

LA PULITURA LASER

CENNI STORICI

Il principio di funzionamento del laser venne ipotizzato già nel 1917 da A. Einstein, ma è stato in seguito al 1950 che, grazie ai progressi dell'elettronica, si sono raggiunti i primi risultati concreti. Nelle sue memorie, Einstein, avanza l'ipotesi che oltre agli effetti di assorbimento e di emissione spontanea, esista un terzo fenomeno che chiama "emissione stimolata. Questo principio è alla base dell'effetto laser. L'impiego del laser ebbe un'ulteriore diffusione nel momento in cui J Asmus nel 1972 effettuò una prova di pulitura presso il museo della Cà d'Oro di Venezia su di un supporto lapideo senza peraltro apportare danni apparenti al substrato. In seguito all'applicazione di Asmus, numerosi enti ed istituti di ricerca si associarono per sviluppare e sfruttare al meglio questo incredibile raggio di luce, da dedicare specificatamente al campo dei beni artistici. L'interesse verso questa nuova tecnologia è stato tale da organizzare congressi internazionali dedicati esclusivamente all'applicazione della strumentazione laser per la pulitura di superfici di interesse artistico. Nel Centro per la Conservazione di Liverpool, da poco inaugurato in un edificio di inizio secolo, è attualmente in funzione un laboratorio specificatamente equipaggiato per le operazioni di pulitura laser, dove vengono eseguite le puliture degli oggetti appartenenti alle vaste collezioni del National Museum of Merseyside; nella stessa città inglese è altresì utilizzato un apparecchio laser nei cantieri. In questi ultimi vent'anni si è raggiunta una notevole conoscenza scientifica dell'attrezzatura laser, tanto che la nuova e ormai non lontana meta da raggiungere è il suo utilizzo nel restauro dei dipinti.

IL LASER

Il laser è un'apparecchiatura in grado di creare una sorgente di luce. Laser è l'acronimo di Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ovvero amplificazione della luce per emissione stimolata della radiazione. L'apparecchiatura laser trova largo impiego in un gran numero di applicazioni: nel campo medico si utilizza come bisturi, come termo-cauterio di profondità per la depilazione permanente; nell'impiego industriale è utilizzato come cesoia, saldatore, incisore; nel restauro lapideo per la rimozione di croste nere, e nello spettacolo, come giochi di luce nelle discoteche. Gli utilizzi così diversi sono dovuti alla diversa lunghezza d'onda, ciò comporta una classificazione diversa per tutti loro e delle misure di sicurezza, anch'esse diversificate. Il principio fondamentale di un raggio laser è l'emissione stimolata. In condizioni chimiche e fisiche "normali" e a temperatura ambiente, i livelli elettronici che corrispondono allo stato fondamentale dell'atomo sono densamente popolati di elettroni. Questa popolazione si indebolisce risalendo verso i livelli energetici più elevati. Quando un atomo è eccitato da una sorgente di energia, i suoi elettroni sono spinti verso livelli energetici più elevati e più instabili (mezzo eccitato) quando questi elettroni ritornano verso un livello meno energetico e più stabile, il fenomeno si accompagna a un'emissione di luce (un fotone) che una frequenza caratteristica. Se il ritorno allo stato fonda-

mentale si effettua per stimolazione del fotone, ottenendo un altro fotone della stessa lunghezza d'onda e coerente col primo, si tratta dell'emissione laser. Il mezzo che produce l'emissione laser è chiamato mezzo attivo o sorgente. La stimolazione del mezzo attivo può effettuarsi in diversi modi: pompaggio ottico (per assorbimento della luce), collisione con degli elettroni o atomi, reazione chimica ecc. Il laser è un dispositivo per l'ottenimento di onde elettromagnetiche della stessa natura delle onde luminose, delle onde radio e dei raggi x, ma con delle caratteristiche non presenti in nessun'altra radiazione naturale o generata dall'uomo precedentemente. Queste caratteristiche uniche nel loro genere, sono la monocromaticità, la coerenza e la collimazione. Per trasportare il raggio laser dalla sorgente al manipolo, esistono due diversi modi che influenzano e diversificano le apparecchiature dall'uso in cantiere a quello in laboratorio. Questi diversi sistemi sono le fibre ottiche e il braccio meccanico snodato. Nel restauro lapideo tradizionale si utilizza molto spesso l'impacco per la pulitura della superficie, calcolando minuziosamente, per la migliore riuscita del lavoro, diverse variabili, quali la concentrazione, l'evaporazione, il tempo di contatto e il supporto del solvente; allo stesso modo il laser presenta dei parametri fissi o variabili, che è bene conoscere per ottimizzare e quantificare al meglio il lavoro. I parametri di funzionamento di un'apparecchiatura laser sono: Lunghezza d'onda (λ) è caratteristica di ogni mezzo attivo e corrispondente al colore della radiazione, che può essere ultravioletto (0,2 – 0,4 μ m),

visibile (0,4 – 0,7 μ m) o infrarosso (0,7 – 1,0 μ m).

I laser per restauro attualmente sono a Nd:YAG (Neodimio e granato di Alluminio e Ittrio) a 1064 Nm.

Durata dell'impulso (t): è il tempo durante il quale avviene l'emissione nei laser impulsati ed è misurata in secondi, millisecondi (ms), microsecondi (μ s), nanosecondi (ns)....

Frequenza di ripetizione (f): è il numero di impulsi per secondo e si misura in Hz.

Densità d'energia (E): essendo il laser una sorgente di energia viene misurata in Joule (J/Cm^2).

Energia per impulso (E_i): è l'energia sprigionata ad ogni impulso. I laser da restauro sono impulsati corti (Q-switching) o impulsati lunghi (Normal-mode).

PROCESSO D'INTERAZIONE

Cosa succede quando il raggio laser colpisce la crosta da rimuovere? Il primo effetto che si ha è l'assorbimento da parte della crosta di questo raggio laser. In altri termini, essendo la radiazione laser nient'altro che luce, essa risulta fortemente assorbita da ciò che è scuro, mentre è riflessa dai materiali di colore chiaro, ed è proprio su questo principio che si basa la selettività del laser, infatti in seguito all'azione su di una crosta nera che viene vaporizzata dal raggio, lo stesso si ritrova a contatto di una superficie "pulita", chiara, la quale riflette, evitando di assorbire energia, tutto ciò, comunque, a seguito di opportuna regolazione dei parametri. L'assorbimento dipende dalla lunghezza d'onda, dalla durata dell'impulso e dalla frequenza di ripetizione, generando una successione di effetti chimici, fisici e meccanici. Nel laser con lunghezza d'onda (λ) di 1064nm, nel vicino infrarosso, i singoli fotoni del raggio trasferiscono l'energia alla materia, riscaldandola e provocando effetti di fotodecomposizione di tipo fotoablativo o fotodistruttivo. In commercio esistono apparecchiature che utilizzano due durate di impulso differenti e che quindi hanno effetti diversi. Nella modalità ad impulsi corti (Q-switch) di durata inferiore al microsecondo, si verifica un'ablazione fotomeccanica, nella quale la maggior quantità di calore trasferita al materiale se ne va con la frazione di materiale rimossa. In seguito all'assorbimento del raggio da parte della crosta nera, si avrà una sublimazione del materiale con la formazione di plasma (un gas di ioni ed elettroni incandescenti), e di onde shock di sufficiente intensità da disgregare la crosta restante. Nella modalità ad impulsi lunghi (N-mode) di durata 0,1-1 microsecondi, l'effetto provocato dalla radiazione laser è di un primo assorbimento ottico, accompagnato da un rapido innalzamento della temperatura e della pressione sull'incrostazione con successiva espansione di gas per l'espulsione di micro frammenti di materiale che viaggiano a velocità supersonica (vaporizzazione). All'atto pratico questi due regimi di applicazione, se non correttamente utilizzati, possono creare diversi effetti collaterali molto pericolosi per il manufatto. Utilizzando gli impulsi corti in maniera non corretta si possono generare onde d'urto in grado di produrre un danneggiamento meccanico della superficie. Un eccessivo riscaldamento locale con effetti di rifusione e vetrificazione della superficie sono la causa di cattivo utilizzo degli impulsi lunghi.

PROCESSO DI BAGNATURA

Il processo di bagnatura della superficie dello strato estraneo al materiale lapideo da rimuovere con l'apparecchiatura laser, consta in una leggera inumidazione tramite spugna che consente due effetti importanti: Σ effetto d'assorbimento Σ effetto ablativo secondario. L'effetto d'assorbimento si ha per la diminuzione dell'effetto rifrangente tra il materiale e l'aria, determinando un abbassamento della percentuale di radiazione riflessa. Questo riduce l'effetto di diffusione ottica, permettendo una maggiore penetrazione nel materiale. L'effetto ablativo secondario si ha quando i volumi d'acqua possono essere portati facilmente alla vaporizzazione, innescando un processo di rimozione a temperature più basse. Il processo di bagnatura risulta molto utile qualora la sostanza degradante sia particolarmente tenace ed adesa alla superficie del manufatto e la fragilità dello stesso non consenta l'utilizzo di densità d'energia troppo elevata, mentre in altre situazioni non risulta necessario questo passaggio.

CONCLUSIONI

I maggiori vantaggi ricavati dall'utilizzo dell'apparecchiatura laser nella pulitura delle opere d'arte sono: Σ L'assenza di contatto. Non c'è contatto fisico diretto con la superficie, si possono quindi trattare superfici estremamente fragili e decoese. In questi casi non è necessario effettuare il preconsolidamento. Σ La selettività. Utilizzando parametri di processo appropriati lo strato di materiale estraneo viene rimosso senza interessare la superficie del manufatto. Σ Il controllo. La rimozione dell'alterazione avviene in modo progressivo, interessando spessori di pochi micron per impulso. L'operatore può verificare istantaneamente il grado di efficienza. Σ L'elevata precisione. Il processo di pulitura interessa esclusivamente l'area irraggiata dal fascio laser.

