto sottile, viene sovrapposta, dal lato della foglia, alla piastra di fondo già collocata su una pietra refrattaria, e quindi immessa nel forno. Non appena, per azione del calore, la cartellina si è distesa sulla piastra, la si estrae dal forno e la si preme con una paletta di legno o con un piccolo rullo metallico. Attualmente, sia la cartellina che il vetro di fondo vengono variamente colorati, così da creare con la foglia metallica diverse combinazioni cromatiche.

3 Paste Vitree Filate

La pasta vitrea filata, detta più semplicemente mosaico filato, è la barretta ("teca") che si ottiene riducendo in filo la massa vetrosa fusa.

Nel XVII e nel XVIII secolo le teca venivano preparate per fusione in fornace; dal XIX secolo in poi si è preferita la fusione alla fiamma.

3.1 Fusione in Fornace

Terminato il processo di fusione (v.1.2.2), la pasta vitrea colorata, invece di essere avviata alla pressatura, viene colata in canaletti detti "trafile", di dimensioni e forme diverse (a sezione rettangolare, quadrata, triangolare, ecc.) in modo da ottenere le teche. Così preparate le teche passano attraverso la fase di ricottura prima di venire utilizzate.

3.2 Fusione alla Fiamma

Il mosaico filato alla fiamma si serve delle "madritinte" come materiale di partenza. Le madritinte sono paste vitree colorate nella cui miscela base è presente un'alta percentuale di ossidi coloranti. Il colore della teca si ottiene mescolando madritinte di colore diverso.

3.2.1 Filatura e taglio.

Per la filatura ci si serve di un banco da lavoro con piano metallico. Le piastre di madritinte, una volta scelte, sono ridotte in piccoli pezzi che vengono posti in un crogiolo. Per fonderli, si dirige su di loro la fiamma di una bocca da fuoco ("soffio"), alimentata da gas illuminante misto ad aria, ed in grado di raggiungere la temperatura di 1000°C circa.

Durante la fusione, la massa viene accuratamente amalgamata per mezzo di due "puntelli" metallici. Raggiunta una certa consistenza pastosa, viene posta su una pietra refrattaria e pressata ripetutamente da una seconda pietra refrattaria, fino ad assumere la forma a sezione triangolare, rettangolare, ecc., che le si vuole dare.

L'amalgama viene nuovamente reso incandescente alla fiamma e quindi "filato", ossia tirato a mano per mezzo di pinze da fuoco, fino ad ottenere la teca dello spessore voluto.

Le teche, filate per una lunghezza fino a 2 o 3 m, possono avere sezioni di dimensioni varianti da meno di 1 a 4-5 mm. Esse non richiedono ricottura; basta lasciarle raffreddare per alcuni minuti.

La teca viene poi tagliata in piccoli pezzi, incidendola con una limetta triangolare e spezzandola con una pinzetta.

EA

Bibliografia Essenziale

- 1 Borin G., Franceschini F., Romagnoli F., Zecchin L., "Tecno-
logie delle Composizioni Vetrarie", Centro Naz. di Studi Ve-
trari, Venezia, 1952.
- 2 Cecchetti B., "Sulla Storia dell'Arte Vetraria Muranese",
Tipografia del Commercio, Venezia, 1865.
- 3 "Enciclopedia Italiana di Scienze Lettere ed Arti" (G. Trec-
cani), voce vetro, Rizzoli, Milano, 1929.
- 4 Fischer P., "Mosaic History and Technique", Thames & Hudson,
London, 1971.
- 5 Franceschini F., "Fusione e Ricottura del Vetro", Centro Naz.
di Studi Vetrari, Venezia, 1952.
- 6 Garrucci R., "Vetri Ornati di Figure in Oro Trovati nei Cimi-
teri Cristiani di Roma", Tip. delle Belle Arti, Roma, 1864.
- 7 Gasparetto A., "Il Vetro di Murano dalle Origini a Oggi", Ne-
ri Pozza, Vicenza, 1958.
- 8 Milanesi G., "Dell'Arte del Vetro per Musaico", Bologna, 1864.
- 9 Plinio il Vecchio, ("Naturalis Historiae"), "Storia delle Ar-
ti Antiche", (libri XXXI, XXXVI, XXXVII), a cura di S. Ferri,
Fratelli Palombi, Roma, 1946.
- 10 Theophilus, "De Diversis Artibus", (libro II), testo e trad.
inglese di C.R. Dodwell, Thomas Nelson & Sons Ltd., London-
New York, 1961.
- 11 Vasari G., "Le Vite de' più Eccellenti Pittori, Scultori ed
Architettori" (1568), vol. I Introduzione alle tre arti del
disegno. Della Pittura, a cura di G. Milanesi, Sansoni, Fi-
renze, 1878 e ristampe.