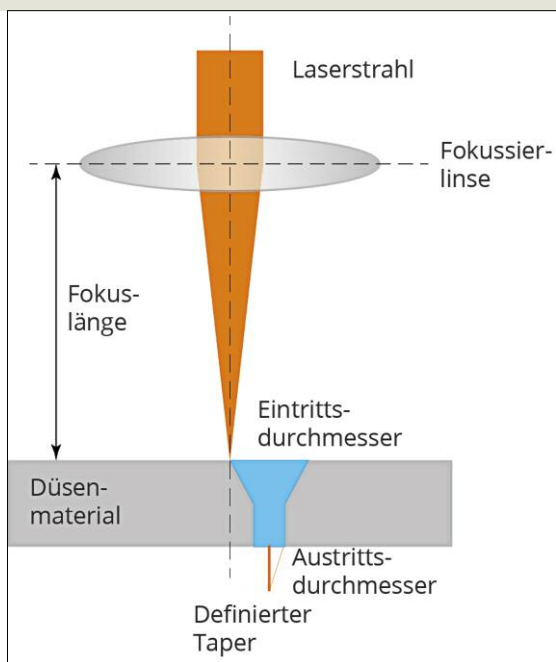


Mikrolöcher mit Wunschgeometrie

Viele unterschiedliche Anwendungen benötigen Düsen aus widerstandsfähigen Materialien sowie mit speziellen Designs. Ein **DIGITALES** Laserverfahren überwindet die Grenzen herkömmlicher Fertigungsprozesse und bietet eine hohe Flexibilität bei der Herstellung von Freiform-Düsengeometrien.

Bild 1. Optisches Set-up des Perkussionsbohrens

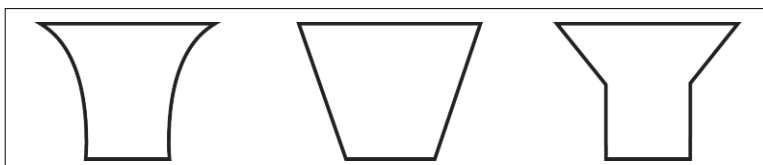


THOMAS GESTER UND MANDY GEBHARDT

Das Bohren von Mikrolöchern mit wohldefinierter Geometrie gewinnt für ein breites Anwendungsspektrum an Bedeutung. Die Applikationen sind äußerst vielfältig. Das Laserbohren mit unterschiedlichen Bohrstrategien hat sich dabei als Fertigungstechnik etabliert und gegenüber konventionellen Verfahren durchgesetzt. Die Einsatzgebiete reichen von der Herstellung von Mikrobohrungen in Durchflussfiltern und Sieben über Bohrungen in Hochleistungssolarzellen bis hin zu Einspritzdüsen in der Automobilindustrie.

Aber auch bei Inkjet-Druckdüsen kann die Lasertechnik aufgrund der berührungslosen Bearbeitung,

Bild 2. Erzielbare Düsengeometrien mit unterschiedlichen Düsenformen und Flankenwinkeln



des punktgenau dosierbaren Energieeintrags, der geringen Wärmezufuhr ins Material sowie der Präzision und Reproduzierbarkeit punkten. Zusätzliche Vorteile entstehen durch die Flexibilität in der Bohrungsgeometrie. So können beispielsweise durch Variationen in der Bearbeitungsstrategie Mikrobohrungen mit großem Aspektverhältnis oder Löcher mit definiertem Wandwinkel hergestellt werden.

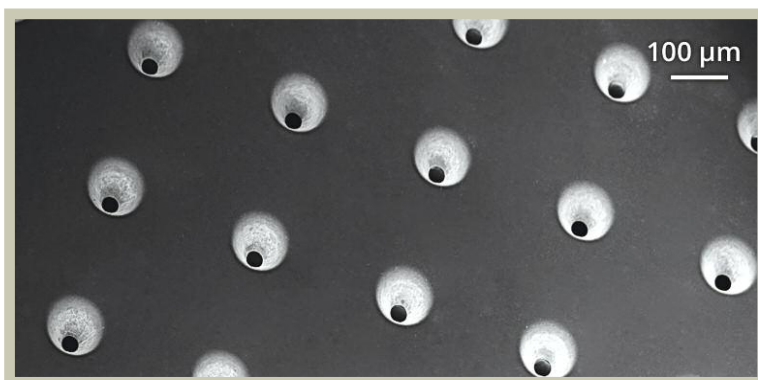
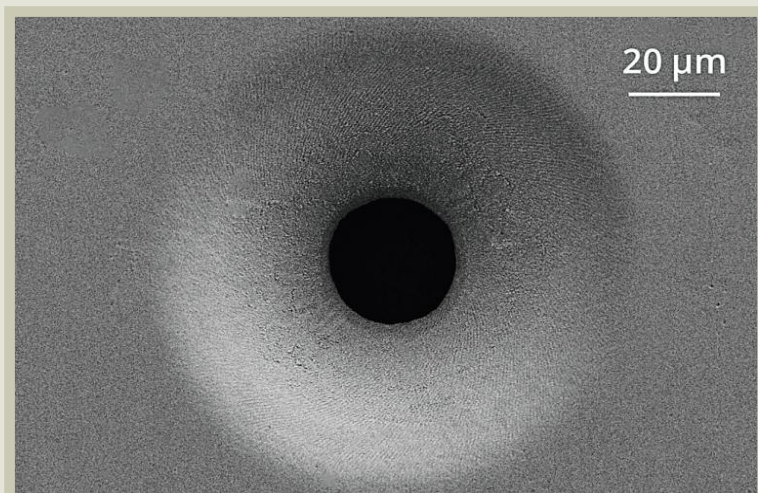
Die Wahl des Lasers und des Bohrverfahrens

Je nach Anwendung und Aufgabe werden bei der Herstellung dieser Mikrobohrungen unterschiedliche Laser eingesetzt. Während für Kunststoffe oft Excimer-Laser oder Festkörperlaser im UV-Bereich verwendet werden, sind es in der Metallbearbeitung meistens Festkörperlaser im Infrarot- oder im sichtbaren Spektralbereich.

Doch die Wahl des richtigen Lasers allein ist für den Erfolg nicht ausreichend. Auch das entsprechende Bohrverfahren spielt eine entscheidende Rolle. Bekannte Bohrtechniken sind das Perkussionsbohren und das Trepanieren. Beim Perkussionsbohren werden mehrere Laserpulse auf die Oberfläche des Materials geführt, bis das Loch die gewünschte Bohrtiefe erreicht hat. Die Strahlführung ist bei diesen Verfahren statisch. Je nach Fokusslage lässt sich so eine Bohrung mit festem Durchmesser oder variabler Geometrie realisieren (**Bild 1**). Dieses Verfahren ist sehr schnell und kann mehrere Hundert oder Tausend Bohrungen pro Sekunde erzeugen, gerät bei hohen Qualitätsansprüchen allerdings an seine Grenzen.

> KONTAKT

HERSTELLER
3D-Micromac AG
 09126 Chemnitz
 Tel. +49 371 40043-0
 Fax +49 371 40043-40
www.3d-micromac.com



Bilder: 3D-Micromac

Bild 3. Lasergebohrte Inkjet-Druckdüsen aus Edelstahl

Beim Trepanieren werden die Löcher ausgeschnitten. Die Vorteile des Trepanierens liegen zum einen in den großen Bohrungsdurchmessern oder in der Herstellung von nicht kreisrunden Bohrungen sowie in der großen Reproduzierbarkeit des Verfahrens. Zugleich wird beim Trepanieren die Konizität der Bohrung verringert.

Laserbohren von Inkjet-Druckdüsen

Industrielle Inkjet-Drucksysteme werden mit unterschiedlichen Düsenmaterialien hergestellt. Alle Materialien müssen jedoch unempfindlich gegen säurehaltige Druckfarben oder abrasive Stoffe sein, beispielsweise bei Nanopartikeln. Deshalb wird widerstandsfähigen Materialien wie Edelstahl, Titan oder Glas der Vorzug gegeben. Typische Materialdicken liegen in der Regel bei circa 50 µm. Je nach Bestimmungszweck sind verschiedene Düsengeometrien mit unterschiedlichen Düsenformen oder Flankenwinkeln gefordert (**Bild 2**).

Die Größenordnungen bei Düsen für Inkjet-Drucksysteme liegen beispielsweise bei einem Eintrittsdurchmesser von 50 bis 100 µm und einem Austrittsdurchmesser von 20 bis 40 µm. Die höchste Priorität beim Laserbohren haben neben der Erzeugung einer geeigneten Düsengeometrie die Oberflächenqualität und die Wiederholgenauigkeit der Bohrungen. Beides ist entscheidend für das richtige Strömungsverhalten der zu verdruckenden Medien und für die präzise Verteilung der Stoffe auf dem Substrat – denn das menschliche Auge ist in der Lage, einen falsch gefallenen Tintentropfen aufgrund einer einzelnen fehlerhaften Düse zu erkennen. Aufgrund der hohen Düsenanzahl pro Druckkopf sind die Prozesszeit und der damit verbundene Durchsatz von Bedeutung.

Das Chemnitzer Unternehmen 3D-Micromac hat ein anspruchsvolles Laserbohrverfahren entwickelt, das Laser mit ultrakurzen Laserpulsen ►

Ihr Partner für Systemlösungen

Hochpräzise Positioniersysteme & modernste Steuerungstechnik



Besuchen Sie uns:

 **productronica** 2015
Messe München
Halle B3, Stand 211
10.11.2015 – 13.11.2015

 **Precision Fair 2015**
Veldhoven (NL)
Stand 107
18.11.2015 – 19.11.2015

sps ipc drives
Nuremberg, Germany
Halle 4, Stand 568
24.11.2015 – 26.11.2015



Bild 4. Das Produktionssystem »MicroDrill« für das Laserbohren von Inkjet-Druckdüsen



verwendet. Die Bearbeitung mit Pulslängen im Bereich von Piko- oder Femtosekunden (10^{-13} bis 10^{-15} s) wird oft als »kalte Ablation« bezeichnet. Dies trifft jedoch nur auf Pulsdauern unter zehn Femtosekunden zu. Liegt die Pulsdauer oberhalb dieses Zeitintervalls, findet eine Elektron-Phonon-Wechselwirkung und damit eine Temperaturleitung im Substrat statt. Diese beschränkt sich idealerweise auf wenige 100 nm bei Pulslängen bis in den Pikosekundenbereich.

Der Vorteil der UKP-Laser liegt darin, dass die gesamte Laserenergie innerhalb sehr kurzer Zeit in das Material abgegeben wird. Dabei werden extrem hohe Leistungsdichten bis zu einigen Gigawatt pro Quadratzentimeter erreicht. Das führt zu einer sehr guten Absorption der Laserstrahlung und damit zu einer »athermischen« und extrem präzisen Bearbeitung. Das Ergebnis sind qualitativ hochwertige Strukturen beinahe ohne Wärmebeeinflussung oder Materialkontamination. UKP-Laser lassen sich mittlerweile zuverlässig in Fertigungsprozesse integrieren.

Evaluierung des Bohrprozesses

Im Hinblick auf die erforderliche Qualität und Genauigkeit der Inkjet-Düsen wurde der Bohrprozess sowohl mit Piko- als auch mit Femtosekundenlasern evaluiert. Je nach Düsenmaterial wurden Laserquellen mit Wellenlängen im Infrarot- und im sichtbaren Spektralbereich eingesetzt. Untersucht wurden die gängigsten Metalle für Inkjet-Düsen, darunter Edelstahl, Titan und Tantal. In allen verwendeten Materialien wurden optisch einwandfreie Bohrergebnisse mit homogenen Düsengeometrien erzielt (**Bild 3**).

Eine Wärmeeinflusszone, Aufwürfe oder Materialschmelze sind nahezu nicht erkennbar. Insbesondere in Metallen hoher Reinheit wie Titan und Tantal wurde eine bemerkenswerte Oberflächenrauigkeit (R_a circa $1 \mu\text{m}$) erreicht. Allerdings sind Titan und Tantal im Vergleich zu Edelstahl sehr teuer und somit für High-Volume-Industrieanwendungen eher ungeeignet. Hier wird vorwiegend Edelstahl verwendet.

Die Abformung der Geometrie erfolgt mit einem Galvo-Scanner. Komplette Bohrungsarrays lassen

sich generieren, indem das Werkstück mit einem hochgenauen X-Y-Achssystem verfahren wird. Mit Hilfe von Prozessgas lässt sich die Abtragsqualität zusätzlich verbessern.

Prozessentwicklung mit dem Kunden

3D-Micromac kann als Spezialist für Lasermikrobearbeitung auf umfangreiche Erfahrungen in der Herstellung von OEM-Lasersystemen zum Bohren von speziellen Inkjet-Druckdüsen zurückgreifen. Die Systeme werden bereits seit mehreren Jahren in der industriellen Produktion eingesetzt.

So wurden die »MicroDrill«-Fertigungssysteme an aktuelle Befürfnisse angepasst (**Bild 4**). Sie verbinden einen hohen Durchsatz mit äußerst geringen Fertigungskosten. Darüber hinaus zeichnen sich die Systeme durch hohe Prozessstabilität und eine intuitive und nutzerfreundliche Softwaresteuerung aus. Der modulare Aufbau ist mit unterschiedlichen Ultrakurzpulslaserquellen kombinierbar, um das System genau auf die jeweiligen Prozessanforderungen abzustimmen. Je nach den Anforderungen des Kunden sind Positioniergenauigkeiten und Wiederholgenauigkeiten bis in den Nanometerbereich möglich.

Neben der Herstellung von spezifischen Düsengeometrien für Inkjet-Drucksysteme ist das Lasersystem für weitere Anwendungen, beispielsweise in der Fluidik, geeignet. Auf Wunsch wird eine Prozessentwicklung in enger Zusammenarbeit mit dem Kunden angeboten. Dies trägt dazu bei, die Ramp-up-Zeiten in der Produktion zu beschleunigen. ■

MI110396

AUTOREN

THOMAS GESTER ist Applikationsingenieur bei 3D-Micromac in Chemnitz; gester@3d-micromac.com

MANDY GEBHARDT ist Leiterin der Marketing-Abteilung im gleichen Unternehmen; gebhardt@3d-micromac.com