Praxis des Feinschneidens mit modernen Faserlaseranlagen

Die Materialbearbeitung mit modernen Laseranlagen hat sich in der industriellen Fertigungstechnik zwischenzeitlich fest etabliert. Vor allem der Einsatz von Faserlasern hat seit Beginn der 2000er Jahre einen Innovationsschub besonders für die Präzisionsbearbeitung bewirkt. Erfahrungen aus der Anwendungspraxis haben gezeigt, dass für Feinschneidanwendungen der Single Mode Faserlaser in Verbindung mit qualitativ hochwertigen Quarzoptiken und hoch genauen dynamischen Linearmotorantrieben, die geeignetste Lösung darstellt. Um optimale Bearbeitungsergebnisse zu erzielen, müssen Anlagenkomponenten, Bearbeitungsparameter und Abläufe individuell konfiguriert werden.

Erstmals zur industriellen Bearbeitung gegen Ende der 1970er Jahre in Unternehmen eingesetzt, haben sich Laser in den letzten rund 35 Jahren als flexible und leistungsfähige Werkzeuge in der industriellen Materialbearbeitung fest etabliert. Die RJ Lasertechnik GmbH ist seit ihrer Gründung im Jahre 1991 als Dienstleister auf dem Gebiet der Laserfeinbearbeitung von metallischen und keramischen Werkstoffen tätig und hat selbst an der rasanten Weiterentwicklung dieser Technik und deren Einsatz für spezielle Fertigungsaufgaben als Anlagenbauer mitgewirkt.

So war es in den Anfängen nur mit sehr hohem technischen Aufwand möglich, Schnittfugenbreiten von weniger als 50 µm zu realisieren. Für diese Aufgabe wurde ein von der Firma Lasag speziell für das Feinstschneiden konzipierter Slab-Laser im Jahre 1993 von der RJ Lasertechnik in ein Maschinenkonzept für die industrielle Fertigung von Formlöchern für Spinndüsen integriert. Dieser Laser hatte eine Strahlqualität von M^2 = 1.5 bis 2, für eine mittlere Laserleistung von 15 W.

Innovationsschub durch Faserlaser

Durch die Entwicklung des Faserlasers wurde die Lasermaterialbearbeitung zum Beginn der 2000er Jahre revolutioniert. Die RJ Lasertechnik setzt seit dem Jahr 2004 diese Systeme in der Lohnfertigung wie auch beim Anlagenbau ein. Die Vorteile dieser Systeme liegen in der sehr hohen Strahlqualität von $M^2 < 1.1$ bei mittlerweile bis über 1 KW cw-Leistungen, dem hohen Wirkungsgrad elektrisch zu optisch von über 25 %, dem sehr geringen Wartungsaufwand sowie der einfachen Bedienbarkeit. Als ein Nachteil muss hingegen die hohe Empfindlichkeit gegen Verunreinigungen der Bearbeitungsoptik genannt werden. Der Strahldurchmesser auf der Fokussierlinse ist bei Single Mode Faserlasern meist nicht größer als 5 mm, wodurch die Belastung des optischen Materials nur auf einen relativ kleinen Bereich fällt. Treten hier Verunreinigungen auf, so wirken sich diese unmittelbar negativ auf das Bearbeitungsergebnis aus. Spülluft für die Fokussiereinheit, die einen leichten Überdruck in der Optik erzeugt, kann hierbei jedoch das Eindringen von Staubpartikeln deutlich reduzieren.

Abgestimmte Anlagenkonfiguration

Um optimale Ergebnisse zu erzielen, ist bei der Anlagenkonfiguration genauestens auf die eingesetzten Materialien und Bearbeitungsverfahren zu achten. So müssen beim Feinschneiden von Werkstücken mit Materialstärken bis ca. 3 mm, sowohl bei metallischen, als auch bei keramischen Werkstoffen, der Parameterbereich bei Pulsdauern von 0.1 ms bis 0.5 ms und Pulsleistungen von 100 W bis 1,5 kW eingestellt werden. Die nutzbare mittlere Leistung sollte je nach Anwendungsfall zwischen 30 W und 150 W liegen, damit die thermische Beanspruchung des Werkstoffes so gering wie möglich gehalten und dennoch eine maximale Bearbeitungsgeschwindigkeit erreicht werden kann. Um die Möglichkeiten des Faserlasers optimal nutzen zu können, sind die limitierenden Faktoren hinsichtlich der Genauigkeiten und Beschleunigungszeiten der Verfahreinheiten, insbesondere bei der Bearbeitung kleiner Konturelemente, zu beachten. Denn hierdurch wird die theoretische Bearbeitungsgeschwindigkeit begrenzt. Um die Möglichkeiten der Laserquelle voll auszunutzen, ist für diese Art der Bearbeitung ein stabiles Maschinenfundament, als Basis für hochgenaue linearmotorgetriebene Achsen, zwingend erforderlich. Aufgrund der hohen Strahlqualität von Faserlasern bei hohen mittleren Leistungen gegenüber lampengepumpten Nd:YAG Lasern, können die Bearbeitungszeiten bei vielen Feinschneidanwendungen um das 2- bis 10-fache reduziert werden, was sich äußerst positiv auf die Wirtschaftlichkeit auswirkt. Beim Feinschneiden dünner Folien wiederum besteht die Herausforderung darin, eine spezielle Spanntechnik zum Einsatz zu bringen, welche das Durchhängen der Folie verhindert. Hierfür müssen spezielle bauteilbezogene Vorrichtungen entwickelt und an der Maschine angebracht werden.

Die Schneidgaseinkoppelung in die Schnittfuge wird mit abnehmender Schnittfugenbreite und steigender Materialstärke erschwert. Dies kann zu einer erhöhten Gratbildung an der Werkstückunterseite führen. In gewis-

sen Grenzen kann dieser Effekt durch eine Erhöhung des Schneidgasdrucks auf bis zu 18 bar kompensiert werden. Darüber hinaus können nachgelagerte Reinigungsschritte, wie Beizen und Elektropolieren, erforderlich sein.

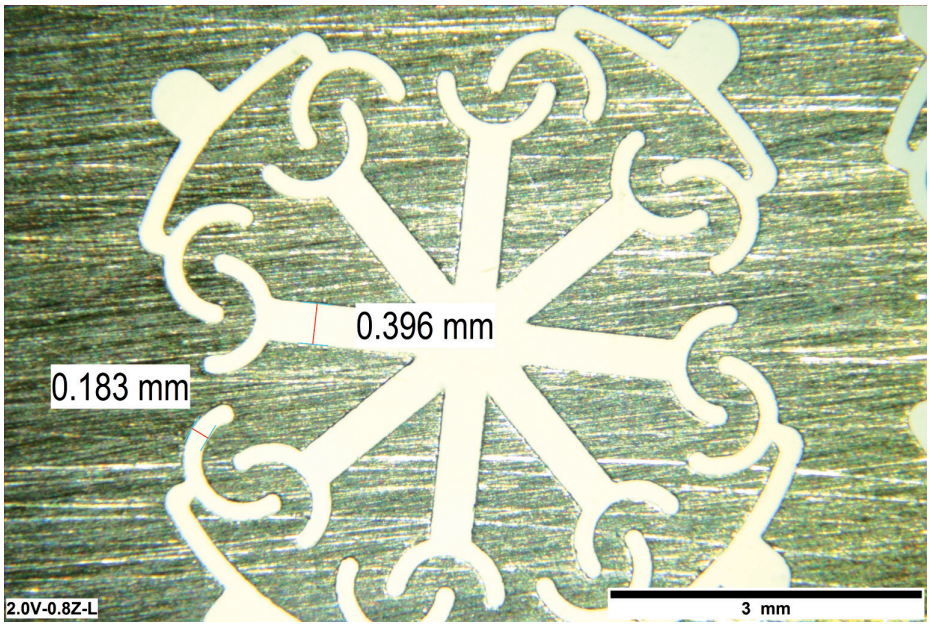
Laserprozesse in der Industrie

Durch die jetzt mögliche berührungslose Kontrolle der Fokuslage können Schneid- und Schweißprozesse in der Industrie noch präziser geführt werden. Eine Verschiebung des Strahlfokus im Laufe des Prozesses durch thermische Effekte nach dem Einschalten kann sofort festgestellt und entsprechend behoben werden. Damit bleibt die Leistungsdichte im Laufe des Prozesses konstant und die Schweißnaht bleibt gleichmäßig und stabil.

Auch beim Laserbohren zur Produktion von Teilen für die Luft- und Raumfahrt spielt die Fokuslage eine entscheidende Rolle. Um eine Beschädigung während des Betriebs zu vermeiden, bohrt man beispielsweise in die Schaufeln der Turbinenräder tausende tiefe Löcher mit einem sehr kleinen Durchmesser. Sie dienen zur Luftkühlung. Dazu benutzt man Laser, die über eine extrem hohe Pulsspitzenleistung und eine Bearbeitungsoptik mit einer relativ großen Brennweite verfügen. Der Fokus muss gefunden und strategisch so auf dem Teil platziert werden, dass jedes Loch sowohl in sich selbst als auch im Vergleich zu den anderen Löchern gleichmäßig gebohrt wird. Um die Laser korrekt einzustellen, waren bisher zahlreiche experimentelle Messungen notwendig. Die dynamische und berührungslose Messung des Laserstrahls mit BeamWatch, reduziert den Aufwand signifikant und liefert schnelle und präzise Ergebnisse.

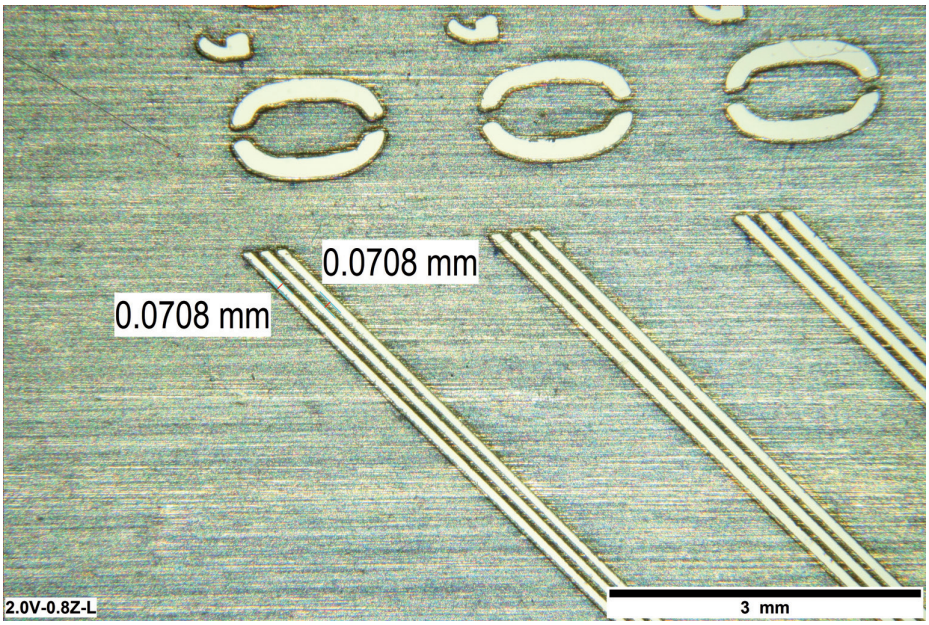
Beispiele aus der Bearbeitungspraxis

Bei der Herstellung von Spinndüsen müssen aus einer 120 × 650 mm großen aus 0,8 mm dickem nichtrostenden ferritischen Chrom-Stahl bestehenden Platte 600 Löcher geschnitten werden, die nur einen sehr geringen Abstand haben. Neben der Auswahl der Bearbeitungsparameter spielen hier Know-how Aspekte in der optimalen Bearbeitungsreihenfolge sowie in der Lage der Anschnitte eine wichtige Rolle. Die Anschnitte und die Bearbeitungsreihenfolge sind so zu wählen, dass sich die ausgeschnittenen Teile, also quasi der Abfall, nicht im Konturschnitt verkanten oder verkippen und es dadurch zu einer Kollision mit der Schneiddüse kommt. Bei stark verzweigten Konturelementen können hier auch zusätzliche Trennschnitte in

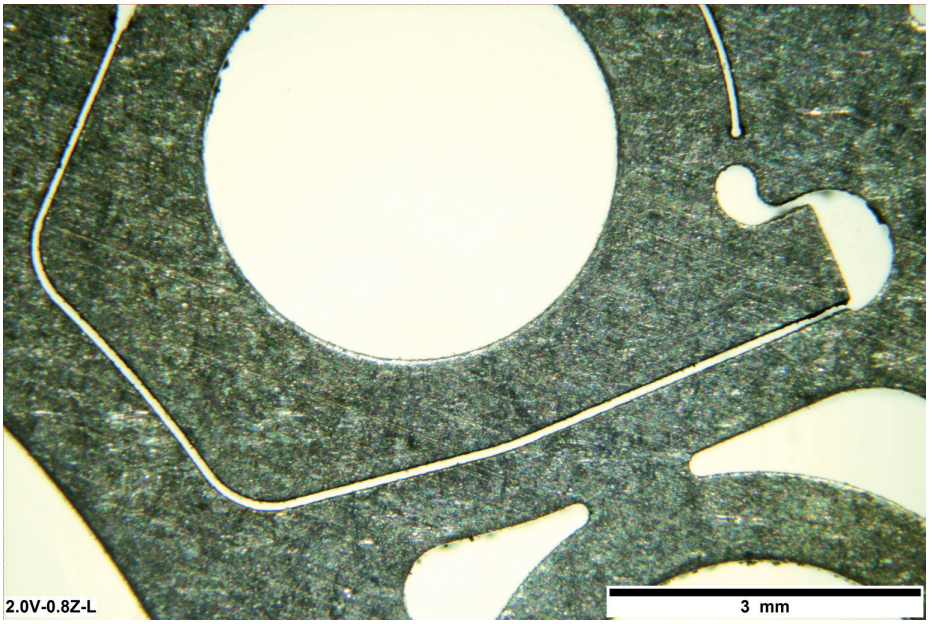


▲ **Formlöcher in Spinndüse**
Bild: RJ Lasertechnik GmbH

ANZEIGE



▲ **Röntgentestblende**
Bild: RJ Lasertechnik GmbH



▲ **Feinschnitt im Innenzahnrad**
Bild: RJ Lasertechnik GmbH

den Konturelementen hilfreich sein. Ein zweites Beispiel ist eine Röntgentestblende aus 0,15 mm dickem Molybdän-Blech. Bei diesem Projekt besteht die Herausforderung darin, die Einstellung der Bearbeitungsparameter so zu wählen, dass sich die schmalen Stege mit einer Länge von nur 10 mm nicht durch die Energieeinbringung des Lasers thermisch verformen. Auch der Feinschnitt in einem Innenzahnrad aus nichtrostendem martensitischen Chrom-Stahl mit einer Dicke von 2.5 mm ist eine Herausforderung: Um schmale, nahezu parallele Schnittfugen in Materialstärken oberhalb von 1.0 mm zu erzeugen, ist die Fokuslage von der Laserstrahleintrittsseite aus gesehen, wenige zehntel Millimeter unterhalb der Werkstückoberfläche einzustellen. Um Ablagerungen von Schmelzpartikeln in der Schnittfuge zu verhindern, muss mit Schneidgasdrücken oberhalb von 12 Bar gearbeitet werden.

Fazit

Für Feinschneidanwendungen ist der Single Mode Faserlaser in Verbindung mit qualitativ hochwertigen Quarzoptiken und hochgenauen, dynamischen Linearmotorantrieben die beste Wahl. Die sehr gute Strahlqualität und der daraus resultierende kleine Fokusdurchmesser von ca. 30 µm ermöglichen eine nahezu verzugfreie Bearbeitung bei sehr engen Konturen von federharten Stählen bis 1 mm Materialstärke. Im Materialstärkenbereich von 1 bis 3 mm können Schnittfugenbreiten von 50 µm erzielt werden.

■ INFO

Autor:
Dipl.-Ing. Jürgen Jannsen
Mitgründer und Geschäftsführer
der RJ Lasertechnik GmbH

Kontakt:
RJ Lasertechnik GmbH
Boschstr. 20
52531 Übach-Palenberg
Tel.: 02451 910 54-0
E-Mail: info@rj-lasertechnik.de
www.rj-lasertechnik.de