

Die Potenziale des Laserschneidens

Die »Cost of Ownership« verdeutlicht, dass eine hohe Laserleistung nur Sinn macht, wenn sie wirtschaftlich genutzt werden kann. Beim Laserschneiden im Blechdickenbereich von bis zu 4 bis 6 mm, der heutzutage den Löwenanteil aller Anwendungen in der Blechbearbeitung ausmacht, können Strahlquellen mit 2,5 kW Ausgangsleistung – höchste Strahlqualität vorausgesetzt – bei exzellenten Geschwindigkeiten und attraktiven Kosten eingesetzt werden.



Laserbrennschneiden

Der Markt für Lasertechnik in der industriellen Materialbearbeitung weist für das zurückliegende Jahrzehnt zweistellige Zuwachsraten aus. Durch die Verfügbarkeit von konsequent weiterentwickelten Laserstrahlquellen, die kontinuierliche Erweiterung des Anwendungsspektrums sowie die Optimierung der Systemkonzepte wurden Laser in verschiedenen Branchen zu unverzichtbaren, hocheffizienten und zuverlässigen Fertigungswerkzeugen.

Der überwiegende Anteil dieser Laser wird für Schneidanwendungen genutzt: Rund 60 % des Weltmarktes für Hochleistungs-CO₂-Laserstrahlquellen entfielen laut einer 2004 veröffentlichten Studie von »Industrial Laser Solutions« auf diese Anwendung. Wurden früher die Mehrheit der Flachbett-Bearbeitungssysteme mit Lasern der Leistungsklasse von 1 kW bis 2 kW ausgestattet, so wird heutzutage ein erheblicher Anteil der Systeme mit Lasern über 2 kW Leistung ausgeliefert. Übrigens, nicht nur metallische Werkstoffe werden »gelasert«, sondern auch Holz (Stanzformen für die Verpackungsindustrie), Textilien (Airbags) und Kunststoffe (Werbedisplays).

Das Laserschneiden schöpft sein anwendungstechnisches Potenzial hauptsächlich aus der hohen Lokalität des Laserenergieeintrags, d. h. es profitiert von ge-

ringen Fokusdurchmessern, mit der Folge geringer Schnittspaltbreiten, hohen Vorschubgeschwindigkeiten und minimalem Wärmeeintrag. Neben der Laserleistung und der Wellenlänge des Lasers spielt also die Fokussierbarkeit oder die Strahlqualität eine bedeutende Rolle.

Dem Anwender steht hierzu ein breites Spektrum an Laserschneidmaschinen zur Verfügung: Kleine Laser-Stanz-Kombinationsmaschinen, spezialisierte Rohr- und Profilschneidmaschinen, Standart-Flachbettschneidanlagen mit

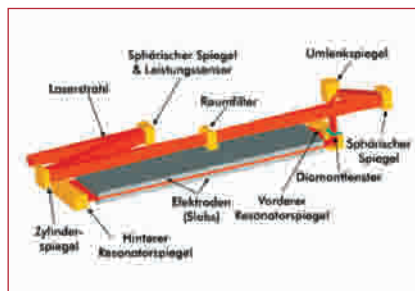
fliegender Optik für verschiedene Formate bis hin zu großen Portalanlagen für die 3D-Bearbeitung. Auch Roboter werden zum Schneiden mit Lasern eingesetzt, entweder in Verbindung mit flexiblen Lichtleitfasern und Festkörperlasern oder mit integrierten CO₂-Lasern geringerer Leistung.



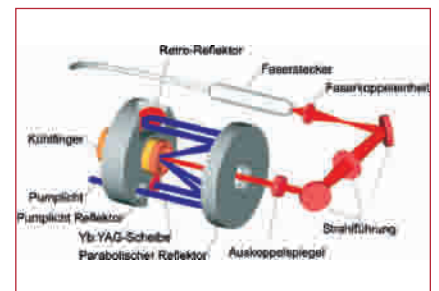
CO₂-Slab-Laser ROFIN DC 025.



Seibenlaser DS 030 HQ.



Prinzip eines CO₂-Slab-Lasers.



Prinzip eines Scheibenlasers.

Der Autor

Dr. Wolfram Rath ist Mitarbeiter der Rofin-Sinar Laser GmbH, Hamburg.

Laserschneiden

Strahlqualität, Laserfokus und Laserstrahlquellen

Ein Laserstrahl propagiert nicht als paralleler divergenzfreier Strahl, sondern folgt einer so genannten Strahlkaustik, deren Ausbreitungsverhalten durch die Parameter Strahltaillienradius und Fernfelddivergenz charakterisiert wird. Das Produkt dieser beiden Größen wird als Strahlparameterprodukt (Einheit mm x mrad) zur Beschreibung der Strahlqualität verwendet. Es bleibt bei Kollimierung oder Fokussierung konstant und bestimmt neben der Strahlausbreitung vor allem den Fokusedurchmesser und die Tiefenschärfe. Ebenfalls zur Anwendung kommt die normierte Angabe der Strahlqualität als K-Zahl ($K < 1$) oder M^2 ($M^2 > 1$) mit 1 als optimalem Wert.

Laserstrahlen besserer Strahlqualitäten, beschrieben durch geringere Strahlparameterprodukte, erlauben kleinere Fokusedurchmesser oder größere Schärfentiefen. Sie breiten sich außerdem mit geringerer Divergenz aus.

CO₂-Laser zählen von Beginn an zu den Arbeitspferden der Laserindustrie: Die Verfügbarkeit von hohen Laserleistungen gepaart mit bester Strahlqualität, einfacher Handhabung und hervorragender Integrierbarkeit in bestehende Anlagenkonzepte haben den Erfolg dieser Laser begründet. Auch heute noch zählen CO₂-Laser zu den günstigsten Laser-Fertigungswerkzeugen in Bezug auf Investition pro Kilowatt Leistung und insbesondere im Hinblick auf die laufenden Betriebskosten. CO₂-Slab-Laser kommen aufgrund ihrer Diffusionskühlung ohne Gasumwälzung zur Kühlung aus und sind daher prinzipiell sehr kompakt, wartungsarm und zeichnen sich durch höchste Verfügbarkeit und minimalen Gasverbrauch aus. Sie werden entweder als abgeschlossene (sealed off) Laser bis 600 W für Kleinleistungsschneidaufgaben oder mit eingebauter Gasflasche mit Leistungen bis 5 kW für maximale Schneidleistung hergestellt. Mehr als 4000 ausgelieferte Laser mit Leistungen über 1 kW verrichten ihren Dienst in der automatisierten Produktion.

Festkörperlaser bieten gegenüber den CO₂-Lasern den Vorteil, dass die Leistung aufgrund der Wellenlänge von ca. 1 µm über flexible Lichtleitfasern an das Werkstück geführt werden kann und werden daher vor allem für das Roboter geführte Schneiden von drei dimensional Aufgaben eingesetzt. Rofin Laser Macro bietet für das Laserschneiden hauptsächlich Dioden-gepumpte Festkörperlaser an. Sie haben gegenüber ihren Lampen-gepumpten Vorgängern einen höheren Wirkungsgrad und eine bessere Strahlqualität. Sie stehen heutzutage sowohl als Stab- als auch als Scheibenlaser zur Verfügung. Auch die neue Faserlasertechnologie, die von Rofin auf der diesjährigen LASER Messe vorgestellt wurde, wird sich für solche Festkörperlaserschneidaufgaben einsetzen lassen.

Laserschneiden und Laserbrennschneiden

Beim Laserschneiden trifft der fokussierte Laserstrahl auf die Schneidfront am vorderen Ende der Scheidfuge. Dort führt die absorbierte Laserleistung zum Verdampfen (Sublimation), Schmelzen und/oder zum Verbrennen des Materials. Mit Hil-

fe des Schneidgasstrahls wird das Material aus der Fuge ausgetrieben. Entsprechend dem Mechanismus, der beim Schneiden dominiert, spricht man vom Sublimationsschmelz oder Brennschneiden.

Die Auswahl der Laserwellenlänge wird durch die Absorption des Materials bestimmt. Viele Kunststoffe, Holz und Papier lassen sich nur mit dem CO₂-Laser schneiden, weil sie für die Festkörperlaser transparent sind. Metalle lassen sich sowohl mit CO₂-Lasern als auch mit Festkörperlasern schneiden.

Das Laserstrahlbrennschneiden wird hauptsächlich für niedrig legierte Stahlbleche eingesetzt. Aufgrund der exothermen Reaktion des Stahls mit dem Sauerstoff ist im Vergleich zum Schmelz- oder Sublimierschneiden ein geringerer Energieaufwand des Lasers notwendig.

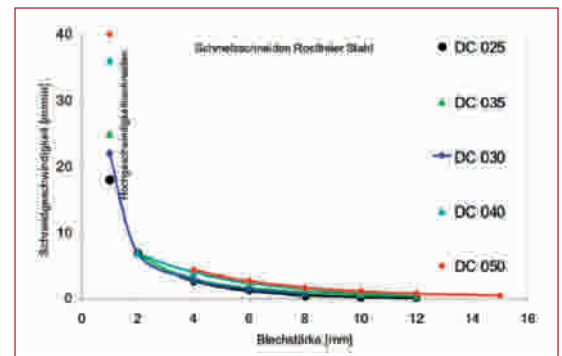
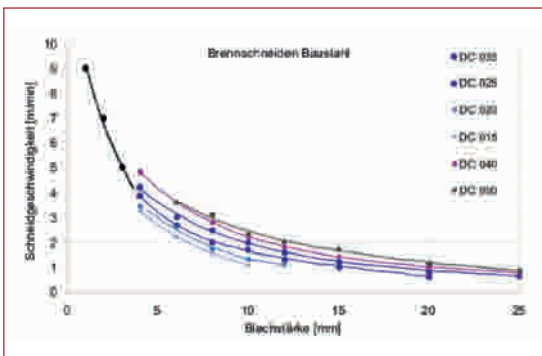
Schneidgeschwindigkeiten oder benötigen geringere Laserleistungen als Laser schlechterer Fokussierbarkeit. Dieser Vorteil schränkt die Schneidbarkeit dicker Baustahlbleche bei höheren Laserleistungen nicht ein. Die hohe Strahlqualität macht sich darüber hinaus durch die geringere Divergenz der Strahlausbreitung bemerkbar, die eine größere Konstanz der Fokusparameter bei Systemen mit fliegender Optik gewährleistet und bei großen Maschinen den Aufwand für die Strahlführung reduziert.

Die Wellenlängen der Festkörperlaser werden von den Metallen etwas besser absorbiert als die der CO₂-Laser. Daher wird beim Schneiden geringer Materialstärken bis etwa 3 mm eine etwas größere Schneidgeschwindigkeit erreicht als mit dem CO₂-Laser. Bei größeren Materialstärken sind die Schneide-

Auch hier sind Prozessgrenzen beobachtbar, die mit dem Schmelzfluss und -austrieb zusammenhängen oder von einem erhöhten Verdampfungsanteil herrühren.

Mit der Verfügbarkeit von Strahlquellen mit deutlich verbesserter Strahlqualität wie den diffusionsgekühlten CO₂-Slab-Lasern, lassen sich heute kleinere Fokusdurchmesser bei vergleichbaren Bedingungen erzielen. Die dadurch erzielbaren, schmalen Schnittspalte führen zu höheren Schneidgeschwindigkeiten, da weniger Material aufgeschmolzen werden muss. Diesen Vorteil kann man insbesondere bei der Bearbeitung dünnerer Bleche, wie Sie überwiegend in der industriellen Materialbearbeitung eingesetzt werden, nutzen.

Größere Blechstärken erfordern andererseits eine breitere Schnittfuge, damit der Schneidgasstrahl eine ausreichende



Die maximale Schneidgeschwindigkeit der Laserbrennschnitte ist nicht nur von der Laserleistung, sondern auch vom Verbrennungsvorgang bestimmt. Insbesondere der Blechdickenbereich bis 4 mm wird mit Leistungen deutlich kleiner als 2 kW geschnitten. Der Einsatz größerer Laserleistungen lässt sich prozesstechnisch nicht umsetzen. Steigert man die Laserleistung für eine bestimmte Materialstärke (> 4 mm), so nimmt die Schneidgeschwindigkeit unterproportional zu. Eine höhere Laserleistung ermöglicht größere Blechstärken sicher zu schneiden, der Gewinn an Schneidgeschwindigkeit gegenüber leistungsschwächeren Lasern ist jedoch gering. CO₂-Slab-Laser erreichen auf Grund ihrer hohen Strahlqualität im Blechstärkenbereich bis etwa 6 mm höhere

schneidgeschwindigkeiten etwa gleich. Die maximalen Blechstärken werden besser mit dem CO₂- als mit dem Festkörperlaser geschnitten.

Laserschmelzschnitten und Sublimationsschnitten

Naturngemäß spielt die Stahlverbrennung beim Schmelzschnitten mit Stickstoff unter hohem Druck keine Rolle. Man erhält oxydfreie Schnittkanten hoher Qualität. Die Schneidgeschwindigkeit nimmt mit der Laserleistung in weiten Bereichen linear zu, so dass höhere Schneidgeschwindigkeiten als beim Brennschneiden erzielt werden können. Aufgrund des hohen Stickstoffverbrauchs und der größeren Laserleistung ist der Prozess jedoch kostenintensiver.

Eindringtiefe in die Fuge besitzt. Die Fugenbreite ist also durch geeignete Fokussierung einzustellen.

Laser der Wellenlängen um 1µm erreichen wie beim Brennschneiden höhere Effizienzen im Dünoblechbereich bis etwa 3 mm im Vergleich zu CO₂-Lasern. Bei größeren Blechstärken erzielen sie jedoch nicht die mit CO₂-Lasern hergestellte Kantenqualität in Bezug auf Rauhigkeit und Gratfreiheit.

Das Sublimationsschneiden erfordert im Vergleich zum Schmelzschnitten nur geringen Gasdruck oder kommt auch ganz ohne Gasunterstützung aus. Dadurch ist es möglich auch mit Scannern zu schneiden, beispielsweise für das Schneiden abrasiver Papiere für Schleifscheiben oder für das Schneiden von Airbag-Gewebe. Eine hohe Strahl-

qualität erlaubt dabei das Nutzen großer Arbeitsfelder oder ermöglicht höhere Schnittgeschwindigkeiten.

CO₂-Laser, bewährt und günstig

CO₂-Laser sind weiterhin die kostengünstigste Variante in Hinblick auf Laserausgangsleistung und Aufwand für Lasersicherheit dar. Die Investitionskosten steigen dabei mit der Laserleistung, und eine Verdopplung der Ausgangsleistung schlägt sich in rund 50 % höheren Preisen nieder. Eine an die Fertigungsaufgabe angepasste Laserleistung führt also zu einer Kostenminimierung, da viele Hochleistungsanwender das Leistungsvermögen ihres Bearbeitungssystems nur teilweise nutzen können: Der Grund liegt darin, dass der überwiegende Anteil der Anwendungen im Blechdickenbereich von 1 bis 6 mm – sei es Baustahl, Edelstahl oder Aluminium – liegt. In diesem Blechdickenbereich ist es jedoch nicht immer möglich, die volle Laserleistung in das Werkstück zu bringen. Dagegen erlaubt der Einsatz besser fokussierbarer Strahlquellen eine Ge-

schwindigkeitssteigerung gerade in diesem Blechstärkenbereich.

Bei der Betrachtung der Betriebskosten ist neben der Ausgangsleistung die Bauart des Lasers zu berücksichtigen: Während typische schnelllängsgeströimte Laser großvolumige Gebläse oder Turbinen zur Gasumwälzung benötigen und zur Realisierung kompakter Abmessungen über mehrfach gefaltete, komplexe Resonatoren mit einer Vielzahl von Spiegeln verfügen, zeichnen sich diffusionsgekühlte CO₂-Slab-Laser durch einen einfachen Aufbau mit lediglich zwei metallischen Resonatorspiegeln aus. Durch das Prinzip der Diffusionskühlung kann auf Turbinen und Gebläse zur Gasumwälzung vollständig verzichtet werden, was zu einem nahezu verschleißfreien Laser führt. Da diffusionsgekühlte CO₂-Slab-Laser einen vernachlässigbaren Gasverbrauch aufweisen, reicht die im Laserkopf integrierte Premix-Gasflasche für mehr als ein Jahr Dauerbetrieb. Danach wird die Flasche einfach gewechselt. Eine externe Laser-gasversorgung ist daher nicht notwendig und bietet so Potenzial für weitere

Kosteneinsparungen. Typische Verschleißteile in schnelllängsgeströimten Lasern sind die gasführenden Glasrohre, die transmissiven Optiken und die Gebläse, bzw. Turbinen.

Leistung, wo sie gebraucht wird

Bei der Anschaffung einer Laseranlage tritt immer stärker die Betrachtung der »Cost of Ownership« in den Vordergrund. Da die hohe Laserleistung mit Kosten verbunden ist, macht sie nur Sinn, wenn sie wirtschaftlich genutzt werden kann. Der Blechdickenbereich von bis zu 4 bis 6 mm, der heutzutage den Löwenanteil aller Anwendungen in der Blechbearbeitung ausmacht, kann mit Strahlquellen mit 2,5 kW Ausgangsleistung – höchste Strahlqualität vorausgesetzt – mit exzellenten Geschwindigkeiten zu attraktiven Kosten bearbeitet werden.

KENNZIFFER 045

Rofin Sinar
www.rofin.de