

# TECHNISCHE RUNDSCHAU



Das Schweizer Industriemagazin

Ausgabe  
I/22

CHF 14.–  
114. Jahrgang  
21. Januar 2022  
technische-rundschau.ch



TITELBILD UND BEITRAG:



BEARBEITUNG

Werkstoffschonend, präzise und schnell

24

## DER TRENDREPORT

Die Konjunkturanalyse der TR zum  
Jahr 2022: verhalten optimistisch!

6

## DOSSIER INSTAND- HALTUNG & PROZESSE

Von Nachhaltigkeit bis zu  
Prozesssicherheit

14

## 3D-PRINTING UND AD- VANCED TECHNOLOGIES

Extremes Hochgeschwindigkeits-  
Laserauftragschweißen

36

## AUTOMATISIERUNG UND DIGITALISIERUNG

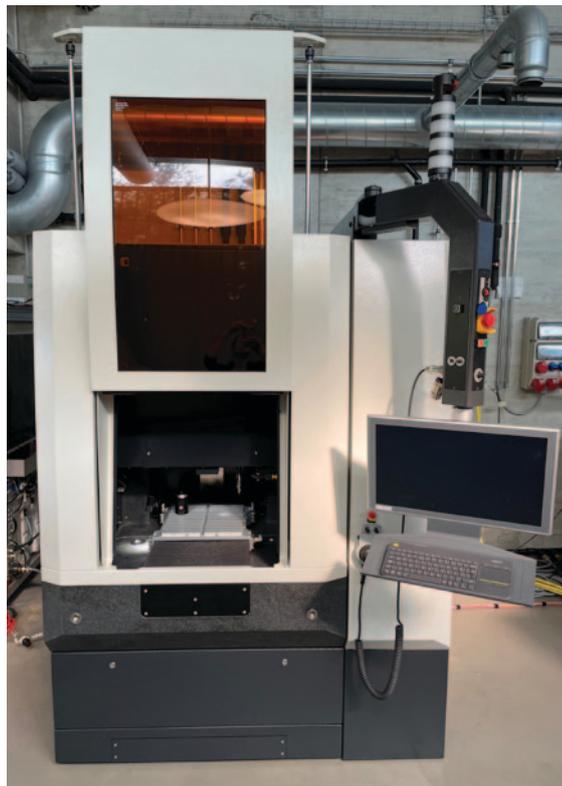
So geht die KI-gestützte  
Messdatenanalyse

42

# Werkstoffschonend, präzise und schnell

Beim patentierten LMJ-Verfahren erfolgt die Bearbeitung durch einen haardünnen Wasserstrahl, in den Laserimpulse geleitet werden. Dabei kühlt das Wasser den Arbeitsbereich und verhindert Materialschäden. Das Verfahren erobert immer mehr Einsatzbereiche gerade bei schwer bearbeitbaren Werkstoffen wie Hartmetallen, CBN, Diamant und Keramik. Zudem eignet es sich gut für Faserverbundwerkstoffe, Titan, Cobalt, Superlegierungen und Halbleiterwerkstoffe.

Für Amédée Zryd, Direktor Applikation/F&E der Synova S.A. in Duillier bei Nyon, ist klar: «Der entscheidende Unterschied unseres Laser-MicroJet-Verfahrens zu allen anderen Laserverfahren ist die Führung des Laserstrahls im Inneren eines haardünnen, formstabilen Wasserstrahls.» Die energieintensiven Nanosekunden-Laserimpulse werden mit einem ausgeklügelten Arbeitskopf in das Innere des nur wenige 10 µm dicken Wasserstrahls eingekoppelt. Das Wasser hat dabei die gleiche Funktion wie die optischen Fasern in Kommunikationskabeln: das Laserlicht wird an den Grenzflächen des Wassers zur Luft vollständig reflektiert. Im Gegensatz dazu weist der Arbeitsbereich konventioneller Laseranlagen aufgrund der Fokussierung durch Optiken nur eine geringe Tiefe auf. Diese Besonderheit des LMJ-Lasers ermöglicht sehr tief reichende Schnitte mit vertikalen, sehr glatten Oberflächen. Der mit mittlerem Druck – bis zu 500 bar – auftreffende Wasserstrahl verhindert thermische Schädigungen und spült Reaktionsprodukte aus dem Arbeitsbereich. Das Ergebnis sind saubere Oberflächen und



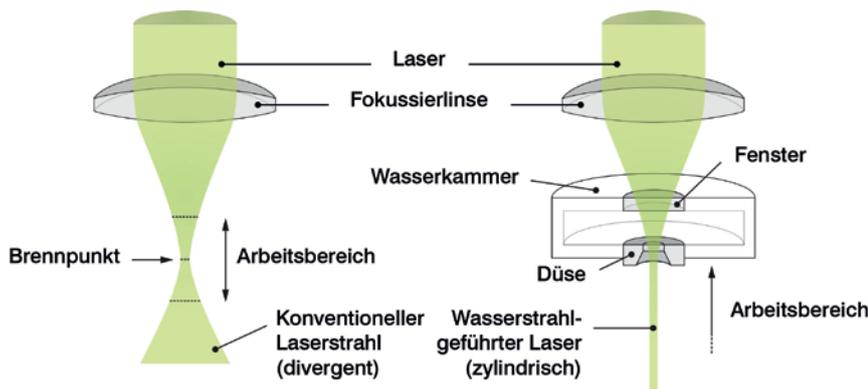
**LMJ-Lasersysteme werden in vielen Grössen und Ausstattungen angeboten. Hier eine LCS 303 mit drei Achsen und einem Arbeitsraum von 300 × 300 × 100 mm. (Bild: Synova)**

Materialeigenschaften, die denen des unbearbeiteten Werkstoffs entsprechen. Die dünne Wasserfaser ermöglicht extrem enge, absolut parallele Schnittspalten von 25 bis 80 µm mit minimaler Flankenrauheit.

«Ein Einsatzgebiet mit stark wachsender wirtschaftlicher Bedeutung ist die Bearbeitung von Hartmetallen und Schneidkeramiken wie CBN, SiC oder Korund», sagt Zryd. Dabei gehe es nicht nur um die grundlegende Geometrie, sondern auch um die Darstellung der gewünschten Schneidwinkel sowie um das Schärfen der Schneiden. Für Letzteres kommen Fünffachs-Systeme zum Einsatz.

Eine weitere zukunftssträchtige Aufgabenstellung ergab sich bei der Herstellung von Permanentmagnet-Werkstoffen wie NdFeB, die aufgrund ihrer hohen Härte und Sprödigkeit nur schlecht spanend bearbeitet werden können. Hier kommt Synova zugute,

dass mit ihrem Verfahren auch grosse Wanddicken bearbeitet werden können. Zudem gibt es aufgrund der guten Kühlung des Werkstücks durch den Wasserstrahl so gut wie keine Beeinträchtigung der magnetischen Eigenschaften des



**Während der wassergeführte LMJ-Laser über eine grössere Strecke fokussiert bleibt, sinkt die Intensität des konventionellen Laserstrahls hinter dem Fokuspunkt sehr schnell wieder ab.**

(Grafik: Synova)

Werkstoffs. Weitere interessante Einsatzgebiete für das LMJ-Verfahren sind das Einbringen von Kühlbohrungen in die unter Umständen keramikbeschichteten Schaufeln von Gasturbinen sowie in grosse Siliziumteile, die in Wafer-Reaktoren als Verschleissteile verwendet werden. In letzterem Fall wurden für einen Grosskunden speziell hierfür ausgelegte Anlagen entwickelt. Dort stünden, so Zryd, mittlerweile zahlreiche dieser Systeme praktisch das ganze Jahr über im dreischichtigen Betrieb im Einsatz und erreichten dabei Verfügbarkeiten von 98 Prozent. Dies dokumentiere die Reife der LMJ-Technologie zur Durchführung von Arbeiten, an die höchste Anforderungen bezüglich Qualität und Zuverlässigkeit bei zugleich strengen Sicherheitsvorgaben gestellt werden.

### Extrem schmaler Schnittspalt

«Obwohl klare Diamanten unser grünes Laserlicht kaum absorbieren, können wir alle Diamantwerkstoffe gut bearbeiten», verrät Zryd. Der Grund: Schon beim Auftreffen des ersten Laserstrahls entsteht auf der Oberfläche des Diamanten schwarzer Graphit, der die nachfolgenden Laserimpulse hervorragend absorbiert. Bei Bedarf lässt sich die dünne Graphitschicht hinterher problemlos wegpolieren. Zu den wichtigsten Vorteilen der Synova-Technologie gehört dabei der extrem schmale Schnittspalt, weil dadurch nur wenig wertvolles Steinvolumen verloren geht. Ein immer bedeutenderes Einsatzgebiet sind auch künstlich mittels CVD-Verfahren hergestellte Steine. Die Schnitttiefen nehmen dabei immer weiter zu: Aktuell liege der Standard noch bei ungefähr 10 mm, doch seien auch bereits 20 mm erreicht. Da man die Werkstücke wenden und auch von der Rückseite her bearbeiten kann, lassen sich somit Scheiben mit einer Breite von bis zu 40 mm erzeugen. Auch andere industriell hergestellte Diamantwerkstoffe, wie MKD, PKD und Metall-Matrix-Diamant-Verbundwerkstoffe, sind gut bearbeitbar.

«Prinzipbedingt können wir natürlich nahezu jede Variante von Keramiken bearbeiten, soweit sie für grünes Licht nicht-transparent sind», sagt Zryd. Hier gebe es interessante Entwicklungen, beispielsweise im Bereich sogenannter Oxid-Oxid-Ceramic-Matrix-Composites (OxOx-CMCs). Bei diesen Werkstoffen werden hochwertige keramische Fa-

sern in eine ebenfalls keramische Matrix eingebettet. Aufgrund ihrer hervorragenden thermischen Beständigkeit bei guter Hochtemperaturfestigkeit und geringem Gewicht kommen sie hauptsächlich im der Luft- und Raumfahrt zum Einsatz und konkurrieren dort mit Titanwerkstoffen und Hochtemperaturlegierungen.

Vergleichbar gut bearbeitbar sind Kohlefaser-Verbundwerkstoffe und zahlreiche weitere Keramikwerkstoffe mit komplizierten Zusammensetzungen, die bei der Herstellung von Leistungshalbleitern oder Sensoren zum Einsatz kommen, sowie Diamond Grained Composites. Bei diesen sind Diamantkörner

in eine Metall- oder Keramikmatrix eingebettet. Einsatzbereiche sind konturierte Schleifscheiben oder auch Uhrgehäuse, die durch die Diamantkörner eine besondere Widerstandsfähigkeit gegen Kratzer und Beschädigungen erhalten. Zu den keramischen Werkstoffen gehört auch das Halbmetall Silizium. Einsatzbeispiel sind massive Siliziumscheiben mit Dicken bis zu 10 mm. Diese werden für die Chipherstellung mit zahlreichen exakt platzierten und dimensionierten Bohrungen versehen. Durch diese Öffnungen werden bei der Chip-Herstellung aggressive Reaktionsgase in genau bemessener Dosierung auf die Wafer geleitet.

Ein weiterer Vorteil des Schneidverfahrens ist gemäss Zryd die Möglichkeit, hochpräzise Mikrostrukturen herzustellen. Beispiel hierfür sind sogenannte Spinnerets, also Spindüsen für die Herstellung von Textilfasern. Diese Strukturen bestehen aus Arrangements von sehr kleinen Durchbrüchen, durch welche dünne Stränge von flüssigem Kunststoff extrudiert werden,

der nach dem Austreten polymerisiert und die gewünschte Textilfaser bildet. Oft werden durch geschickte Anordnung zahlreicher solcher Spinnerets ganze Faserbündel erzeugt, die anschliessend zu einem Garn zusammengefasst werden. Für die Erzeugung dieser Strukturen eigne sich das LMJ-Verfahren ganz besonders, da die damit erzeugten Durchbrüche und Bohrungen sehr saubere Kanten und glatte, exakt vertikale Flanken aufwiesen. Letzteres sei wichtig für eine einwandfreie Qualität der Fasern. Andererseits liessen sich mit dem LMJ-Verfahren auch grössere Strukturen mit extrem dünnen, teils nur 30 µm breiten Stegen für Erschütterungssensoren erzeugen.

Bezüglich der flächigen Ausdehnung der Werkstücke gibt es laut Zryd für das LMJ-Verfahren keine wirkliche Begrenzung: Es sei jederzeit möglich, einen Arbeitskopf auf einen Roboterarm oder eine Linearschiene zu setzen und über fast beliebige Strecken hinweg zum Einsatz zu bringen. «Um auch bei längerem Einsatz reproduzierbare Ergebnisse zu erreichen, müssen wir zahlreiche Parameter überwachen und stabil halten», ergänzt Zryd. Immerhin gehe es um oft sehr teure Werkstücke. Hierfür habe Synova im Laufe der Jahre zahlreiche Lösungen entwickelt. (msc) ■

Synova S.A.  
1266 Duillier (Nyon), Tel. 021 552 26 00  
sales@synova.ch