



Bild: Synova

Hochgenau dank Kombination: Beim Verfahren Laser MicroJet schneidet ein Laser, der durch einen feinen Wasserstrahl über lange Wege konvergent geführt wird und exakt fokussiert, ohne Werkstücke thermisch zu schädigen.

Laser MicroJet schneidet kalt hochgenau

Das von der Synova S.A. in Duillier entwickelte Schneidverfahren Laser MicroJet (LMJ) arbeitet mit einer Kombination von Laser- und Wasserstrahl. Hochenergetische Laserimpulse werden von einem feinen Wasserstrahl geführt und bearbeiten, ohne thermisch zu schädigen.

Klaus Vollrath

Das aus einem Wasser- und einem Laserstrahl kombinierte Bearbeitungsverfahren LMJ eignet sich für kleine, hochgenau zu bearbeitende Bauteile in der Feinmechanik, der Medizintechnik, der Uhrenindustrie und in der Elektronik, zum Fertigen von Instrumenten und Werkzeugen sowie für die Luft- und Raumfahrt. Aktuell entwickelt der Hersteller dafür eine Automatisierung, um den Schneidprozess in eine Industrie-4.0-Umgebung einbinden zu können.

Exakt fokussieren für schmale, exakt vertikale Schneidspalte

«Der Laser MicroJet(LMJ)-Bearbeitungsprozess unterscheidet sich grundsätzlich von allen anderen

Laserbearbeitungsverfahren auf dem Markt», erläutert Dr. Amédée Zryd, Direktor Applikation und F&E der Synova S.A. im westschweizerischen Duillier. Besonderheit dieser Technologie ist die Tatsache, dass die kurzen, aber energieintensiven Laserimpulse – statt durch eine Optik – über eine «optische Faser», gebildet aus einem haarfeinen Wasserstrahl, auf das Werkstück geleitet werden. Da der Laser im Inneren des laminar strömenden und damit über Distanzen von bis zu 50 mm gleichbleibend dünnen Wasserstrahls durch Oberflächenreflexion fokussiert bleibt, sind sehr tief reichende Schnitte mit faktisch vertikalen und sehr glatten Oberflächen möglich. Die Bearbeitung erfolgt durch aufeinanderfolgende Durchläufe, wodurch die sich

>> Um die Lücke zu konventionellen Werkzeugmaschinen zu schliessen, betreiben wir seit Jahren eine systematische Innovationsoffensive. <<

Dr. Amédée Zryd, Direktor Applikation und F&E der Synova S.A.

zunächst bildende Kerbe jeweils ein wenig vertieft wird, bis der Schnitt komplett durch das Material geht. Dank des Wasserstrahls bleibt der Laserstrahl über wesentlich grössere Distanzen voll fokussiert als derjenige eines konventionellen Lasers. Im Werkstück bewirkt der Laserstrahl das kurzzeitige Aufschmelzen winziger Werkstoffmengen. Der bei einem Druck von 50 bis 800 bar auftreffende Wasserstrahl kühlt dabei hocheffizient das Werkstück. So erleidet es keine thermische Schädigung. Zudem sorgt der Wasserstrahl dafür, dass abgeschmolzene Partikel schnell und effizient aus dem Arbeitsbereich herausgespült und abtransportiert werden. Das Ergebnis sind saubere Oberflächen sowie Materialeigenschaften, die denen des unbearbeiteten Werkstoffs entsprechen. Die dünne Wasser«faser» gewährleistet nur 25 bis 80 µm schmale Schnittspalte. Die Flanken sind extrem glatt. Bearbeitbar sind Metalle, Hartmetalle, Mineralien, Keramik, Halbleiter oder Verbundwerkstoffe. Die Härte spielt keine Rolle, im Gegenteil, der Laser kann gerade bei harten und superharten Werkstoffen bis hin zum Diamant seine Stärken ausspielen.

Prozess beherrschen

«Der Vorteil einer Bearbeitung mit einer klassischen Werkzeugmaschine besteht darin, dass die Werkzeugparameter mit äusserst engen Toleranzen definiert sind», sagt Dr. Amédée Zryd und erläutert: «Ein Bohrer mit 3 mm Durchmesser wird eine Boh-



Prozess überwachen: Eine Messzelle erfasst die Laserenergie innerhalb des Wasserstrahls.

Bild: Synova

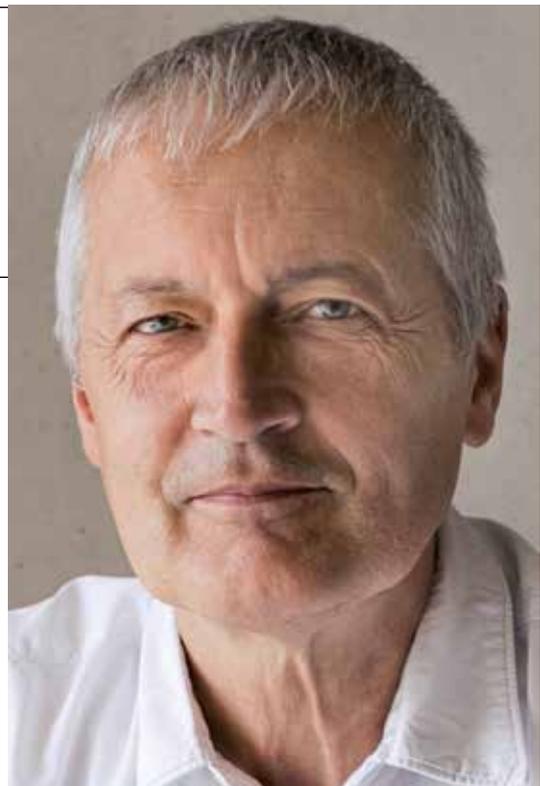


Bild: Synova

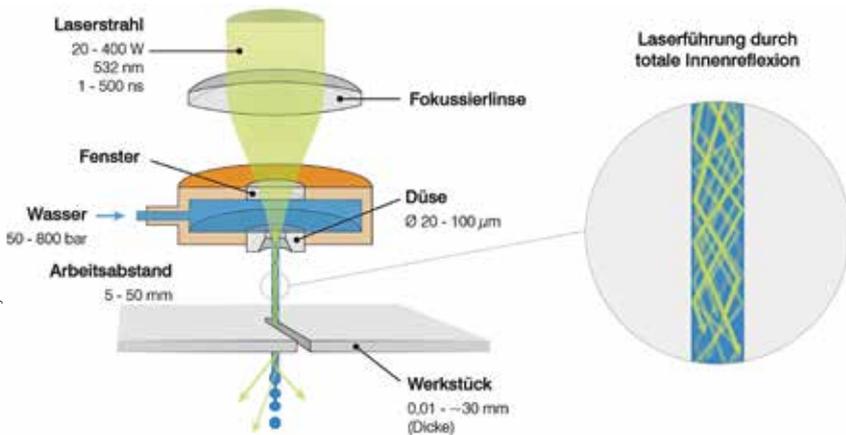
rung mit exakt diesem Durchmesser und einer ebenfalls genau definierten Tiefe erzeugen. Aus diesem Grund lassen sich die entsprechenden Bearbeitungsprozesse mit hoher Sicherheit beherrschen. Beim LMJ-Prozess sind die Verhältnisse dagegen komplexer.»

Um den Laser-MicroJet-Prozess ähnlich sicher zu beherrschen, betreibt der Hersteller in Duillier seit Jahren eine systematische Innovationsoffensive. Ziel ist die Stabilisierung aller wesentlichen Prozessparameter. Hierfür wurden spezielle Sensoren sowie ausgeklügelte Mess- und Überwachungsmethoden entwickelt, die eine umfassende Automatisierung ermöglichen. Durch möglichst weitgehend geschlossene Regelkreise wollte man die Prozesse so in den Griff bekommen, dass die

Anzeige

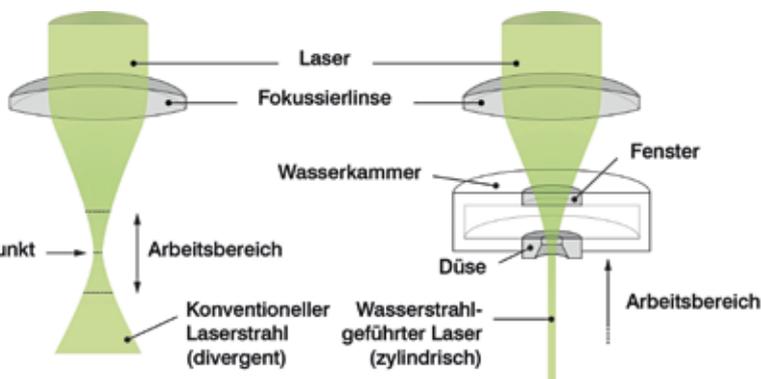
1/4 quer
185 × 63 mm, Satzspiegel

Bild: Synova



Arbeitsprinzip: Laserpulse werden durch eine Optik in einen haarfeinen Wasserstrahl eingekoppelt, den sie wegen der Reflexion an der Grenzfläche nicht verlassen.

Bild: Synova



Konzentrierte Leistung: Der im Wasserstrahl geführte Laser bleibt über eine lange Strecke konvergent und exakt fokussiert, übliche Laserstrahlen divergieren in Luft bereits kurze Wege nach dem Fokuspunkt.

Arbeitsergebnisse innerhalb möglichst enger Toleranzen gewährleistet werden können. Dank dieser Stabilisierung der wesentlichen Anlagenparameter sei man auf einem guten Weg, um sich heutigen Anforderungen wie Industrie 4.0 weitgehend anzugleichen. Diesem Ziel habe man sich in den letzten Jahren bereits merklich nähern können. Viele der heutigen Anlagen seien in der Handhabung so einfach und so sicher, dass man sie auch mit Facharbeitern auf Werkstattebene bedienen könne.

Laser und Wasserstrahl überwachen

«Während metallische Werkzeuge bezüglich beispielsweise der Länge und des Durchmessers sowie hinsichtlich der Zerspanungsparameter genau definiert sind, muss beim LMJ-Prozess deutlich mehr Aufwand getrieben werden», verrät Dr. Amédée Zryd. So können sowohl die Leistung des Lasers als auch die Kohärenz und die Gleichmässigkeit der Strömung des Wasserstrahls teils erheblich variieren, was wiederum die Wirksamkeit der Abtragung beeinflusst. Deshalb wurde ein ganzes Paket automatischer Regelmechanismen für die wesentlichen Parameter entwickelt. Besonders wichtig ist dabei die Positionierung des Laserstrahls exakt in der Mitte des Wasserstrahls. Dafür wurde gemeinsam mit dem Werkzeugmaschinenhersteller Makino ein System mit einer Kamera entwickelt. Diese erfasst die Position des Laserstrahls innerhalb der Düse bei 1 µm Auflösung. Stellglieder bringen den Laser-

strahl anhand der Daten genau in die Mitte der Düsenöffnung. Auch für die direkte Bestimmung der Energie des Laserstrahls auf der Oberfläche des Werkstücks wurde eine spezielle Messzelle entwickelt. Ebenso bedeutsam ist die genaue Kontrolle des Strahlwinkels. Technisch bedingt weicht der im Kopf erzeugte Strahl in der Regel um einen kleinen, aber signifikanten Winkel gegenüber der Vertikalachse des Strahlkopfs ab. Diese Abweichung wird durch Antasten mit dem Strahl an den scharfen Kanten einer Kalibriereinheit detektiert, die ausserdem die Lage des Laser-Wasser-Strahls in der Maschine mikrometergenau bestimmt. Automatisch wird der Neigungswinkel des gesamten Strahlkopfs justiert.

Ein weiterer wichtiger Aspekt betrifft die Laminarität der Strömung des Wasserstrahls nach dem Austritt aus der Düse. Sie ist Voraussetzung für die Totalreflexion des Laserlichts an der Grenzfläche zur Umgebungsluft. Sie wird durch an der Düse auftretenden Verschleiss beeinträchtigt, was die Wirkung der Laserpulse auf das Werkstück verringert. Zur Erkennung entwickelte Synova eine spezielle Sensor-Einheit, die die sogenannte Raman-Strahlung misst. Ist diese örtlich wie zeitlich über einen entsprechend grossen Abschnitt des Strahls hinweg stabil, signalisiert dies eine gute Düsenqualität. Bei Verringerung oder Fluktuation der Raman-Emission muss dagegen die Düse ausgetauscht werden.

Werkstückposition erfassen

«Wie bei jeder maschinellen Bearbeitung müssen auch beim Verfahren Laser MicroJet die Position und die Ausrichtung des Werkstücks gemessen werden», sagt Dr. Amédée Zryd. Dafür nutzt man wahlweise Taster oder Kamerasysteme. Bei Letzteren muss das Werkstück mit optischen Passier- oder Referenzmarken versehen werden, die dann von der Kamera automatisch erfasst werden. Mit diesen Ausrüstungen lässt sich die Lage des Werkstücks in Maschinenkoordinaten in X-, Y- und

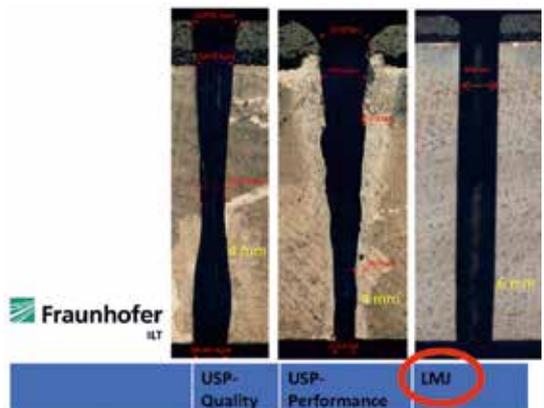


Bild: Fraunhofer ILT

Glatt und exakt zylindrisch: Mit dem Verfahren Laser MicroJet (rechts) und mit konventionellen Ultrakurzpuls-Lasern (Mitte und links) gefertigte Bohrungen in einem Bauteil aus beschichteter Nickelbasislegierung.

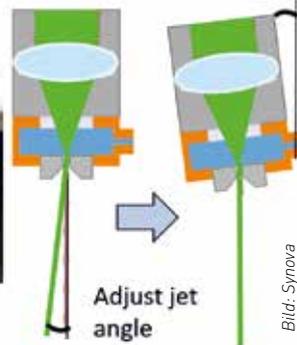
Bild: Synova



Für die Praxis: Mit dem Verfahren Laser MicroJet arbeiten des 5-Achs-Bearbeitungszentrum.



Measure angle



Adjust jet angle

Bild: Synova

Konzentrisch ausrichten: Die Winkelabweichung von Wasser- und Laserstrahl wird erfasst und durch Schwenken des Kopfs korrigiert.

gen, führt Dr. Amédée Zryd aus. Das Verfahren sei allerdings noch in der Entwicklung. Potential zum Verkürzen von Rüstzeiten ergebe sich durch Schnellwechsellköpfe. Derzeit verfüge man erst über eine Zwischenlösung, indem ein zweites Kupplungsstück verwendet wird. Es ausserhalb der Anlage mit einer neuen Düse zu rüsten und zu wechseln halbiert die Umrüstzeit.



Synova S.A.
Route de Genolier 13, 1266 Duillier
Tel. 021 552 26 00,
synova.ch

Z-Richtung sowie eine gegebenenfalls vorhandene Winkelabweichung vollautomatisch bestimmen.

Sensor erkennt Durchdringen

Um das Durchdringen des Laserstrahls durch ein Werkstück zu erkennen, wurden gleich zwei Technologien entwickelt. Sie registrieren die Intensität der vom Werkstück zurückgeworfenen Plasmastrahlung. Bei der ersten Variante, die bei Köpfen zur 3D-Bearbeitung eingesetzt wird, erfolgt die Messung direkt in der Lasereinheit. Bei 2D-Köpfen wird die Rückstrahlung dagegen vorher ausgeleitet und über eine optische Faser zu einem Sensor geführt. Durch Vergleich mit einer vordefinierten Schwelle wird der Durchbruch erkannt. Dieses Signal kann je nach Aufgabenstellung unterschiedlich genutzt werden. In bestimmten Fällen – zum Beispiel bei der Bearbeitung von Bauteilen variierender Wanddicke, wie Naturdiamanten – lässt sich dadurch die Gesamtdauer der Bearbeitung verkürzen. Beim Schneiden von Schlitz in grossformatige, 7 mm dicke Silizium-Scheiben, die zur Begasung in Plasma-Ätzkammern für Wafer verwendet werden, wurden so 10 bis 15 Prozent kürzere Zykluszeiten verwirklicht.

Künftig flexibler auch Drehen und 3D-Bearbeitung

«Derzeit arbeiten wir an weitergehenden Projekten wie 3D-Bearbeitungen und an einem Schnellwechsellkopf», berichtet Dr. Amédée Zryd. Bei der angedachten 3D-Bearbeitung sowie beim Drehen prüft und misst ein Sensor kleinräumig die aktuelle Bearbeitungstiefe. So könne man beispielsweise spannbrechende Geometrien an Zerspanungswerkzeugen oder Feindrehbauteile für die Uhrenindustrie freti-

Anzeige