

Schneiden von Diamantwerkzeugen mit Laser MicroJet

Neue Entwicklungen in der wasserstrahlgeführten Laserbearbeitung von industriellen Diamantwerkzeugen

Künstliche Diamantwerkstoffe verdrängen Wolframcarbid und keramische Faserverbundwerkstoffe in Schneidwerkzeugen überall dort, wo eine hohe Oberflächengüte gefragt ist. Darunter fallen vor allem polykristalliner Diamant (PKD) und monokristalliner Diamant (MKD). MKD-Werkzeuge haben bei der Feinstbearbeitung extrem präziser Oberflächen in optischer Güte ihre Fähigkeiten unter Beweis gestellt. In vielen Fällen kann die Nutzung von MKD-Werkzeugeinsätzen zeitraubende Schleifvorgänge und Polierprozesse beseitigen. Sie besitzen außerdem eine höhere Lebensdauer als PKD.

Lediglich Laser-Technologien sind dazu imstande, solche Werkstoffe wirtschaftlich zu bearbeiten, da sie genauso hart sind wie Naturdiamanten. Synovas patentierte Laser MicroJet (LMJ) Technologie liefert bessere Ergebnisse als traditionelle trockene Laser und eignet sich insbesondere für die Bearbeitung von Diamantwerkstoffen. Die vorliegende Publikation zeigt die Ergebnisse, die bei der Nutzung von Synovas Laser MicroJet Verfahren im Schneiden von PKD- und MKD-Werkzeugeinsätzen erzielt wurden.

_____ von Sébastien Kurzen, Nitin Shankar

LMJ-VERFAHREN

Beim Laser MicroJet System wird ein Laserstrahl nach seinem Durchgang durch eine druckbelastete Wasserkammer in eine Düse fokussiert. Der aus der Düse tretende Niederdruck-Wasserstrahl führt den Laserstrahl durch totale Innenreflexion am Wasser/Luft-Übergang. Der Durchmesser des Wasserstrahls beträgt gewöhnlich 50 Mikrometer, und die benötigte Laserleistung liegt zwischen 25 und 30 Watt. Obwohl das Prinzip als recht einfach erscheint, war jahrelanges Optimieren notwendig, um eine ideale Einkopplung des Lasers in den Wasserstrahl zu erlangen. (siehe Abb. 1)

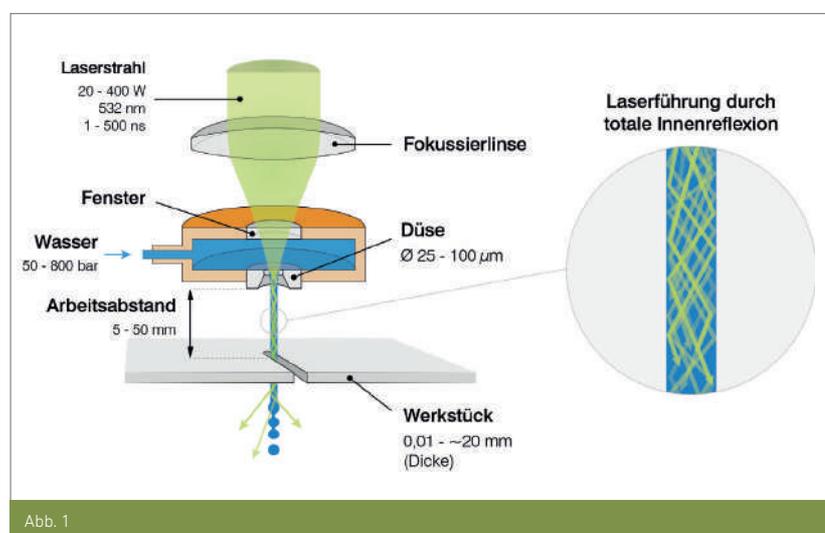


Abb. 1

Das LMJ-Verfahren verläuft in zwei Stufen. Die Energie der Laserpulse verdampft das Material des Werkstücks durch Erhitzung, während das Wasser in den Intervallen zwischen den Pulsen die Oberfläche abkühlt und reinigt. Durch einen Scan-Prozess formt sich ein Graben, der bei jedem Durchgang tiefer wird. Gegenüber traditionellen, trockenen Lasern weist die „nasse“ LMJ-Lasertechnologie zahlreiche Vorteile auf. Der wichtigste Vorteil besteht darin, dass der Laser MicroJet mit einem zylindrischen Strahl schneidet und die Schnitttiefe dadurch auf einige Zentimeter ausgeweitet werden kann. Dies ist nicht der Fall bei konventionellen Lasern, wo der fokussierte Laserstrahl aufgrund seiner Strahldivergenz nur einen eingeschränkten Arbeitsabstand von wenigen Millimetern besitzt. Der Strahl konvergiert in einem Fokus und läuft dann auseinander. Das macht eine Steuerung des Fokusabstands notwendig und der Arbeitsabstand ist gering. (siehe Abb. 2)

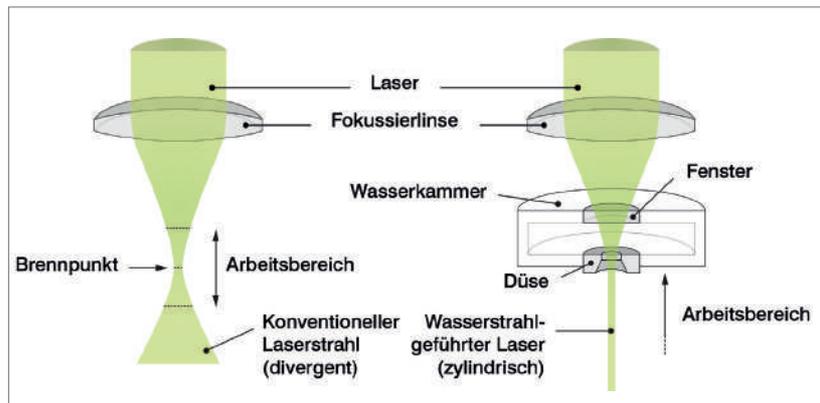


Abb. 2 links: Konventioneller Laserstrahl, rechts: Wasserstrahlgeführter Laser

Der technologische Hintergrund des Laser MicroJet basiert auf der Erzeugung eines Laserstrahls, der an der Grenzfläche zwischen Luft und Wasser vollständig reflektiert wird – unter Ausnutzung der unterschiedlichen Brechungszahlen von Luft und Wasser. Daher wird der Laser innerhalb des Wasserstrahls komplett als zylindrischer Strahl umfasst, vom Prinzip her ähnlich wie bei einem Lichtwellenleiter.

sen, benutzerfreundlicher Schnittstelle und intuitiver CAM-Software für die Bearbeitung von Teilen wie Diamantwerkzeugen. (siehe Abb. 3) Der Optikkopf der Maschine enthält ein Lichtwellenleiter-Kabel für die Laserstrahlübertragung, eine Kamera und eine Anzahl von Optiken, um den Laserstrahl in die Düse zu fokussieren. (siehe Abb. 4)



Abb.3

Das LMJ-Verfahren bietet mehrere Vorteile. Fokuseinstellungen entfallen und die Schnittfugenwände sind parallel. Aufgrund der Kühlwirkung des Wassers ist die Wärmeeinflusszone minimal. Außerdem wird durch das Auswaschen von Partikeln aus der Schnittfuge eine hohe Abtragsleistung erzielt und die Schnittfugen und Oberflächen bleiben frei von Ablagerungen.

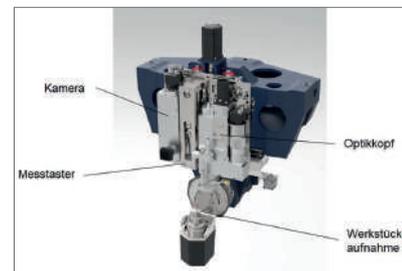


Abb. 4

Die LCS 50-5 eignet sich für die Bearbeitung eines jeden beliebigen Werkzeugwerkstoffs, von Wolframcarbid über Keramik bis hin zu CBN, PKD, MKD und Naturdiamanten.

SYNOVA LCS 50-5 LASERSCHNEIDANLAGE

Die Synova LCS 50-5 Laserschneidanlage schneidet extrem harte Werkstoffe mit großer Genauigkeit. Es handelt sich um eine kompakte Maschine mit fünf Ach-

BEISPIELE FÜR SCHNITTEERGEBNISSE

Die LCS 50-5 schneidet PKD- oder MKD-Werkstücke in nur wenigen Minuten in eine Endabmessungsform. Darüber hinaus wird der überschüssige Diamant nicht weggeschliffen, son-



Abb. 5

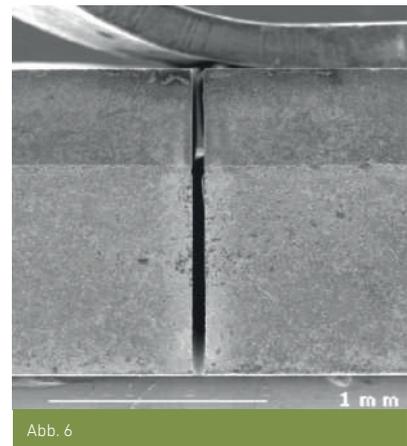


Abb. 6

dern als ganzer Teil abgetrennt, aus dem weitere Werkzeuge hergestellt werden können. Mit der LMJ-Technologie sorgt die LCS 50-5 für bessere Ergebnisse als traditionelle Verfahren, wie etwa trockene Laser oder EDM-Bearbeitung. (siehe Abb. 5)

Der LMJ-Schneidprozess erzeugt perfekt parallele Schnitte, wie es der Schnitt dieses PKD-Werkstücks zeigt. (siehe Abb. 6) Der Vorteil liegt darin, dass der wassergeführte Strahl über einen hohen Arbeitsbereich verfügt, der mit einer einzigen Einstellung mehrere Zentimeter tiefe Schnitte ermöglicht. Ein weiteres Ergebnis ist die höhere Arbeitsgeschwindigkeit des LMJ-Lasers gegenüber dem trockenen Laser.

Gegenüber der EDM-Bearbeitung liefert das LMJ-Verfahren auch gleichmäßigere Profile an den Schnittflächen. Die rechte Seite des PKD-Werkstücks wurde im Funkenerosionsverfahren geschnitten, die linke Seite im LMJ-Verfahren. (siehe Abb. 7) Ein Vergleich der beiden Oberflächen zeigt ein gleichmäßigeres Schnittflächenprofil auf der LMJ-Seite. Auch hier geht das Schneiden mit dem LMJ-Verfahren viel schneller als bei EDM-Maschinen, was eine größere Produktivität und damit Kostenersparnis zur Folge hat.

Ein Vergleich der unterschiedlichen Bearbeitungstechniken zeigt, dass das Synova LMJ-Verfahren (2) imstande ist, im Vergleich mit Schleifen, EDM

und konventionellem Laser für die höchste Oberflächengüte zu sorgen. Im Beispiel Abbildung 8 benötigte das Synova LMJ-Verfahren (1) 12 Minuten für das Zuschneiden des ganzen Werkstücks auf seine Endmaße und in Endqualität, während das Synova LMJ-Verfahren (2) dafür nur wenig länger (16 Minuten) brauchte. Die anderen Bearbeitungsverfahren brauchen ähnlich lange Bearbeitungszeiten. (siehe Abb. 8)

GEOMETRIE VON PKD-WERKZEUGEN

In nur dreißig Jahren erlangten PKD-Werkstoffe als Super-Schneidwerkzeuge für die Bearbeitung nicht-eisenhaltiger Metalle immer größere Bedeutung, und man kann sich diese Werkzeuge aus der modernen Produktionstechnik nicht mehr wegdenken. Bei den Neuentwicklungen konzentriert Synova seine Anstrengungen auf die Feinjustierung diverser Parameter für die Laserbearbeitung von PKD-Werkzeugen.

Die Priorität liegt darauf, perfekte Geometrie und Ausführung der Schnittflächen zu erzielen, um Werkzeuglebensdauer und -leistung zu optimieren. Das Hauptschneidenprofil ist ein wichtiger Aspekt in der Geometrie von Drehmeißeln. Die fünfachsige LCS 50-5 von Synova sorgt für korrekte Winkel von Haupt- und

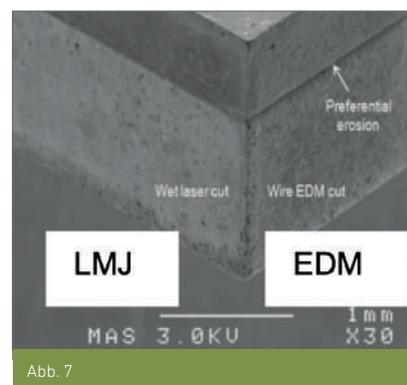


Abb. 7



Abb. 8

Nebenschneiden. Der geforderten Oberflächengüte für die Haupt- und Nebenschneiden wird ebenfalls Priorität eingeräumt. Das Synova LMJ-Verfahren erreicht eine Kantenwelligkeit von weniger als einem Mikrometer bei einer 0,5-µm-PKD-Korngröße. (s. Abb. 9)

Das Synova LCS 50-5 Laserbearbeitungsverfahren liefert eine extrem glatte Oberfläche ($Ra \leq 0.3$ Mikrometer) für PKD-Werkzeuge und macht da-

mit einem nachfolgenden Schleifvorgang unnötig. Darüber hinaus verleiht die 5-Achsen-Tauglichkeit der Maschine die Fähigkeit, CNC-Programme mit dem für solche Schneidwerkzeuge benötigten Präzisionsgrad auszuführen. Die wichtigsten Elemente sind die Primär-Freiwinkel von Haupt- und Nebenschneide. (siehe Abb. 9)

GEOMETRIE VON MKD-WERKZEUGEN

MKD-Werkzeuge deuten in die Zukunft und Synovas LMJ-Technologie erlaubt die Bearbeitung von monokristallinen Diamantwerkstoffen praktisch ohne Wärmeeinflusszone. So bewahrt

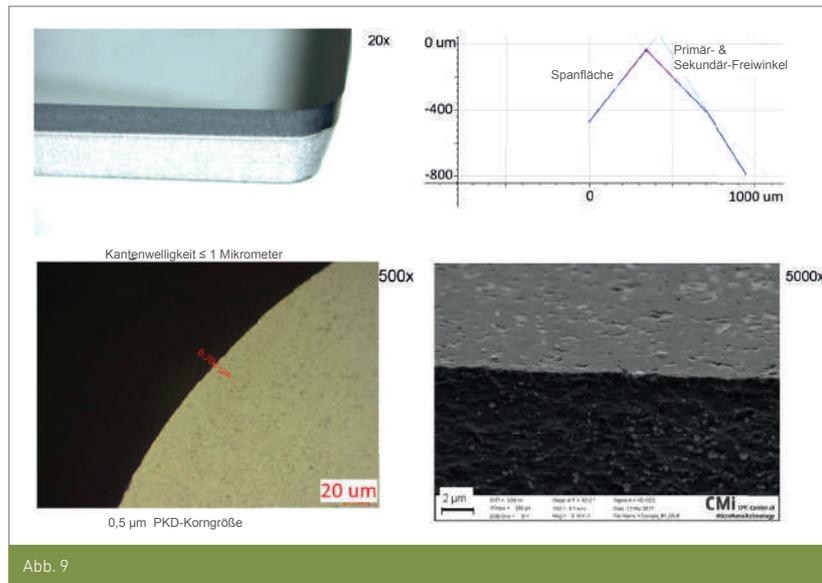


Abb. 9

MOULDING EXPO

Internationale Fachmesse
Werkzeug-, Modell- und Formenbau

Mitten im Markt

Messe Stuttgart



Werkzeug & Modell & Form & Du.

Weniger als 100 Tage!
Anreise schon geplant?

21.–24. Mai 2019

Messe Stuttgart

#MEX2019

www.moulding-expo.de/anreise

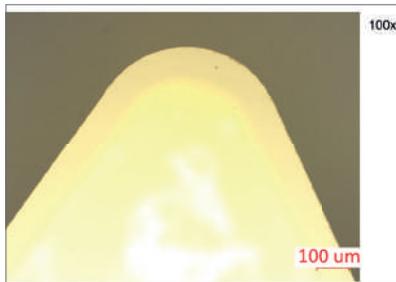


Abb.10

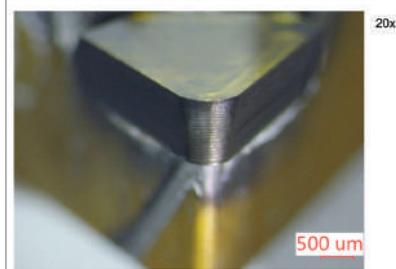


Abb.12

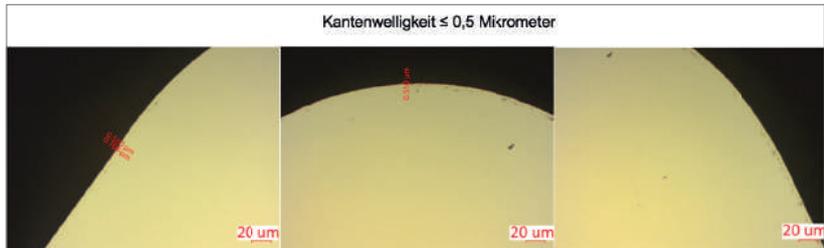


Abb.11

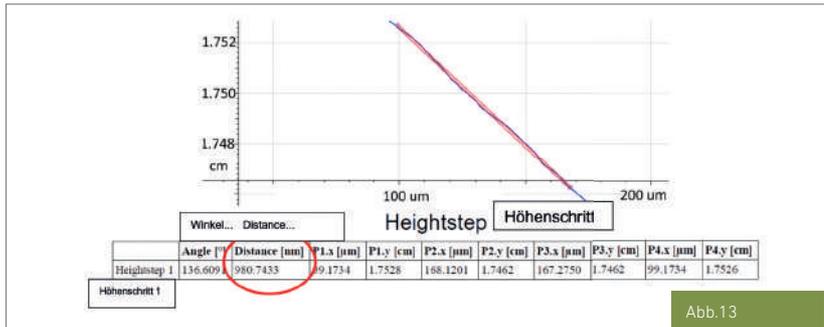


Abb.13

ein Standard-Drehmeißel seine Materialeigenschaften innerhalb seines geometrischen Profils. (siehe Abb. 10)

Die drei obenstehenden Grafiken zeigen die Kantenwelligkeit an Hauptschneide, Spitze und Nebenschneiden. Bei 500-facher Vergrößerung ist die Kantenwelligkeit geringer als 0,5 Mikrometer. (siehe Abb. 11)

Eine so hohe Qualität in der Oberflächenausführung ist der Beweis dafür, dass die LMJ-Technologie für die Laserbearbeitung von MKD-Werkzeugeinsätzen bestens geeignet ist. Auch wenn auf dem MKD-Einsatz – hier auf eine Halterung gelötet – parallel zur Oberfläche verlaufende Schnittriefen zu sehen sind, so haben diese doch keinen Einfluss auf die am Werkstück erzielte Oberflächenrauigkeit. (siehe Abb. 12)

Die Eignung der LCS 50-5 zur Präzisionsbearbeitung kann über die Abweichung zwischen einer perfekt vertikalen Linie und vermessenen Punkten beurteilt werden. Sie bewegt sich überall im Bereich unterhalb eines Mikrometers, wie die folgende Grafik zeigt, und beweist damit, dass die oben sichtbaren Linien lediglich optische Wirkung haben. (siehe Abb. 13)

FAZIT

Die vorgestellten Ergebnisse beweisen, dass die kompakte Synova LCS 50-5 (Arbeitsbereich 50 x 50 x 50mm) mit ihren fünf Achsen und der intuitiven CAM-Software eine ideale Lösung für die Bearbeitung kleiner PKD- und MKD-Schneidwerkzeuge mit unterschiedlichen Geometrien ist.

Die LCS 50-5 ist imstande, in PKD- und MKD-Werkstoffen hohe Oberflächengüte zu erbringen. Dank ihrer wasserstrahlgeführten LMJ-Technologie ist der Wärmeeinflussbereich in den Diamantwerkstoffen kleiner als 6 Mikrometer. Mikrorisse an Schneiden und Wärmeeinflusszonen, wie sie bei trockenen Lasern auftreten, werden vollkommen beseitigt. Ein weiterer Vorteil der LCS 50-5 liegt in ihrer Schnittgeschwindigkeit von bis zu 1,5mm/min für PKD und 2,6mm/min für MKD. Schnelleres Schneiden bedeutet, dass weniger Maschinen benötigt werden, und das spiegelt sich in geringeren Kapitalinvestitionen wider.

Synova hat Softwarefunktionen entwickelt, die eine automatische Bearbeitung von Werkzeugeinsätzen erlaubt. Dies ermöglicht das Beladen einer Kassette mit Werkzeugeinsätzen für

ein automatisiertes Ein- und Ausspannen. Es muss außerdem erwähnt werden, dass die LCS 50-5 auch Naturdiamanten schneiden kann und dass ihre CAM-Software das Facettieren solcher Steine ermöglicht. Für den Fall, dass Hersteller eine hohe Ausführungsqualität von Schneidwerkzeugen suchen, bietet Synova eine Hybridlösung an, bei der die LCS 50-5 mit einem nachgeschalteten CNC-Poliervorgang kombiniert wird. In diesem Falle können Rauigkeiten von unter 0,1µm Ra erreicht werden. Für Hersteller von PKD- und MKD-Werkzeugen besteht nicht die Frage, ob man es sich leisten kann, in eine LCS 50-5 zu investieren. Man muss sich eher fragen, ob man es sich leisten kann, auf eine LCS 50-5 zu verzichten!

INFO

Synova S.A.
 Route de Genolier 13
 1266 Duillier (Nyon)
 Switzerland
 Central phone: +41 21 55 22 600
 sales@synova.ch
 www.synova.ch