

Laserscanner mit Präzision und Performance

In der Laserbearbeitung für die Serienproduktion steigen die Anforderungen besonders in Bezug auf die Präzision und die Geschwindigkeit kontinuierlich. Aktuelle Scannersysteme positionieren auf einen Mikrometer genau und bieten einen hohen Durchsatz, zum Beispiel mithilfe von Bildverarbeitung und **MEHRFACH-SCANKÖPFEN**.

CHRISTOPH SCHILLER

Die immer höheren Anforderungen an die Präzision aktueller Laserscanner resultieren vor allem aus dem Trend zur Mikrobearbeitung mittels Laser. Toleranzen und Reproduzierbarkeit in der Fokuspositionierung von weniger als 1 µm werden immer häufiger nachgefragt. Um eine derartige Präzision zu erreichen, müssen – je nach Applikation – einer oder mehrere der folgenden Aspekte berücksichtigt werden.

Genauere Feldkalibrierung

Bei der Positionierung des Laserfokus auf einem Werkstück soll das interne Koordinatensystem des Laserablenksystems mit den Koordinaten auf dem Werkstück übereinstimmen. Bei der Lasermaterialbearbeitung wird dieser Abgleich Feldkalibrierung genannt. Am einfachsten geschieht die Feldkalibrierung dadurch, dass eine Glasplatte mit einem Kalibriermuster in das Arbeitsfeld gelegt wird, eine Kamera dieses Muster über das Scansystem erkennt, dabei die internen Koordinaten abgleicht, und mit einer anschließenden Testmarkierung das Bildfeld kalibriert. Eine automatische Mustererkennung ist mittels Bildverarbeitung möglich, zum Beispiel mit dem Bildverarbeitungssystem ›SCANalign‹ von Scanlab (**Bild 1**).

Der Kalibriervorgang reduziert sich dann auf das Einlegen der kalibrierten Glasplatte, das Drücken einer Taste, das Einlegen eines Testwerkstücks und das nochmalige Drücken einer Taste. Weil der gesamte Vorgang nur noch einige Minuten dauert, kann er oft



Bild 1. Bei der Feldkalibrierung mit dem Bildverarbeitungssystem ›SCANalign‹, bestehend aus Strahlteiler, Kamera und Beleuchtung, scannt die Kamera ein Gitter (hier beispielhaft grün), das der Bearbeitungslaser auf einem ebenen Werkstück ausgegeben hat

> KONTAKT

HERSTELLER
SCANLAB AG
 82178 Puchheim
 Tel. +49 89 800746-0
 Fax +49 89 800746-199
www.scanlab.de
 Messe LASYS, Stuttgart: Halle 4/C35

wiederholt werden. Bei schwankenden Umwelt- oder Maschineneinflüssen oder bei Veränderungen an den Maschinen kann so das System ohne lange Unterbrechung auch mehrmals am Tag kalibriert werden. Auf diese Weise lässt sich eine absolute Genauigkeit von unter einem 14 000stel der Feldgröße erreichen. Bei Bearbeitungssystemen mit mehreren Scanköpfen kann das Bildverarbeitungssystem genutzt werden, um die Felder der Köpfe gegeneinander – insbesondere in den

Bild 2. Das Bildverarbeitungssystem SCANalign vermisst Werkstücke – hier zur Darstellung ein einfacher Messschieber – und kann dann trotz ungenauer Positionierung des Werkstücks die Laserbearbeitung mit Präzision steuern



Überlappregionen – zu kalibrieren. Dadurch sind Bearbeitungsfelder von mehreren Quadratmetern möglich.

Präzisionssteuerung trotz ungenauer Positionierung

Für eine genaue Bearbeitung muss üblicherweise auch das Werkstück präzise positioniert werden. Für Fälle, in denen das nicht möglich ist, schafft wiederum ein Bildverarbeitungssystem Abhilfe. Wenn das System kalibriert ist, kann die Lage des Werkstücks vermessen und daraus die Bearbeitung relativ zum Werkstück genau gesteuert werden. **Bild 2** zeigt, dass SCANalign Werkstücke, in diesem Fall einen Messschieber, so genau vermessen kann, dass der durch das Bildverarbeitungssystem ermittelte Wert – hier mithilfe eines grünen Lasers projiziert – genau mit dem im Messschieber eingestellten Wert übereinstimmt. Das Bildverarbeitungssystem erlaubt daher unter anderem die Lasernachbearbeitung und Lasermikrobearbeitung von zuvor mechanisch bearbeiteten Werkstücken; es ermöglicht des Weiteren das genaue Laserbearbeiten bei ungenauen Handling- und Transportsystemen. Die Kosten des Bilderkennungssystems sind deutlich niedriger als die von Positionierungseinrichtungen mit der erforderlichen Genauigkeit.

Unbedeutende Temperaturdrift

Durch wechselnde externe Temperaturen oder durch zeitlich variierende Belastungen kann es zu Positionierungsänderungen des Scansystems kommen, die die Präzision verringern. Eine wichtige Gegenmaßnahme ist der Einsatz von Galvanometerscannern, deren Winkelaufnehmer auf Encoderbasis funk-

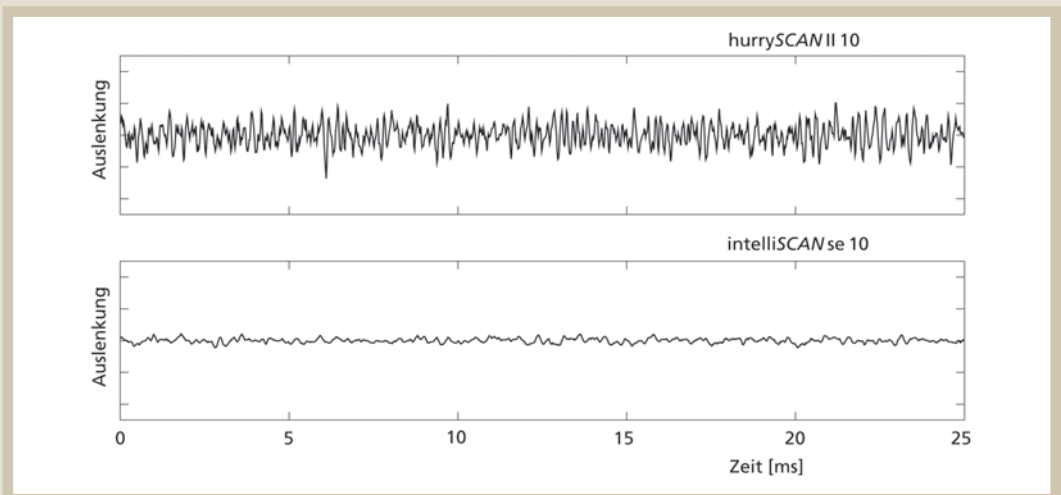
tionieren. Bei Encodern kann die Temperaturdrift im Allgemeinen vernachlässigt werden. Bei der Mikrobearbeitung in besonders großen Bearbeitungsfeldern ist es oft sinnvoll, zusätzlich eine Wasserkühlung der Scanköpfe vorzunehmen. Eine Kühlung mit temperiertem Wasser verhindert die thermische Ausdehnung und sorgt dafür, dass die Kalibrierung auch über die Zeit erhalten bleibt.



Bild 3. Hohe Auflösung, niedriges Rauschen und niedrige Temperaturdrift sind durch encoderbasierte Galvanometerscanner möglich, wie sie in den Modellen »dynAXIS se« umgesetzt sind. Der optische Winkencoder befindet sich im unteren Teil des Gehäuses

Bilder: Scanlab

Bild 4. Durch den Einsatz von digitalen Regelungen und encoderbasierten Winkelencodern (unten) lässt sich das Positionsrauschen im Vergleich mit analogen Regelungen und analogen Winkel-aufnehmern (oben) deutlich verringern



Hohe Auflösung und niedriges Rauschen

Hohe Präzision bei der Laserbearbeitung erfordert auch eine hohe Auflösung bei der Positionierung des Laserstrahls. Dazu bieten encoderbasierte Galvanometer in Kombination mit digitalen Regelungssystemen die beste Lösung (Bild 3). Derzeit sind Auflösungen von 20 bit über das Beschriftungsfeld, also in etwa ein Millionstel der Feldlänge, zu erreichen. Bei der Positionierung des Laserstrahls begrenzt vor allem das Positionsrauschen der Scanner (englisch Dither) die erreichbare effektive Präzision. Die vorteilhafteste Lösung ist der Einsatz von digitalen Regelungen, deren Regelungsalgorithmen speziell für niedriges Rauschen ausgelegt sind. In solchen Scansystemen kann das Rauschen auf den Wert des niedrigsten Bits des Encoders reduziert werden, also bei 20 bit auf etwa ein Millionstel des Bearbeitungsfelds (Bild 4). Die Auflösung bei einer Feldlänge von 100 mm entspricht einer Genauigkeit von 100 nm. Eine weitere Erhöhung der Bit-Zahl erscheint nicht sinnvoll.

Pulsgenaue Bearbeitung

Ultrakurzpuls Laser sind bei der Mikrobearbeitung immer häufiger im Einsatz, vor allem weil sie die Bearbeitung fast aller Materialien ermöglichen und dabei die thermischen Schädigungen sehr gering halten. Ultrakurzpuls Laser haben jedoch im Gegensatz zu herkömmlichen Lasern die Eigenschaft, eine feste Pulsrate zu erzeugen.

Die Mikrobearbeitung steht daher vor neuen Herausforderungen, wenn jeder Puls exakt platziert werden muss, ohne dabei den exakten Zeitpunkt der Laseremission aktiv beeinflussen zu können. Diese Herausforderungen konnten inzwischen gelöst werden (Bild 5).

Schnellere Galvanometer

Die stetig wachsenden Anforderungen an die Scangeschwindigkeit stammen aus zwei unterschiedlichen Anwendungsfeldern. Einerseits soll der Durchsatz von Laserbearbeitungsmaschinen steigen, anderer-

seits verlangen Anwender von Ultrakurzpuls Lasern nach schnellen Strahlablenkungen, um die thermischen Effekte der Laserbearbeitung am Werkstück so gering wie möglich zu halten. Um höhere Scangeschwindigkeiten zu realisieren, werden derzeit – je nach Anwendung – Lösungen mit neuen Materialien, neuen Komponenten und neuen Systemansätzen verfolgt und kombiniert.

Höhere Beschleunigungen und Geschwindigkeiten der Ablenkspiegel in Galvanometerscannern sind durch eine Vielzahl von Technologieinnovationen und neuen Materialien möglich. Eine besondere Bedeutung kommt dabei der Regelungstechnik zu. Nur durch die digitale Regelungstechnik können die physikalischen Grenzen der Scansysteme erreicht, respektive verschoben werden. Digitale Regelungssysteme reduzieren das Rauschen, ermöglichen eine hohe Auflösung und eine hohe Reproduzierbarkeit und realisieren somit höchste Geschwindigkeiten.

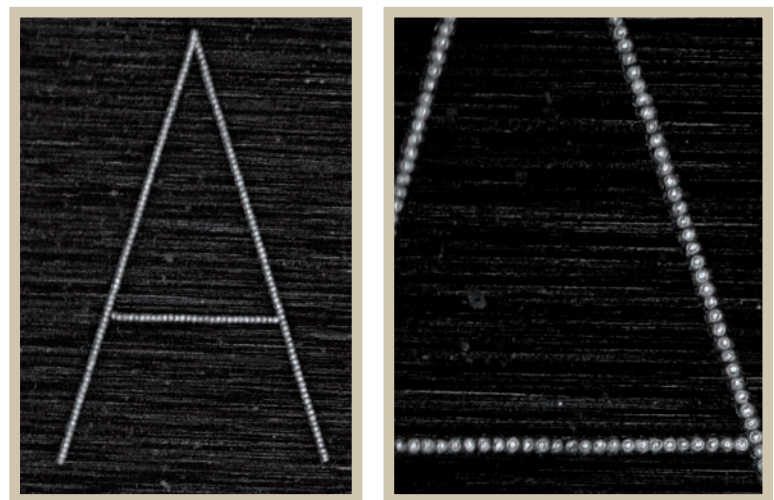


Bild 5. Die Bearbeitung von gepulsten Lasern mit festem Takt lässt sich pulsgenau durchführen: Der mit einem gepulsten Laser erzeugte, 1 mm hohe Buchstabe A wurde dreimal hintereinander bearbeitet. Jeder Puls liegt genau auf dem Ort der vorherigen Bearbeitung, da Timing-Abweichungen durch eine automatische Korrektur der Ansteuerdaten kompensiert wurden

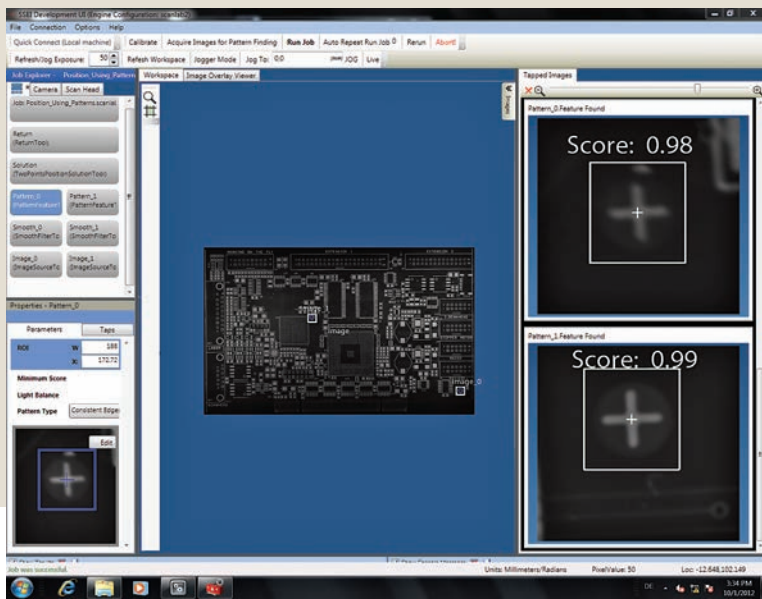


Bild 6. Das Bildverarbeitungssystem erkennt aufgebraachte Markierungen und wenn gewünscht auch DataMatrixCodes – in diesem Fall auf einer Platine – und kann dann, abhängig vom Inhalt des gescannten Codeblocks, die entsprechende Bearbeitung durchführen

Insgesamt kann die Bearbeitungsleistung von Galvanometerscannern in den nächsten Jahren noch deutlich gesteigert werden. Vor allem in der Mikroproduktion wird der Durchsatz von Laserbearbeitungsprozessen weiter ansteigen. Da ein Bildverarbeitungssystem auch auf dem Werkstück angebrachte Barcodes und 2D-Codes auswerten kann, ist es möglich, die Laserbearbeitung abhängig vom Inhalt des Codeblocks auszuführen (**Bild 6**). Dadurch wird ein Umrüsten der Bearbeitungssoftware unnötig und ein hoher Durchsatz, auch bei verschiedenartigen Werkstücken, erreicht.

Mehrfach-Scanköpfe

Für Anwendungen mit besonders hohen Spotraten gibt es nach heutigem Stand nur wenige praktische Lösungen. Eine Lösung ist der Einsatz von Mehrfach-Scanköpfen, in denen mehrere Laserstrahlen parallel

das Werkstück bearbeiten. Dieses Verfahren ist oft kostengünstig und technisch ausgereift. Immer mehr Laserbearbeitungsmaschinen, vor allem in der großflächigen Mikrobearbeitung, nutzen diese Möglichkeit.

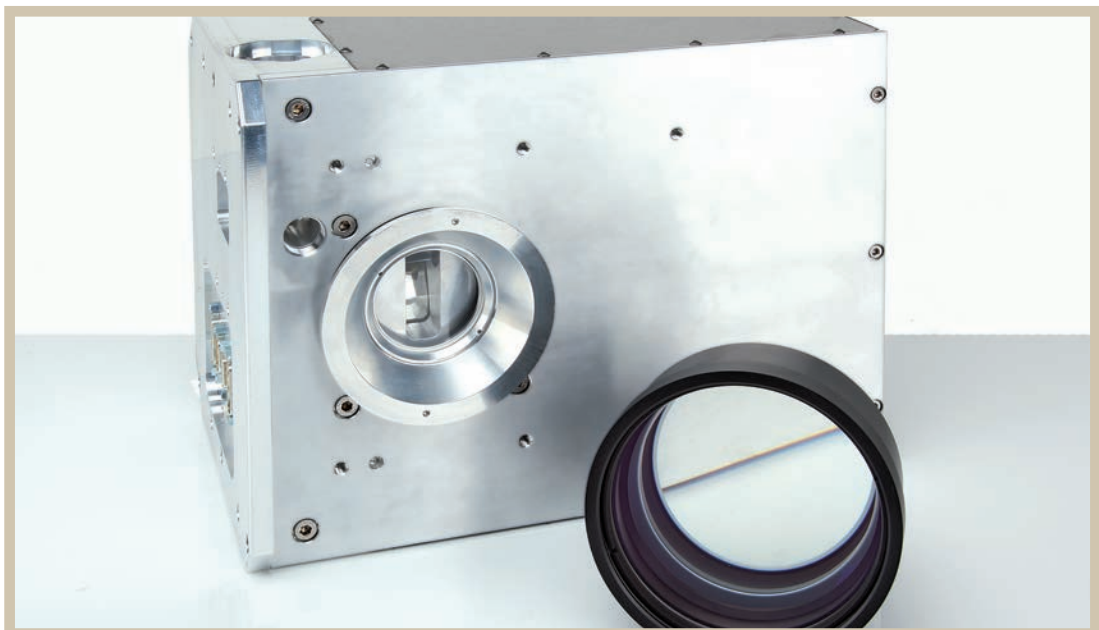
Alternativ bieten sich für hohe Spotraten Polygon-scanner an (**Bild 7**). Deren Nachteile, vor allem die Rasterbeschriftung mit räumlich festgelegter Richtung, lassen sich durch die Kombination mit Galvanometerscannern teilweise abmildern. Diese hybriden Scanner befinden sich zurzeit noch bei verschiedenen Kunden in der Testphase. Insgesamt werden sowohl die Beschriftungsleistungen von Scanköpfen und Maschinen als auch deren Präzision in den kommenden Jahren deutlich steigen. Durch diese Fortschritte wird die Lasermikrobearbeitung für eine Vielzahl weiterer Anwendungen möglich. ■

MI110303

AUTOR

Dr. CHRISTOPH SCHILLER ist Leiter der Geschäftsfeldentwicklung bei Scanlab in Puchheim; C.Schiller@scanlab.de

Bild 7. Ein hybrider Polygon-Galvanometerscanner erlaubt die üblichen Abstände zum Werkstück, ermöglicht die Korrektur von Facetten- und anderen Bearbeitungsfehlern sowie die Bearbeitung entlang leicht gekrümmter oder verdrehter Wege und ist vor allem für die flächige Mikrobearbeitung interessant



Bilder: Scanlab