

Laserschneiden und -schweissen im fliegenden Wechsel

Basierend auf dem Prinzip der «autonomen Düse», wurde am Fraunhofer-Institut für Lasertechnik ein Laserkopf entwickelt, der ohne Werkzeugwechsel sowohl schneiden als auch schweissen kann. Dadurch lassen sich die Kosten bei einer gleichzeitigen Verbesserung von Produktivität, Qualität und Flexibilität mindestens halbieren.

DIRK PETRING

Die Ansprüche an innovative Fertigungstechnologien steigen stetig an. Die industriellen Anwender stehen im harten Wettbewerb und erwarten von neuen Produktionsmitteln grössere Flexibilität, gepaart mit höherer Produktivität bei geringeren Kosten. Um derartigen Anforderungen gerecht zu werden, müssen die bestehenden Prozessketten analysiert und wirkungsvolle Methoden zu ihrer Verkürzung und Integration entwickelt werden.

Ein Beispiel für komplexe Prozessketten ist die Fertigung von Blechbaugruppen. Sie entstehen durch die Kombination umformender, trennender und fügender Verfahren. Die vorgelagerten Umformoperationen erfolgen an vorgeschrittenen und teilweise an vorgefügten Platinen, z. B. als Tailored Welded Blanks (TWB). Zum Fertigstellen der Baugruppe müssen die Umformteile je nach Bauteilkomplexität in mehr oder weniger aufwändigen Prozessfolgen zugeschnitten, gefügt und fertig geschnitten werden. Dabei gilt es,

den anlagentechnischen Aufwand zu minimieren. Um wirtschaftlich fertigen zu können, müssen die Flexibilität in der Reihenfolge und die Häufigkeit des Wechsels von Trenn- und Fügeoperationen vielfach erheblich eingeschränkt werden. Entsprechend verringern sich die Gestaltungsmöglichkeiten hinsichtlich Produktdesign und Variantenvielfalt.

Zwei unterschiedliche Funktionen in einem Kopf

Eine neue, hoch flexible Lösung zur Herstellung von Blechbaugruppen stellt ein Kombikopf dar, der sowohl schneiden als auch schweissen kann (Bild 1). In einer multifunktionalen Laserfertigungszelle kann er ohne Werkzeugwechsel dreidimensionale Schneid- und Schweißaufgaben in beliebiger Folge ausführen. Dabei entfallen Handhabungs-, Positionier- und Spannoperationen. Dadurch werden einerseits kürzere und flexiblere Prozessketten und damit geringere Produktionszeiten und -kosten sowie andererseits auch verbesserte Fertigungsgenauigkeiten erreicht. Zudem eröffnen sich wirtschaftliche Lösungen für innovative Blechprodukte mit einer hohen Variantenvielfalt.

In Schneidköpfen muss eine intensive Schneidgasströmung koaxial zum fokussierten Laserstrahl für den effektiven Schmelzaustrieb aus der Fuge sorgen. Dazu wird der Laserstrahl so durch eine Hochdruckdüse geleitet, dass sein Fokus gemeinsam mit dem Gasstrahl unterhalb des Düsenaustritts auf das Werkstück trifft. Auf der Lasereintrittsseite der Düse sorgt eine Linse einerseits für den gasdichten Abschluss des Düsenraums und an-



Mit dem Kombikopf kann ohne Werkzeugwechsel geschnitten und geschweisst werden. (Bilder: Fraunhofer ILT)

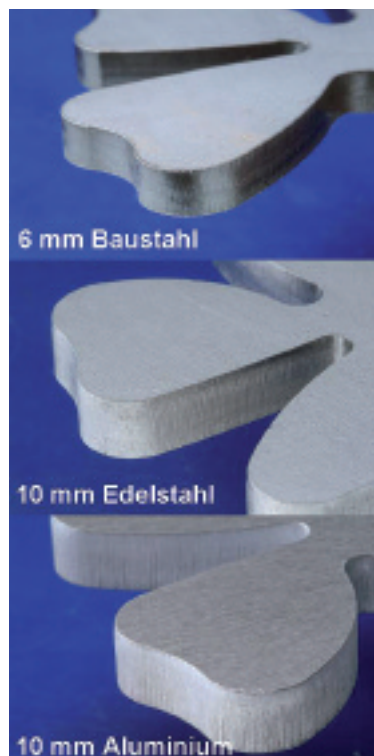
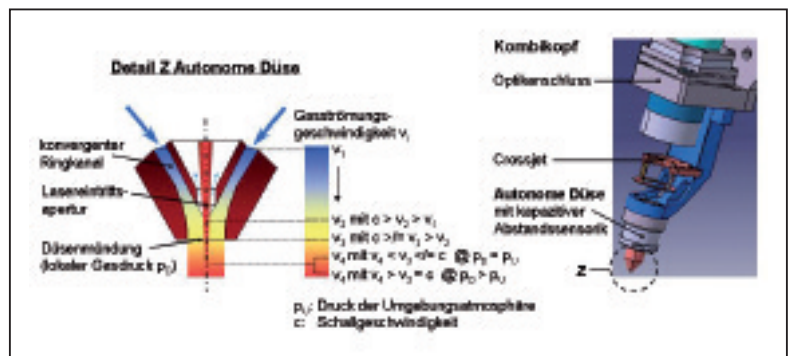
dererseits für die Fokussierung des Laserstrahls. Die Düse dient zusätzlich als kapazitiver Abstandssensor, der durch die Einbindung in eine geschlossene Regelschleife der Bewegungsachsen oder einer Zusatzachse einen konstanten Abstand von etwa 1 mm zwischen Düsenunterkante und Blechoberfläche sicherstellt.

In Schweißköpfen übernimmt für Festkörper- und Diodenlaser ebenfalls eine Linsenoptik die Fokussierung, für CO₂-Laser dagegen in der Regel eine Spiegeloptik. Zur Erzeugung der sanften Schutz- bzw. Prozessgasströmung, wie man sie für das Schweißen benötigt, kommen koaxiale oder ausseraxiale Düsen mehrere Millimeter vom Laserauftreffpunkt entfernt zum Einsatz. Um die Optiken zuverlässig vor Schweißrauch und -spritzern zu schützen, wird zusätzlich ein quer zur Laserachse, zwischen Optik und Prozessgasdüse angeordneter Hochdruck-Luftvorhang, der so genannte Crossjet, verwendet. Daher benötigt ein Schweißkopf – im Gegensatz zur gasdichten Optik von Standard-Schneidköpfen – einen offenen Strömungsraum unter seiner Optik, der gasdynamisch von der Bearbeitungszone entkoppelt ist.

«Autonome Düse» als Schlüsselkomponente

Der Zielkonflikt zwischen den Anforderungen von Schneid- und Schweißköpfen liess sich mit einer Weiterentwicklung der am Fraunhofer ILT vor über zehn Jahren erfundenen «autonomen Düse» lösen (Bild 2). Die Strömungsführung erzwingt durch die Verlagerung der Lasereintrittsapertur in die Nähe der Düsenmündung eine minimale Prozessgasleckage und vermeidet gleichzeitig zuverlässig das Ansaugen von Nebenluft. Auf diese Weise kann die Düse in weiten Druckbereichen eine koaxiale Prozessgasströmung erzeugen, unabhängig von der Fokussierungsoptik und ohne ein gasdichtes Abschlussfen-

Prinzip der «autonomen Düse» und des Kombikopfs.



Schneidergebnisse bei Verwendung des Kombikopfs mit Spiegeloptik und CO₂-Slablaser. Es wurden Laserleistungen zwischen 2,5 und 4 kW verwendet.

ter zu benötigen. Dank ihrer Autonomie gestattet sie zudem problemlos die Integration eines Crossjets unterhalb der Fokussierungsoptik. Dieser ist erforderlich, weil die sanfte Prozessgasströmung, die beim Schweißen einzustellen ist, alleine nicht in der Lage wäre, die Optik zuverlässig vor Rauch und Spritzern zu schützen.

Die «autonome Düse» bildet mit ihrer rotationssymmetrischen, schlanken Bauform und einer integrierten kapazitiven Abstandssenso-

rik die Schlüsselkomponente des universellen Bearbeitungskopfs für das dreidimensionale Schneiden und Schweißen. Zusammen mit einem Crossjet mit Druckluftanschluss, einem Wechselventil für Schneid- und Schweißgas und der geeigneten Programmierung der NC-Steuerung zum Umstellen der Verfahrensparameter entstand damit ein Werkzeug, das sich für Schneid- und Schweißaufgaben gleichermaßen eignet. Der Kombikopf kann wahlweise mit Linsen- oder Spiegeloptiken ausgestattet werden und ist sowohl für Festkörper- als auch für CO₂-Laser geeignet.

Nur das Prinzip der «autonomen Düse» gestattet auch beim Schneiden den Verzicht auf Linsenoptiken und stattdessen den Einsatz thermisch und mechanisch robuster Spiegeloptiken. Die Schneidergebnisse entsprechen dem höchsten industriellen Standard, der mit dem jeweiligen Lasertyp erzielbar ist (Bild 3). Im Labor wurden bereits Leistungen von bis zu 12 kW erfolgreich für das Schneiden und Schweißen von Stahlwerkstoffen bis 10 mm Dicke erprobt. Die industriellen Anwendungen des Kombikopfs sollen jedoch zunächst auf maximale Blechdicken von 6 mm

Mail-box

Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)
Steinbachstrasse 15, 52074 Aachen, Deutschland
Tel. +49 241 890 62 10, Fax +49 241 890 61 21
www.ilt.fraunhofer.de, dirk.petring@ilt.fraunhofer.de



Kombikopf an einem 6-Achsen-Roboter.



Kombikopf beim Besäumen einer vorher geschweissten, nicht linearen I-Naht am Überlappstoss.

und Laserleistungen von 8 kW begrenzt werden.

Praxiserfahrungen

Die durch die Verfahrenskombination gewonnene Flexibilität kommt besonders beim Einsatz von Robotersystemen mit fasergeführten Festkörperlasern zur Wirkung (Bild 4). So wurden beispielsweise in einer 3D-Applikation an einem Pkw-Dachrahmen in einer Aufspannung in schnell wechselnder Folge Ober- und Unterschalen verschweisst, Ausbrüche geschnitten und Laschen eingeschweisst.

Vergleichbare Anwendungen sind zurzeit in der Erprobung. Dazu werden unter anderem Scheiben- und Faserlaser hinsichtlich ihrer Eignung für die multifunktionale Laserfertigung von Blechbaugruppen mit dem Kombikopf qualifiziert.

Die Vorteile der Kombinationsbearbeitung kommen bei folgenden Produktgruppen besonders zum Tragen:

- komplexe Serienbaugruppen, die ein mehrfaches und schnelles Umschalten zwischen Schweiss- und Schneidprozessen erfordern
- Produkte mit hoher Variantenvielfalt, z.B. mit kundenspezifischen optionalen Ausschnitten und Anschweißungen
- Bauteile, deren Funktionalität von einer exakten Positionierung und Lage zwischen den Schnittkonturen und den Schweissnähten abhängt

Der letzte Punkt schliesst Anwendungen ein, bei denen Flansche von Rahmen, Gehäusen, Behältern oder Strukturbauteilen durch Laserschneiden vorbereitet werden, um sie dann mit Überlapp-, Eck-, Stirnflach- oder Bördelnähten zu schweißen. Abschliessend werden sie exakt entlang der Schweissnähte besäumt oder formgeschnitten, um eine hoch genaue Schweissbaugruppe, z.B. mit Funktionskanten oder -bohrungen, herzustellen (Bild 5).

Möglich wird die genaue Zu-

ordnung von Schweissnähten und Schnittverläufen durch den konstanten Tool-Center-Point (TCP) des Kombikopfs. Wenn es gewünscht wird, lassen sich Leichtbauvorteile durch das Ab- oder Ausschneiden überflüssiger Flansch- oder Flächenanteile, aber auch eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit durch spaltfreie Flanschkanten realisieren. Zudem können Ausschnitte in die fertig geschweisste Baugruppe eingebracht werden, die mit ihrer absoluten und relativen Form- und Lagegenauigkeit besonders hohe funktionale Ansprüche erfüllen. Dies zeigt, dass durch die freie Wahl der Reihenfolge der Prozessschritte zahlreiche neue Möglichkeiten hinsichtlich Funktion und Qualität der Baugruppen entstehen. ■

Dr. rer. nat. Dirk Petring
Leiter Abteilung Trenn- und Fügeverfahren
Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)
52074 Aachen, Deutschland