

Migliorare il taglio laser con un getto d'acqua

LA SOLUZIONE LASER MICROJET PREVEDE L'UNIONE DI DUE TECNOLOGIE E CONSENTE DI LAVORARE UN'AMPIA GAMMA DI MATERIALI E SPESSORI CON ALTISSIMA PRECISIONE

Il settore metalmeccanico, e in generale quello industriale, può sembrare un comparto maturo, consolidato, persino arretrato. Chi non ne fa parte spesso pensa alla fabbrica come ad un dinosauro: lento, vecchio, senza innovazione né evoluzione. Qualcosa che appartiene al passato e che è destinato ad estinguersi. Nell'immaginario collettivo, il futuro ormai è online, è digitale, è virtuale. Chi invece segue da vicino il mondo dell'industria sa benissimo che le più grandi invenzioni, molto spesso, hanno origine in fabbrica. Anche quando nascono nei laboratori di ricerca, quasi sempre proprio in fabbrica trovano il banco di prova e la prima applicazione. Il mondo dell'industria è tutt'altro che noioso, e ogni volta si impara qualcosa di più. Come quando passeggi per la tua città natale e scopri un angolo che non avevi mai visto, o un nuovo locale appena aperto. Questo preambolo ci serve per introdurre la tecnologia protagonista di questo articolo. Tutti noi conosciamo il taglio laser, il taglio ad acqua e l'elettroerosione: macchine da decenni presenti, e spesso insostituibili, nelle nostre officine. Ma proprio quando uno è convinto di conoscere il panorama tecnologico, ecco che l'industria ti sorprende con una novità. Parliamo della tecnologia chiamata Laser MicroJet®, inventata da Bernold Richerzhagen e prodotta dalla sua azienda, la Synova. Come suggerisce il nome, si tratta di un ibrido tra un waterjet e un laser.

L'ing. Bernold Richerzhagen, inventore del processo Laser MicroJet®. Credit: Synova



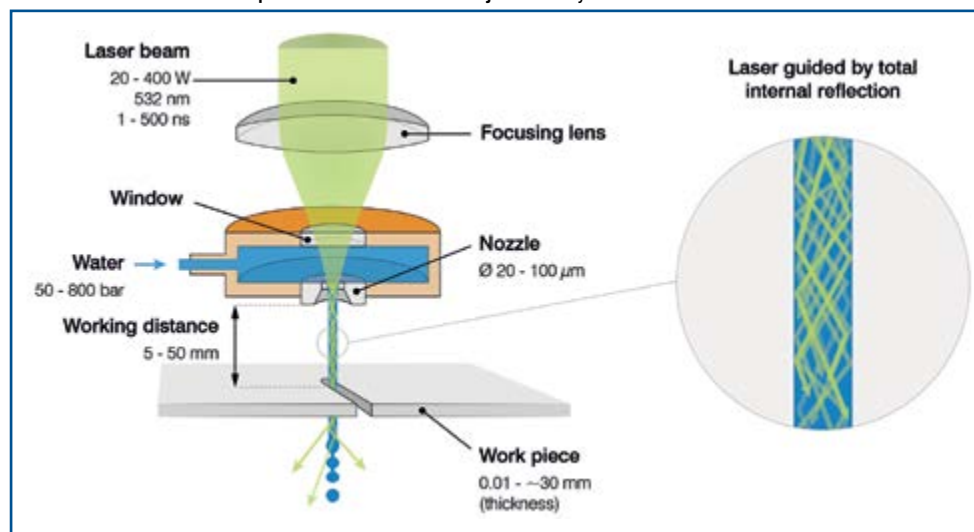
Il funzionamento si basa sul principio della guida d'onda, ampiamente sfruttato dalle fibre ottiche: a causa del differente indice di rifrazione, la luce viaggia all'interno della fibra di vetro come l'acqua dentro ad un tubo. L'intuizione di Bernold Richerzhagen risale agli anni Novanta, mentre svolgeva il proprio dottorato. Perché non utilizzare un sottile getto d'acqua per condurre l'energia del fascio laser?

In teoria è semplice: un laser, acqua in pressione, e un ugello sottile come un capello. Si accoppia il tutto con una lente per collimare il fascio laser, in modo che cada precisamente nel foro. Da lì la luce esce, contenuta e guidata dal getto d'acqua. Ma chi ci aveva provato prima di Richerzhagen aveva fallito: invece di centrare il foro, il laser andava fuori fuoco e distruggeva l'ugello in zaffiro. Com'era possibile? Sono serviti due anni di test ed esperimenti per scoprire che l'indice di rifrazione dell'acqua varia con la sua temperatura. L'energia dell'impulso laser riscalda il mezzo e sposta il punto focale, allargandolo e depositando parte dell'energia sull'ugello. Una lunga serie di calcoli e modelli matematici hanno poi permesso a Richerzhagen di determinare il valore preciso di questo effetto "lente" e quindi di collimare alla perfezione il sistema. Nel 1997 nasceva così Synova, e veniva immessa sul mercato la prima macchina Laser MicroJet.

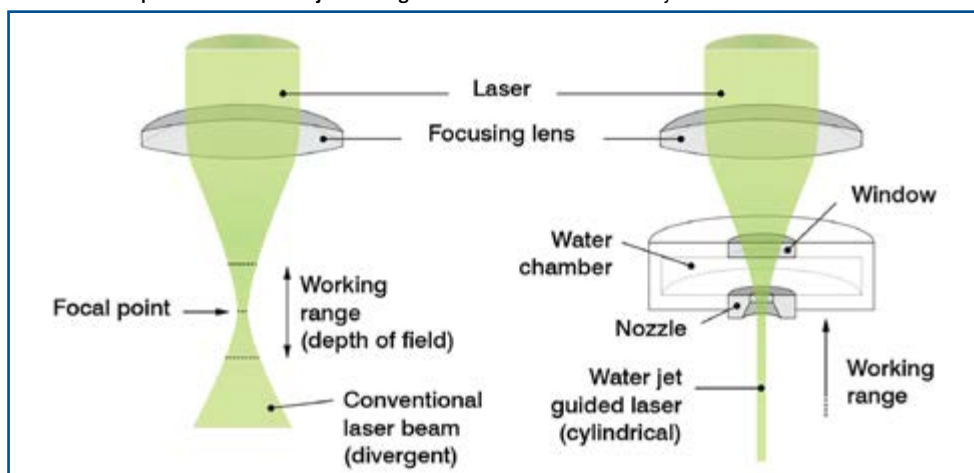
Guardiamo sotto il cofano

Per capire meglio il funzionamento andiamo a guardare da quali parti è composto il Laser MicroJet. Iniziamo dal laser: è una sorgente pulsata a stato solido a diodo Nd:YAG. La lunghezza d'onda tipica è di 532 nm (opzionalmente di 1064 nm), con una potenza media variabile tra i 20 e i 400 W. Il consumo è quindi molto contenuto, di uno o due ordini di grandezza inferiore ai laser comunemente utilizzati per il taglio della lamiera. Chiaramente, anche le velocità e gli spessori lavorati sono molto più ridotti. L'acqua utilizzata è pura, deionizzata e filtrata e senza alcun tipo di abrasivo.

Schema di funzionamento del processo ibrido laser-waterjet. Credit: Synova



Differenze tra il processo laser-waterjet e un taglio laser convenzionale. Credit: Synova

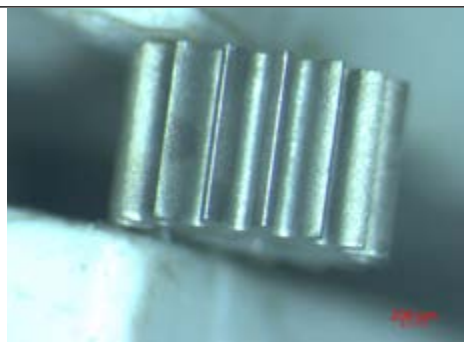


Il getto d'acqua serve a molteplici scopi:

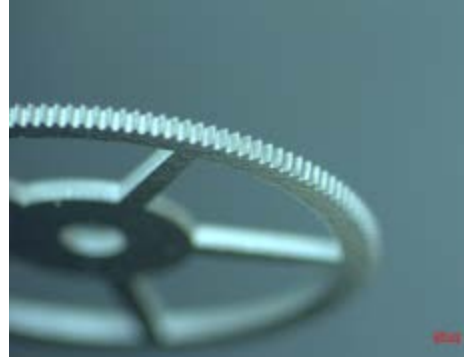
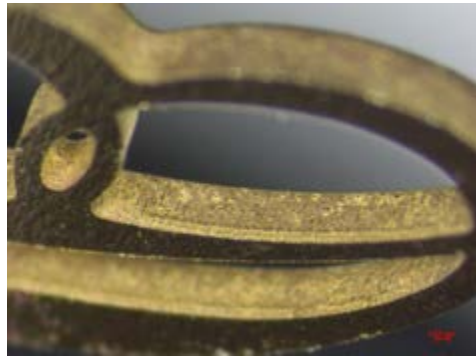
- Guidare e contenere il raggio laser, in modo da garantire un raggio a fuoco su una distanza maggiore. Nei laser convenzionali, il fascio è concentrato solamente in un punto: questo rende più difficile tagliare lamiere di spessore maggiore mantenendo la perpendicolarità delle pareti.
- Raffreddare il pezzo, eliminando gli effetti del calore tipici del taglio termico convenzionale: Zona Termicamente Alterata, ossidazione, danneggiamento della superficie, effetti metallurgici.
- Rimuovere il metallo fuso, permettendo un taglio assolutamente pulito e senza bave o scorie.

Il consumo di acqua è estremamente ridotto, poiché il getto è molto sottile

e la pressione utilizzata è bassa, compresa tra i 50 e gli 800 bar. Per avere un termine di paragone, un taglio ad acqua viaggia tra i 2000 e i 6000 bar e oltre. Anche grazie alla bassa pressione, la forza esercitata sul pezzo è inferiore agli 0,1 N. Questo consente di ridurre enormemente le vibrazioni e altre deflessioni che possono ridurre la precisione di taglio. L'ugello ha un foro con diametro compreso tra i 20 e i 100 μm, inferiore al diametro di un capello umano. È realizzato in zaffiro o diamante: grazie alla loro durezza, questi materiali consentono la generazione di un getto d'acqua stabile per un lungo periodo di tempo prima di dover essere sostituiti. L'ugello solitamente viene mantenuto ad una distanza dal pezzo compresa tra i 5 e i 50 mm.



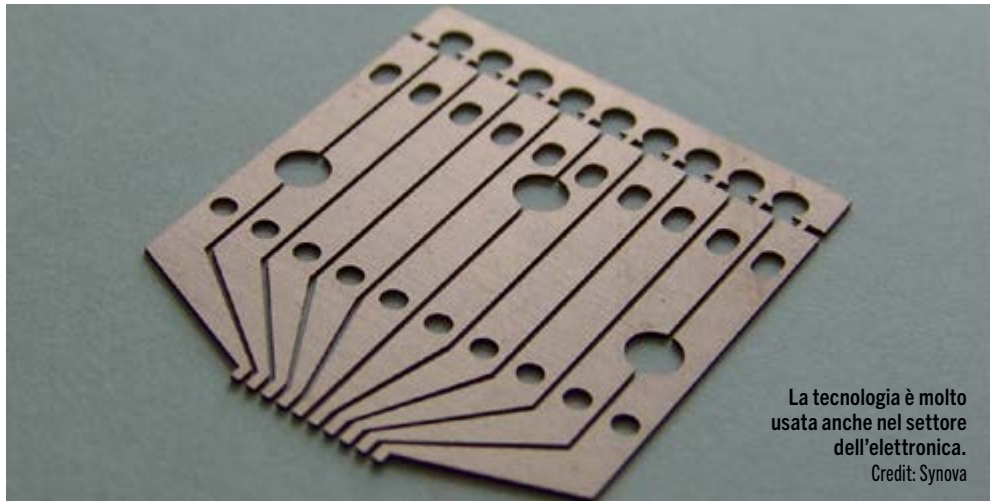
La tecnologia Laser MicroJet® è molto usata nell'orologeria. Qui vediamo delle lancette in ottone, un pignone inox di 1,6 mm di spessore e una ruota dentata di 0,3 mm di spessore. Credit: Synova



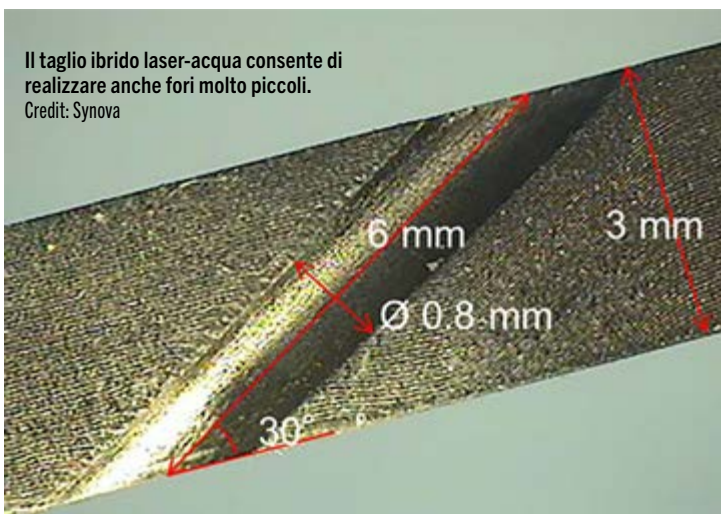
tra larghezza e profondità del taglio. La tecnologia LMJ impiega un raggio laser che viene completamente riflesso nell'interfaccia aria-acqua. Il fascio può essere guidato su una distanza fino a 100 mm, consentendo kerf a elevato parallelismo. Non è necessario alcun controllo della messa a fuoco o della distanza. Grazie alla capacità di raffreddamento del getto d'acqua non c'è praticamente nessun danno termico (nessuna ZTA) e nessun cambiamento nella microstruttura cristallina e nella composizione chimica del materiale. Il materiale ablatato viene rimosso con il flusso d'acqua, lasciando superfici pulite e senza depositi o bave. Il LMJ può tagliare un'ampia varietà di spessori, compresa tra alcuni micron e alcuni centimetri. Può tagliare fino a 30 mm di spessore di diamante o carburo di

Comparazione tra taglio laser convenzionale e MicroJet

Essendo un laser "freddo, pulito e controllato", la tecnologia MicroJet di Synova risolve i problemi associati ai laser a gas, come shock termico, contaminazione, deformazione, deposito di scorie, ossidazione, microfratture e conicità. Il raggio laser focalizzato convenzionale ha una distanza di lavoro limitata da pochi millimetri fino a frazioni di millimetro a causa della divergenza del raggio. Questo non solo rende necessario un controllo preciso della messa a fuoco della distanza, ma limita anche il rapporto



La tecnologia è molto usata anche nel settore dell'elettronica. Credit: Synova



Il taglio ibrido laser-acqua consente di realizzare anche fori molto piccoli. Credit: Synova



Fori cianfrinati su ottone da 20/10. Credit: Synova



Le macchine Laser MicroJet®.
Credit: Synova

silicio o forare fino a 15 mm di spessore di acciaio altoresistenziale, con un diametro del foro di 800 μm . La velocità di taglio può arrivare a 45 mm/min con silicio di spessore 7 mm, o 5 mm/min con diamante CVD da 4 mm. La velocità può sembrare bassa se confrontata con un taglio laser convenzionale, ma è molto più alta se comparata con un'elettroerosione a filo. I laser a guida a getto d'acqua sono strumenti altamente accurati che possono ottenere kerf stretti e paralleli ($>25 \mu\text{m}$) - cioè nessun taper - con una precisione assoluta di $\pm 1,5 \mu\text{m}$. Ciò significa un rilevante risparmio di materiale, soprattutto quando si lavorano metalli costosi, semiconduttori, o pietre preziose. La guida d'onda a getto d'acqua permette la lavorazione di una vasta gamma di materiali, sia conduttivi o che isolanti. Essendo un processo molto delicato, il LMJ è particolarmente adatto alla lavorazione di materiali fragili e duri o compositi che vengono facilmente danneggiati dai processi di taglio tradizionali. Ad esempio:

- ceramica;
- compositi e sandwich;
- metalli e leghe;
- diamante e pietre preziose;
- materiali duri;
- semiconduttori.



Limitazioni

Come tutti i processi, anche il Laser MicroJet ha degli svantaggi. Il primo è lo spessore massimo lavorabile, tipicamente pari a circa 20 mm. In

alcuni casi lo spessore può essere raddoppiato capovolgendo il pezzo e tagliandolo in due cicli. Il secondo è la velocità di taglio; nonostante sia normalmente superiore a quella ottenibile con l'elettroerosione, non può chiaramente competere con i kW di un taglio laser convenzionale o con un taglio ad acqua con abrasivo. Come abbiamo visto, in compenso la qualità è migliore.

Si ringraziano per le informazioni Aksinja Berger-Paddock e il dott. Amédée Zryd di Synova, che ha fornito le immagini.