

LA TRACCIABILITÀ DIVENTA TOTALE

Nelle moderne produzioni industriali diventa sempre più necessaria l'esigenza di marcare i prodotti in modo permanente, associandovi una serie di informazioni indelebili sia di tipo identificativo sia di tipo funzionale. Questo ne garantisce la rintracciabilità dall'inizio del processo fino all'utilizzatore finale

di Paolo Salvadeo
e Marco Tagliaferri

Sempre più spesso nelle filiere produttive viene sentito, o imposto dalle vigenti leggi, il problema di dotarsi di moderni strumenti per la tracciabilità totale, ovvero di idonee tecnologie per 'etichettare', 'leggere', 'interpretare' e accompagnare il prodotto durante tutto il suo ciclo di vita, trasformazioni intermedie incluse. Nasce quindi l'esigenza di marcare i prodotti in modo permanente, associando a questi una serie di informazioni indelebili di tipo identificativo e funzionale, tali da garantire la rintracciabilità, a partire dalla supply chain sino al fruitore o all'utilizzatore finale. Le tipiche macro-informazioni che possono identificare un prodotto riguardano in genere l'indicazione del produttore (il nome e/o il logo dell'azienda), il codice dell'articolo e tutti quei parametri necessari per classificare il singolo oggetto all'interno di un lotto (numero di serie/numero di lotto) con relativa data di produzione. Le indicazioni funzionali includono invece i dati tecnici del prodotto (schemi, lay-out, specifiche, avvertimenti, consigli, ecc.) ed eventuali riferimenti omologativi, normativi o di certificazione. Sempre più spesso l'utilizzo di codici a barre e data matrix, marcati indelebilmente sul prodotto, diviene condizione necessaria per costruire operazioni e progetti più complessi di antisofisticazione e anticontraffazione.

Altre volte si usa addirittura accompagnare il prodotto con la scrittura di codici pseudo random associati biunivocamente a un data base con corrispondenze 'certe' (non pubblico) o vengono persino impressi codici e stringhe alfanumeriche invisibili all'occhio umano, e quindi difficilmente replicabili con metodologie tradizionali. Si parla in quest'ultimo caso di marcatura di micro-informazioni 'segrete', o, utilizzando un termine anglosassone, di 'secret marking'.

LA RISPOSTA AL MERCATO

La risposta al problema della tracciabilità totale se l'è posta come missione AQL, società nata dalla joint-venture tra due aziende del gruppo El.En., società quotata al Nuovo Mercato nel segmento Tech-Star. AQL è in grado oggi di offrire soluzioni innovative e tecnicamente all'avanguardia nel campo della marcatura laser su qualunque tipo di materiale, con soluzioni integrate chiavi in mano, basate sulle specifiche esigenze del cliente. L'azienda, oltre a produrre macchine, di fatto integra e vende un processo completo di identificazione, a partire dall'individuazione della sorgente laser con la lunghezza d'onda più idonea allo scopo, per giungere alla definizione dei giusti parametri per imprimere l'informazione sul pezzo, senza trascurare tutte le metodologie di lettura per l'interpretazione dei dati (scelta della tipologia di sistema di visione, del barcode reader o del lettore di data matrix più idoneo). L'attività di AQL deriva da un'efficace e completa sinergia scaturita dalla fusione delle competenze tecnico-scientifiche di Quanta System S.p.A., elemento di spicco nel panorama internazionale dei laser da più di vent'anni, capace di produrre soluzioni 'breakthrough' in diversi settori industriali, e la consolidata esperienza ingegneristica di Lasit S.r.l., dedicata specificamente ai

Sistema di marcatura laser con installazione di tipo classe 1.



processi di marcatura laser fino dalla sua fondazione nel 1990.

PERCHÉ USARE IL LASER

L'utilizzo del laser, all'interno del contesto della tracciabilità totale, se confrontato con altri metodi tradizionali - tra i quali ad esempio lo stampaggio, l'etichettatura, la serigrafia, la tampografia o la scrittura a getto di inchiostro - offre una serie di vantaggi non trascurabili.

I principali vantaggi sono: capacità di scrittura ad altissima risoluzione e con elevata qualità grafica; elevata flessibilità di utilizzo per diversi tipi di materiali; versatilità nella produzione di codici, stringhe, numeri progressivi, ecc., in modo automatico e anche in movimento su una linea di produzione; semplicità d'uso grazie a un software intuitivo e dedicato; rimozione 'fredda' di strati con forte riduzione degli effetti termici; assenza di contatto (ciò che interagisce con l'oggetto è solamente un fascio coerente di luce) con conseguente eliminazione di stress meccanici indotti; possibilità di eseguire marcature dell'oggetto in posizioni difficilmente accessibili; possibilità di adattare la marcatura alla forma specifica dell'oggetto; capacità di eseguire scritte indelebili; capacità di eseguire marcature segrete o nascoste.

LA MARCATURA INDELEBILE

La parola laser deriva dall'acronimo Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, ovvero 'amplificazione di luce mediante emissione stimolata di radiazione'. Un laser è un oscillatore ottico di onde elettromagnetiche che presenta in uscita una radiazione luminosa coerente, collimata, unidirezionale e monocromatica. Per analizzare in dettaglio le caratteristiche della marcatura laser è necessario introdurre brevemente i principi base del processo, comprendendo come sia possibile scrivere e disegnare utilizzando ciò che di meraviglioso e di più affascinante e misterioso esiste: la luce.

La luce coerente di potenza viene utilizzata nel processo di marcatura per interagire con il pezzo, in genere imprimendo tratti indelebili, secondo schemi preimpostati da computer, sulla superficie dello stesso.

La produzione di una marcatura indelebile è ottenuta facendo interagire la luce laser con porzioni superficiali di materia. Inoltre, la peculiare e intrinseca caratteristica di focalizzabilità della luce laser consente di concentrare il fascio su un'area estremamente piccola (fino a spot di pochi centesimi di millimetro), con il duplice vantaggio di ottenere intensità sufficientemente elevate per interagire con la

materia e contemporaneamente produrre interazione superficiale (asportazione controllata o modificazione molecolare dei primi strati) con una elevata risoluzione spaziale e al contempo elevata velocità. Nomi, scritte, disegni, numeri, codici, e altri, ossia tutti gli oggetti preimpostati in file grafici vengono replicati sul prodotto con scansione del fascio laser mediante galvanometri.

Perché il processo di marcatura funzioni bene e dia dei risultati indelebili, un requisito fondamentale è che vengano utilizzati la lunghezza d'onda giusta e i corretti parametri di potenza e frequenza di ripetizione degli impulsi. È poi necessario che il materiale assorba la radiazione possibilmente in superficie. La qualità della marcatura, e in particolare la risoluzione, l'intensità, ecc. dipendono dalla reazione del materiale alla lunghezza d'onda e alla quantità dell'energia depositata, unitamente alla relativa modalità di deposizione. Per ottenere visibilità e poter permettere una più agevole lettura delle informazioni impresse, è necessario creare un forte effetto di contrasto, giocando in modo ponderato, di volta in volta, processo per processo, sulle giuste modificazioni fisiche e morfologiche che sono indotte da tre fenomeni: l'effetto termico, ablativo e foto chimico. Nell'effetto termico (termo-chimico), l'assorbimento della radiazione provoca un surriscaldamento locale che può portare alla fusione con parziali asportazioni del materiale per vaporizzazione o in altri casi alla completa degradazione del materiale con conseguente carbonizzazione. L'effetto ablativo consiste nella rimozione del materiale per effetto dell'onda d'urto prodotta (su scala microscopica) dall'impatto di impulsi di elevata energia e breve durata. L'effetto foto chimico, infine, è risultante in una permanente variazione dell'assorbimento con conseguente viraggio di colore.

QUALE SISTEMA DA UTILIZZARE

La scelta del sistema laser da utilizzare per la marcatura è basata principalmente sulla natura del materiale da marcare e sull'effetto che si desidera ottenere. Condizioni al contorno e vincoli sulla scelta del sistema 'chiavi in mano' sono comunque legati ai tempi (produttività) e al costo complessivo dell'impianto. In questa logica AQL offre al mercato anche una consulenza alla

La marcatura laser finalizzata alla tracciabilità totale del prodotto include tutte le informazioni identificative, funzionali e omologative del prodotto. Marcatura di involucro plastico realizzata con laser Nd:YAG UV a 355 nm.



sceita ottimale, unitamente a un portafoglio prodotti completo per la marcatura (sistemi in classe IV e sistemi in classe I), utilizzando sorgenti laser a CO₂ (con emissioni nell'infrarosso a 10,6 micrometri), laser Nd:YAG (con emissione a 1.064 nm), e laser Nd:Yag a luce verde (532 nm) e ultravioletta (UV a 355 e 266 nm rispettivamente).

Sorgenti a CO₂

Le sorgenti laser ad anidride carbonica (CO₂) rappresentano la soluzione più semplice ed economica in molteplici applicazioni. Il laser a CO₂ è particolarmente indicato per essere integrato a bordo di macchine per la marcatura di materiali come legno, pelle, tessuti



Il laser CO₂ è la migliore soluzione per la marcatura di legno, pelle, ecc.

industriali, abiti, cartone, imballaggi e imballaggi ecologici (Mater-BI). Questa tipologia di laser è impiegata diffusamente anche per la marcatura di prodotti nelle filiere agro-alimentari. Risulta poi particolarmente efficace nella marcatura di oggetti verniciati e in generale nelle applicazioni in cui la marcatura è prodotta per rimozione di un sottile strato superficiale depositato sull'oggetto, ad esempio l'alluminio anodizzato. La marcatura a CO₂ è prodotta esclusivamente per effetto termico e risulta particolarmente inadeguata qualora si richiedesse un puro effetto di rimozione del materiale.

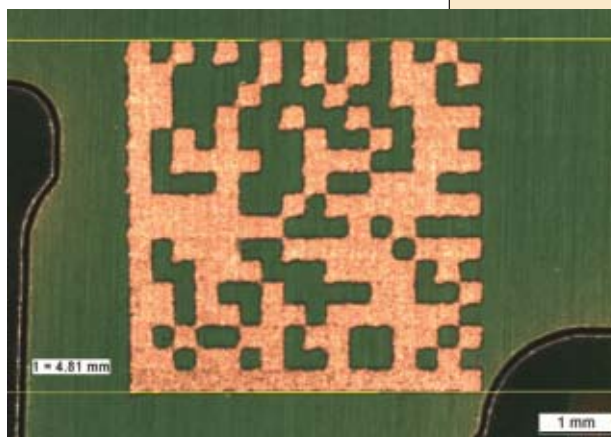
Laser infrarossi

AQL offre una serie completa di laser Nd:YAG con emissione a 1.064 nm (IR). I laser al neodimio in barra YAG (Nd:YAG) sono basati sulla più moderna tecnologia del pompaggio a diodi (DPSSL) che offre eccezionali caratteristiche di efficienza, compattezza e affidabilità, con garanzia di funzionamento senza alcun tipo di manutenzione per lunghi periodi. La tecnologia DPSSL ha rapidamente soppiantato la tradizionale tecnologia del pompaggio a 'flash lamp', che richiede interventi periodici per la sostituzione delle



lampade ogni circa 500 ore di lavoro (svantaggio: fermo macchina). Il pompaggio a diodi IR, causa la sua più elevata efficienza, richiede, a parità di potenza laser erogata, un consumo di energia elettrica e di conseguenza un impianto di raffreddamento, tipicamente di tipo frigorifero, fino a 8 volte inferiore rispetto alle tecnologie precedenti (pompaggio a lampada). Tutti i sistemi laser di marcatura e tracciabilità delle serie FLY di AQL montano a bordo sorgenti Nd:YAG pompate da diodi. A differenza del laser a CO₂, l'emissione di un laser Nd:YAG può essere convertibile in frequenza con una buona efficienza producendo radiazioni visibili (532 nm: verde) e ultraviolette (355 nm e 266 nm: UV). Grazie a queste ulteriori lunghezze

Marcatura di acciaio inox con laser Nd:YAG a 1.064 nm.



d'onda una più vasta gamma di materiali risulta processabile. Rispetto al laser CO₂, il laser Nd:YAG, oltre ad avere una lunghezza d'onda inferiore (e quindi un fotone più energetico), con la generazione delle sue armoniche si presta naturalmente all'emissione di impulsi di luce di elevata energia (fino a qualche mJ) e brevissima durata temporale (fino a pochi nanosecondi). Gli impulsi sono quindi caratterizzati da un'elevata potenza di picco che risulta essere il parametro fondamentale per la rimozione 'fredda' di materiali senza produzione di effetti di surriscaldamento. Questa caratteristica rende il laser Nd:YAG

Marcatura di codice 'data matrix' su PCB in FR4 con laser Nd:YAG IR a 1.064 nm.

la migliore soluzione per produrre marcature profonde e ad alte definizioni. Prodotti tipici marcabili con tecnologia YAG infrarossa (1.064 nm) sono, ad esempio: metalli, acciaio inossidabile, alluminio anodizzato, e una vasta gamma di materiali compositi basati su fibra di carbonio e fibra di vetro. Fra questi ultimi si ritrovano i materiali utilizzati per la produzione di PCB (Printed Circuit Board, ovvero circuiti stampati) in particolare FR4 e CM1.

Laser verdi

I laser Nd:YAG verdi sono ottenuti grazie alla duplicazione in frequenza di laser Nd:YAG impulsati. Questi laser con emissione di radiazione verde (a 532 nm) sono ideali per la marcatura di semiconduttori (silicio, germanio, ecc.) e per alcuni tipi di plastiche. A causa del maggiore assorbimento della radiazione verde (532 nm) rispetto alla radiazione IR



I laser Nd:YAG duplicati in frequenza a 532 nm sono diffusamente impiegati per la marcatura dell'involucro plastico di circuiti integrati. Marcatura ad alto contrasto di condensatori SMD.

(1.064 nm), i laser Nd:YAG duplicati in frequenza sono utilizzabili per la marcatura del vetro e di diversi tipi di materiali trasparenti. In questo settore AQL si è distinta nelle applicazioni di marcature tridimensionali nel vetro e nella marcatura superficiale di lenti e cristalli. Nel settore delle plastiche i laser Nd:YAG duplicati in frequenza sono diffusamente impiegati nella marcatura di ID cards (badge, documenti di identificazione personale, patente di guida di ultima generazione e carte di identità elettroniche, tessere con smart card a bordo, ecc.).

Laser ultravioletti

I laser Nd:YAG ultravioletti sono ottenuti a partire da laser Nd:YAG con un processo di conversione in frequenza risultante nella generazione di radiazione a 355 nm. Tali sorgenti laser sono utilizzate principalmente per la marcatura di materie plastiche la dove i laser verdi non consentono di ottenere risultati soddisfacenti. La maggior parte

delle materie plastiche presenta infatti un coefficiente di assorbimento maggiore per la radiazione UV rispetto al corrispondente valore relativo alla radiazione visibile e infrarossa. Grazie a questa caratteristica l'impiego di laser UV garantisce un ottimo viraggio di colore e un elevato contrasto anche con potenze laser impiegate molto basse. Particolare interesse nella marcatura dei materiali plastici è stato dedicato alla marcatura di materiali polimerici impiegati nell'industria elettrica ed elettronica,

I laser Nd:YAG con emissione UV a 355 nm sono diffusamente impiegati nei processi di marcatura dei materiali polimerici. Esempio di marcatura su ABS.



Marcatura plastica. La marcatura eseguita con laser UV a 355 nm produce un alto contrasto con elevata risoluzione.

marcature di elevata qualità sono ottenibili su poliammidi (PA), policarbonato (PB), ABS e altri polimeri (PBT, PBT + ABS, PBT-FR, ecc.).

I sistemi di marcatura basati su laser UV oltre alle applicazioni nel settore delle materie plastiche sono impiegati anche nella marcatura di film ceramici, allumina e altri materiali fra cui i diamanti.

MICRO-MARCATURE 'INVISIBILI'

Quest'ultima sessione vuole invece riprendere il filo logico interrotto all'inizio di questo articolo, ricongiungendo idealmente gli ultimi laser citati (ultravioletti) al concetto della identificazione certa e incontrovertibile di eventuali frodi (anche la scomparsa di un prodotto con una funzione ben specifica, sostituito da uno contraffatto, purché si indaghi a riguardo, è paradossalmente una



Micromarcatura realizzata con laser Nd:YAG UV a 355 nm. Altezza del carattere: 80 micrometri.

misura di tracciabilità e di controllo). Fatta questa premessa, per meglio comprendere il significato di una marcatura segreta fatta con un laser ultravioletto, riprendiamo per un momento a parlare delle differenti caratteristiche tra laser. La focalizzabilità di un fascio laser dipende esclusivamente dalla qualità del medesimo. A parità di qualità di fascio le radiazioni UV a 355 nm risultano però tre volte più focalizzabili rispetto alle radiazioni a 1.064 nm e 30 volte più focalizzabili quando comparate alle radiazioni di un laser a CO₂ che emette luce a 10,6 micrometri. La caratteristica di focalizzabilità di un laser a 355 nm consente di ottenere marcature invisibili a occhio nudo. Disponendo di una risoluzione (dimensioni minime del punto) di 10 micrometri, è possibile realizzare scritte di 60 micrometri (ossia sessanta milionesimi di metro), che richiedono un ingrandimento di circa 20 X per una lettura diretta del codice.

Paolo Salvadeo e Marco Tagliaferri svolgono la loro attività presso AQL.