

1 Fascio elettronico e laser

I materiali possono essere lavorati - per lo più tagliati o forati - mediante fusione e/o vaporizzazione della sostanza in modo controllato. I processi derivano da tecniche di giunzione.

Sono utili non solo per i metalli, ma anche per materiali che sono altrimenti difficili da lavorare, ad esempio plastica, ceramica e compositi.

La fonte di energia per il fascio elettronico è una pistola elettronica simile ad un tubo a vuoto.

2 Il catodo in W o Ta, riscaldato a 2500 °C, emette ammassi di elettroni che vengono accelerati e concentrati in un fascio da 0,25-1 mm di diametro ad alta densità energetica (superiore a 200 kW/mm²).

All'impatto, l'energia cinetica degli elettroni viene trasformata in energia termica; sufficiente a fondere e parzialmente vaporizzare il materiale del pezzo; il vapore espelle il materiale fuso. Si utilizzano impulsi di durata da 0,05 a 100 ms.

La cavità è di piccolo diametro e profondo (da qui il termine keyhole (buco della serratura)), la zona termicamente alterata è molto stretta e l'efficienza di conversione energetica è elevata, circa il 65%.

3 Poiché un fascio di elettroni può essere deviato con una bobina elettromagnetica, tagli di alta qualità possono essere realizzati in geometrie complesse, praticamente in qualsiasi materiale.

La pistola elettronica è sempre in vuoto elevato. La penetrazione più profonda si ottiene quando anche il pezzo è inserito in un ambiente in vuoto spinto (da 10⁻⁴ a 10⁻¹ Pa), ma mettere in depressione (pompaggio) la camera richiede diversi minuti.

Il vuoto medio (0,1-3 kPa) permette ancora di lavorare su molti metalli con un tempo di pompaggio inferiore a 1 minuto.

Con trappole a vuoto appositamente costruite, il fascio di elettroni può uscire dalla pistola in un gas schermante, ma le intensità di potenza sono molto più basse in tale funzionamento fuori-camera o a pressione atmosferica.

4 Con impulsi individuali, piccoli fori (con diametro da 0,1 a 0,3 mm in fogli di 0,1 mm e diametro da 0,6 a 0,85 mm in materiale spesso 8 mm) sono stati realizzati in modo estremamente rapido; migliaia di fori sono fatti in pochi minuti. I rapporti profondità/diametro arrivano fino a 15.

Per i fori passanti è necessario un sostegno temporaneo per mantenere la pressione del vapore; il supporto è spesso polvere d'ottone in gomma siliconica o in resina epossidica.

Componenti di motore a reazione e filiere per fibre di vetro e polimeriche sono spesso realizzate con questa tecnica.

5 Taglio laser

La parola laser sta per light amplification by stimulated emission of radiation.

Alcuni materiali emettono un fascio luminoso altamente collimato, coerente e monocromatico quando vengono eccitati (pompati) da una sorgente di energia appropriata. Le applicazioni sono proliferate perché sono raggiungibili densità energetiche molto elevate, non è necessario il vuoto e il fascio è facilmente e rapidamente diretto da opportune ottiche. I primi laser hanno utilizzato il rubino (un cristallo Al_2O_3 con ioni di Cr) come materiale e tali laser sono ancora utili per attività come l'allineamento e la misura.

6 In ambito manifatturiero, hanno trovato applicazione tre tipi di laser, ciascuno dei quali dà una luce di diversa lunghezza d'onda.

La dimensione del punto è una funzione della lunghezza d'onda e dell'ottica ma generalmente diminuisce assieme alla lunghezza d'onda. Così, anche la larghezza del taglio (kerf) diminuisce con la lunghezza d'onda decrescente.

7 1. Laser a gas

I più diffusi sono i laser a CO_2 ; questi contengono una miscela di gas in cui la CO_2 è il materiale emettitore, eccitato da una scarica elettrica tra gli elettrodi posti nel tubo di scarico. La luce emessa è di lunghezza d'onda di 10,6 micron, nell'intervallo degli infrarossi lontani e può essere diretta con specchi.

Grandi unità possono sviluppare più di 40 kW in modalità continua con efficienza del 15%; in modalità pulsata, l'energia è inferiore a 1 J/impulso.

8 2. Laser allo stato solido

I laser industriali più importanti a Nd: YAG contengono piccole concentrazioni di ioni neodimio in un granato d'alluminio di yttrio (YAG). Pompato con luce bianca ad alta intensità da una lampada allo xeno o al krypto, emettono radiazioni di lunghezza d'onda di 1,06 micron (infrarossi vicini) che possono essere dirette da fibre ottiche a grandi distanze senza perdite eccessive. Il fascio può essere condiviso tra più stazioni, giustificando il maggiore investimento.

Operati in modalità pulsata o continua, i laser sviluppano fino a 500 J/impulso di durata da 0,1 a 20 ms, o più kW in modalità continua.

L'efficienza complessiva di conversione energetica è bassa, circa il 2%.

9 3. laser a eccimeri

Questi dispositivi hanno una potenza molto inferiore e sono utilizzati principalmente per microlavorazioni o per lavorare semiconduttori (e anche per interventi chirurgici all'occhio). In una scarica elettrica, un atomo di gas nobile (Argo, Krypton, Xeno) e uno di gas alogeno formano un dimero (da cui il nome dimero eccitato). Quando la scarica elettrica decade, i dimeri si dividono ed emettono luce UV.

10 L'energia assorbita dal materiale obiettivo è sufficientemente grande da rompere i legami chimici ed espellere le piccole molecole senza fondere. Si usa una maschera per definire la forma. (heatless laser etching).

I fasci laser possono essere puntati con lenti fatte con materiali trasparenti alla particolare lunghezza d'onda (seleniuro di zinco o germanio per CO₂, e ottiche di vetro convenzionale per i laser YAG). Poiché i fasci sono fortemente concentrati in un punto di 0.2-0.3 mm, si raggiungono picchi di densità di energia di 5-200 kW/mm².

11 A seconda della densità di energia, alcuni materiali vengono fusi, alcuni evaporano, creando un foro sottile, come nel taglio con fascio elettronico.

È possibile lavorare a profondità controllata solo entro certi limiti.

Spesso viene fornito ossigeno sulla superficie per aumentare l'assorbimento di energia. La reazione di ossidazione esotermica fornisce calore e accelera la fusione, inoltre, l'ossido fonde a una temperatura più bassa e viene spazzato via.

12 Anche gli acciai trattati termicamente possono essere tagliati; la qualità del bordo di taglio può essere adatta anche per punzoni e stampi utilizzati nella lavorazione delle lamiere.

I laser forniscono una soluzione al difficile problema di forare materiali duri.

Nella foratura a percussione con scariche intense, il foro ha la dimensione del fascio, che può essere variato mediante la messa a fuoco; le tolleranze sono +/- 0,03 mm.

Con la foratura con utensile circolare viene tagliato un cerchio con una tolleranza di +/- 0,013 mm. La dimensione minima del foro è tipicamente 0,5 mm per i laser a CO₂, 0,08 mm per i laser Nd: YAG e 1 micron per i laser ad eccimeri. Non possono essere eseguiti fori ciechi fino a una profondità esatta.