

Steuerbare Optik für das Wendelbohren

Der Laser als Strahlwerkzeug ist aktuell insbesondere im Bereich der Mikromaterialbearbeitung Thema für Forschung und Entwicklung. Dabei stehen kurze und ultrakurze Laserpulse für die Verfahren Bohren und Abtragen im Vordergrund. Die Forschungsgesellschaft für Strahlwerkzeuge hat im Rahmen des vom BMBF geförderten Projekts PRIMUS und basierend auf den Grundlagen-erkenntnissen des IFSW eine Trepanieroptik prototypisch realisiert, die es erlaubt, Trepanierradius und davon unabhängig auch Strahlneigung auf dem Werkstück vorzuwählen. Dieses Konzept wurde nun weiterentwickelt zu einer vollständig ansteuerbaren Wendeloptik, die ab 2003 als Produkt vermarktet wird. Wesentliche Vorteile gegenüber konkurrierender Systemtechnik zum Bohren sind dabei die extrem hohe Wiederholgenauigkeit und die durch die Strahlneigung wesentlich höhere erzielbare Effizienz.

Einsatzfelder

Für eine Vielzahl industrieller Anwendungen ist es notwendig, Bohrlöcher mit einer wohl definierten Form zu erzeugen, wie z.B. bei der Fertigung von Einspritzdüsen in der Auto-

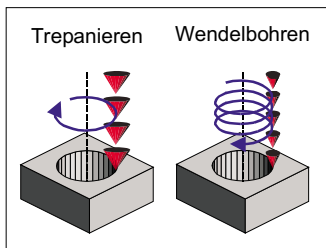


Abb.1: Prozess-Strategien beim Laserbohren

mobilindustrie oder Spinn-
düsen in der Textilindustrie. Typischerweise sind dabei minimale Bohrungsdurchmesser von bis zu 50 µm und Wandstärken größer 1 mm erforderlich. Typische Schachtverhältnisse solcher Bohrungen liegen etwa bei 20. Da die Geometrie solcher Düsenbohrungen strömungsbestimmend ist, unterliegen die Löcher ungewöhnlich engen Toleranzen hinsichtlich ihrer Rundheit und Konizität. Zusätzlich werden zur gezielten Strömungsformung häufig bestimmte Wandwinkel

benötigt. Insbesondere der Erzeugung von Bohrungen mit negativer Konizität kommt dabei eine besondere Bedeutung zu.

Um den gestiegenen Anforderungen an die Bohrlochgeometrien gerecht zu werden, wurde von der FGSW ein optisches Konzept entworfen, welches beim Trepanieren als auch bei dem präziseren Wendelbohren (Abb. 1) ermöglicht, den Laserstrahl mit einem Anstellwinkel auf die Werkstückoberfläche zu fokussieren.

Durch den dadurch bedingten schrägen Einfall des Laserstrahls trifft der gesamte Strahlquerschnitt auf die Lochwand und trägt in vollem Umfang zur Aufweitung der Bohrung im Austrittsbereich

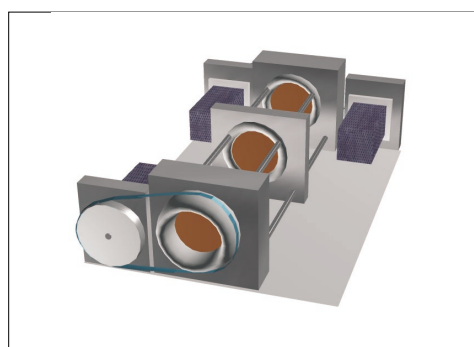


Abb.2: Schematische Darstellung der Rotationseinheiten

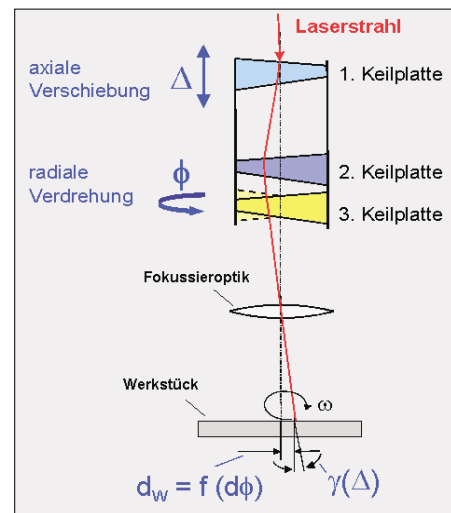


Abb.3: Funktionsprinzip der Trepanieroptik

bei. Die Trepanieroptik erlaubt damit zum einen eine gezielte Beeinflussung der Bohrlochgeometrie und ermöglicht zum anderen eine Effizienzsteigerung gegenüber dem herkömmlichen Wendelbohren.

Prinzip

Kernstück der Trepanieroptik sind drei speziell ausgelegte Keilplatten zur gezielten Ablenkung des Laserstrahls. Alle drei Keilplatten rotieren während des Prozesses um die optische Achse. Während die ersten beiden Keilplatten starr verbunden sind, wird die dritte durch eine eigene Rotationseinheit synchron dazu bewegt

(Abb.2). Dies erlaubt, während der Rotation eine gewünschte Phasenverschiebung einzustellen, die proportional zum Wendelradius auf dem Werkstück ist (siehe Abb. 3). Durch eine translatorische Bewegung der oberen Keilplatte wird der Laserstrahl zur Hauptachse parallel versetzt; nach Transformation durch die Fokussiereinheit resultiert hieraus ein Anstellwinkel des Strahls. Grundsätzlich können zylindrische Bohrungen mit scharfkantigen Lochein- und austritt hergestellt werden (Abb. 4) Durch die Strahlneigung können Bohrungen erzeugt werden, die einen Hinterschnitt aufweisen. Mehrere unabhängig voneinander steuerbare Motoren zur Einstellung der Optikparameter ermöglichen flexibelste Verfahrensstrategien. Insbesondere wird dadurch auch während des Bohrprozesses (on the fly) eine Verstellung des Anstellwinkels und des Bohrungsdurchmessers ermöglicht. Damit können Löcher unterschiedlichster Durchmesser

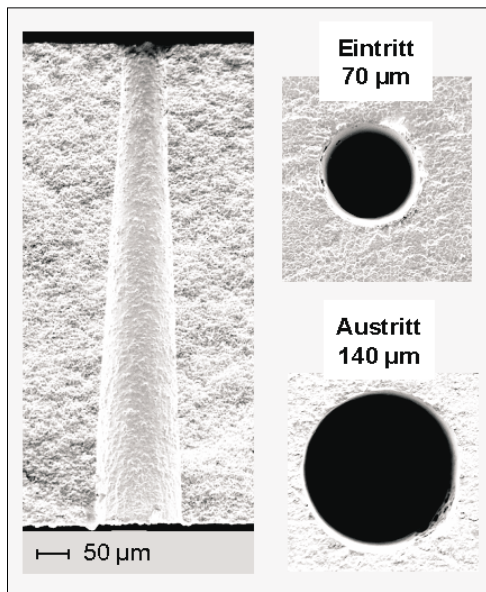


Abb.4: Konische Bohrungen in Stahl und Keramik

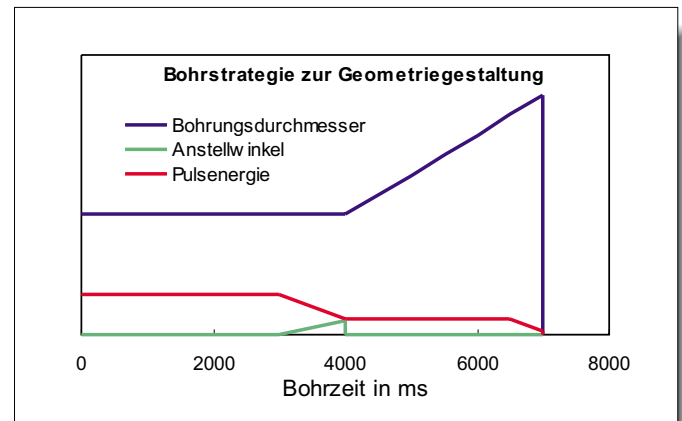


Abb.6: Steuerung der Bohrparameter

abfolgen verwendet, die in einer Rezepturverwaltung abgelegt werden. Dieses Rezept enthält alle not-

ergänzen durch eine Vorrichtung zur Nachführung der Polarisation des Strahls (z.B. stets parallel zur Bohrwand) und einen Bildrotator zum Ausgleich nicht rotations-symmetrischer Strahlprofile.

und Hinterschnitte durch die schnelle Verstellbarkeit der Optik in direkter Folge an einem Bauteil gefertigt werden. Lochgeometrien mit Einzug, Ausrundung der Öffnung oder lavalähnlicher Kontur sind durch Programmierung der Verfahrensstrategie realisierbar (Abb.5).

Durch Kombination der Verfahrensstrategie (Radius und Anstellwinkel) mit der Pulsenergie (evtl. Pulslänge) entstehen völlig neue Möglichkeiten, den Prozess effektiv zu gestalten und dabei die Qualität zu erhalten. So kann z.B. ein Bohrloch mit hoher Pulsenergie schnell erzeugt werden und die dabei entstandenen Schmelzablagerungen nachträglich mit geringerer Energie oder Pulsdauer abgetragen werden (siehe Abb. 6).

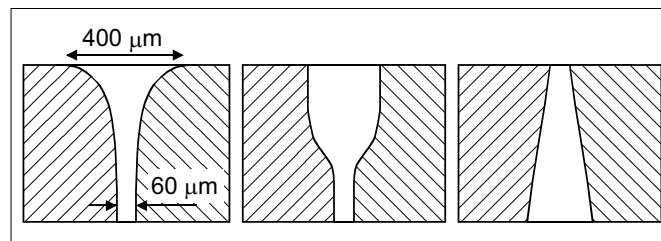


Abb.5: Mittels Trepanieroptik realisierbare Bohrlochgeometrie

Steuerung

Die Bedienung des Systems erfolgt über eine Bedieneinheit mit welcher das gesamte System konfiguriert und gesteuert werden kann. Darüber hinaus kann die Trepanieroptik von einem externen System über eine Extern-Schnittstelle (PROFI-BUS-DP) gesteuert und konfiguriert werden.

Bei der Steuerung des Prozesses werden Programm-

wendigen Prozessparameter und deren Übergangscharakteristiken bezüglich eines aktuellen Parametersatzes. Hiermit sind verschiedene Steuerfunktionsarten möglich, die einen individuellen Einsatz des Systems von der manuellen Einstellung einzelner Arbeitspunkte (Manuell-HMI) bis hin zur automatisch ablaufenden Einstellung aufeinander folgender Arbeitspunkte während des Bearbeitungsprozesses (Automatik-Extern) ermöglichen.

Ausblick

Die Trepanieroptik steht ab Beginn 2003 für Kunden kommerziell zur Verfügung. Erweitert wird das Angebot durch eine adaptierbare Fokussiereinheit. Mittelfristig ist geplant, das Programm zu

Die FGSW dankt dem BMBF für die anteilige Förderung dieses Vorhabens und dem VDI für die Projektträgerschaft nur dadurch konnten die bestehenden Ideen zu einem Produkt realisiert werden.

Steckbrief Technische Spezifikationen	
- Max. Drehzahl	3000 1/min
- Max. Verstellzeit Drehzahl	< 2s
- Möglicher Durchmesser	0 bis 200 µm
- Max. Verstellzeit des Radius	< 150 ms
- Anstellwinkel	0° bis 5°
- Max. Verstellzeit Anstellwinkel	< 1s

Institutsadresse:
 Institut für Strahlwerkzeuge
 Pfaffenwaldring 43
 70569 Stuttgart
 Tel.: +49 (0)711-685 6840
 Fax: +49 (0)711-685 6842

Kontakt / Redaktion:
 Dipl.-Ing. Friedemann Lichtner
 FGSW - Forschungsgesellschaft
 für Strahlwerkzeuge
 Nobelstr. 15
 70569 Stuttgart
 Tel.: +49 (0)711-687 4311
 Fax: +49 (0)711-6868 7281
 E-Mail:
 lichtner@fgsw.uni-stuttgart.de
<http://www.ifs.uni-stuttgart.de>