

Den Durchblick behalten

Transparente Kunststoffe mit Laser fügen

Thomas Ebert, Aachen

Neben den schon vertrauten Verfahren zum Kunststoffschweißen etabliert sich in der Serienfertigung das Fügen mit Laserstrahlung. Durch Weiterentwicklungen im Laser- und Pigmentbereich ergeben sich neue Anwendungen. Nun ist es möglich, dickwandige transparente Bauteile mit dem Laser zu fügen.

Für das Fügen von Kunststoffen stehen eine Reihe von Verfahren zur Verfügung. Die verbreitetsten sind

- ▶ das Ultraschallschweißen,
- ▶ das Heizelementschweißen und
- ▶ das Vibrationsschweißen.

Bei allen diesen Verfahren ist ein dem Bauteil angepaßtes Werkzeug erforderlich, um die Schmelzwärme in die Füge-

optischen Ansprüchen genügen müssen, sind diese Verfahren daher nicht geeignet. In diesem Fall werden die Bauteile geklebt. Dabei sollten der Kleber und die Fügepartner den gleichen Brechungsindex haben, um einen optisch einheitlichen Eindruck zu erhalten. Für das Kleben ist das Einhalten konstanter Verarbeitungsbedingungen wichtig, um eine gleichbleibende Fügequalität sicherzustellen. Nachteilig bei der Verwendung von Klebstoffen auf Lösungsmittelbasis sind die bei der Verarbeitung frei werdenden Dämpfe.

Trotz dieser Nachteile gab es bisher noch kein Verfahren, welches die Anforderungen des Klebens wie hohe Fügenahtqualität und hochtransparente Fügeflächen für das Fügen dickwandiger Bauteile erfüllen konnte. Verbindungen von transparenten Bauteilen konnten bisher nur in Form von Folien und durch die Verwendung

von CO₂-Lasern hergestellt werden. Die Verschweißung erfolgte meist in Form einer Kehlnaht.

PMMA, ABS und PC verschweißen

Neue Entwicklungen im Bereich der Pigmente und der Laserstrahlquellen ermöglichen nun das Verschweißen von hochtransparenten Kunststoffen wie PMMA, ABS und PC und stellen so eine Alternative zum Kleben dar. Der Vorteil des Schweißens mit Laserstrahlung ist, daß die Energie nur in der Fügezone eingebracht wird. Dies führt nicht nur zu einer Reduzierung der Prozeßenergie

sondern auch zu einer Verringerung der thermischen Belastung des Bauteils. Durch den berührungslosen Schweißprozeß tritt keine mechanische Belastung der Bauteile auf.

Fügen mit Diodenlaser

Ein Verfahren zum Schweißen von Kunststoffen ist das mittlerweile etablierte Durchstrahlschweißverfahren mit Diodenlasern. Mit der Steigerung der Ausgangsleistung der Diodenlaser bis ca. 90 W bei gleichzeitig hohem Wirkungsgrad, niedrigen Kosten und geringer Baugröße ergaben sich vollkommen neue Anwendungsmöglichkeiten für das Kunststoffschweißen [3]. Diese Laser emittieren im Bereich von 0,8 bis 1,0 µm (Naher Infrarot Bereich - NIR). In diesem Wellenlängenbereich absorbieren die Kunststoffe nur gering, so daß der Laser den Kunststoff durchdringen kann. Die Absorption der Diodenlaserstrahlung wird durch Farbstoffe bzw. Additive erreicht, die in den Kunststoff eingearbeitet werden. So kann ein transparenter Kunststoff mit einem absorbierenden verschweißt werden. Die Laserstrahlung durchdringt den transparenten Kunststoff und wird vom nicht transparenten Partner absorbiert. Die absorbierte Laserstrahlung wird in Wär-

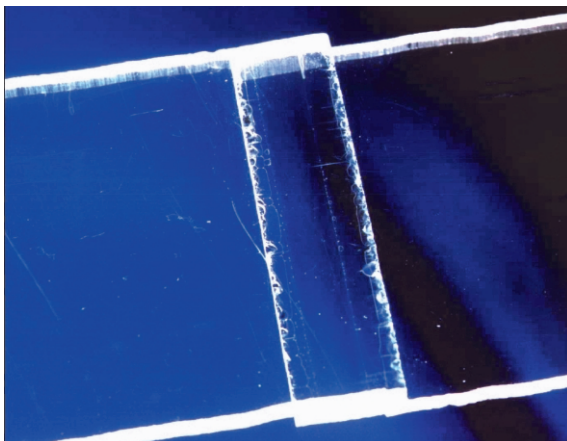


Bild 1. Beim Fügen von transparenten Kunststoffen mit NIR-Absorbern kommt es nach dem Abkühlen zum Formschluß

fläche einzubringen. Durch die meist unpräzise Energieeinbringung werden große Bereiche des Bauteils erwärmt, bei einigen Verfahren werden die Bauteile zusätzlich mechanischen Belastungen ausgesetzt. Bei allen industriell eingesetzten Serienschweißverfahren erfolgt das Fügen der Bauteile durch Aufbringen einer kontrollierten Kraft über einen definierten Fügeweg [1]. Bei dem entstehenden Quetschfluß wird ein Teil der Schmelze aus der Fügezone herausgedrückt [2]. Für Bauteile, die im Sichtbereich eingesetzt werden sollen, bedeutet dies einen zusätzlichen konstruktiven Aufwand. Für das Fügen von hochtransparenten Kunststoffen, die hohen



Bild 2. Schweißprinzip des 2 µ-Lasers

me umgewandelt und führt zum Schmelzen des Kunststoffs. Durch den Form- und Kraftschluß beider Fügepartner vor und während des Fügevorgangs wird die Wärme auf den transparenten Fügepartner übertragen. Die Durchmischung der beiden Schmelzen und das anschließende Abkühlen führt zur Bildung einer stoffschlüssigen Verbindung. Dieser Vorgang dauert meist weniger als eine Sekunde. Das Verfahren bietet drei grundsätzliche Vorteile:

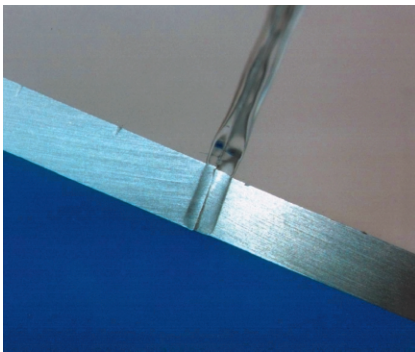


Bild 3. Beim Fügen mit dem 2 µ-Laser ist es möglich auch dickwandige Bauteile (3mm PMMA) mit Stumpfstoß zu verbinden

- ▶ Für das Durchstrahlschweißen mit Diodenlasern wird die Kontaktfläche der beiden Fügepartner etwas größer gewählt als die eigentliche Schweißfläche. Dies verhindert, daß Schmelze aus der Fügefläche austreten kann und sich ein Schmelzwulst bildet.
- ▶ Durch das Überlappen der Kontaktflächen reduziert sich der benötigte Fügedruck und ist damit geringfügig höher als der durch die Ausdehnung der Schmelze entstehende Druck.
- ▶ Da die Bauteile bereits vor dem eigentlichen Fügen in die endgültige Position zueinander gebracht werden, erreicht man eine hohe Positionsgenauigkeit, die besonders in der Mikrotechnik von Bedeutung ist.

Transparente Absorber

Das klassische Beispiel eines Absorbers ist das Rußpigment. Es absorbiert nicht nur hervorragend die Laserstrahlung, sondern dient in vielen Fällen auch als billiger UV-Absorber und Füllstoff. So hat sich Schwarz auch als am häufigsten verwendete Farbe für die Kunststoffeffärbung etabliert. Durch den für die Laserstrahlung hohen Absorptionskoeffizienten kann Ruß jedoch nur im absorbierenden Bauteil verwendet werden. Zum

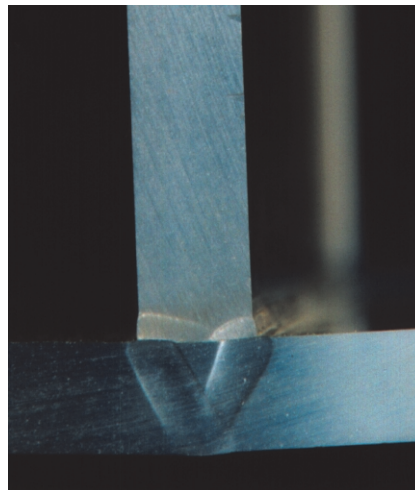


Bild 4. Auch eine T-Stoß-Verbindung ist beim 2 µ-Laserschweißen möglich

Fügen von zwei schwarzen Bauteilen mit Diodenlaser wird für das transparente Bauteil ein Farbstoff verwendet, der zwei Aufgaben erfüllt: eine hohe Transmission für die Diodenlaserstrahlung im Nah-Infrarot-Bereich und eine hohe Absorption im sichtbaren Wellenlängenbereich. So erscheinen beide Fügepartner für das menschliche Auge schwarz. Das Schweißen von zwei schwarzen Kunststoffen im Durchstrahlschweißen mit Diodenlaser ist Stand der Technik und hat sich in der Industrie bereits etabliert [4].

Bisher war es jedoch nicht möglich, mit dem Diodenlaser zwei ungefärbte hochtransparente Kunststoffe zu verschweißen. Durch den Einsatz von NIR-Absorbern ist dies nun möglich. NIR-Absorber sind Verbindungen, deren Absorptionsmaximum im Nah-Infrarot-Bereich liegt und die nur eine geringe oder keine Absorption im sichtbaren Bereich besitzen. Interessant für das Schweißen mit Diodenlasern sind Absorber mit einem Absorptionsmaximum zwischen 0,8 und 1,0 µm.

Für den Fügeprozeß werden die NIR-Absorber in Form einer Schicht zwischen die Fügepartner gebracht. Dies kann ein Coating, ein Draht oder eine dünne Folie sein. Dabei sollten der Draht und die Folie aus dem gleichen Material wie die zu fügenden Teile bestehen. Anders als beim Durchstrahl- bzw. Überlappschweißen wird die Strahlung nicht von einem Bauteil absorbiert, sondern in der Zwischenschicht, wo die absorbierte Strahlung in Wärme umgewandelt wird. Durch den formschlüssigen Kontakt vor und während des

Schweißprozesses wird die Wärme gleichzeitig auf beide Fügepartner übertragen. Auch hier führt die anschließende Durchmischung und Abkühlung zu einer stoffschlüssigen Verbindung (Bild 1).

Fügen mit dem 2 µ-Laser

Eine neue Möglichkeit, zwei transparente Kunststoffe miteinander zu verschweißen, stellt der sog. 2 µ-Laser dar. Dieser Laser emittiert die Strahlung im Wellenlängenbereich von ca. 2 µm. Während die Strahlung des CO₂-Lasers in der Oberfläche des Kunststoffs absorbiert wird und die Strahlung des Diodenlasers für den Kunststoff transparent ist, wird die Strahlung des 2 µ-Lasers dagegen zu gleichen Anteilen über die gesamte Dicke des Kunststoffs absorbiert (Bild 2).

Wie bei den anderen Laserschweißverfahren werden vor dem eigentlichen Schweißprozeß die Kunststoffe unter einem bestimmten Fügedruck in Formschluß gebracht. Anschließend werden die Bauteile mit dem Laser verschweißt. Da die Strahlung nicht wie beim CO₂-Laser in der Oberfläche absorbiert wird, ist es möglich auch dickwandige Bauteile z.B. im Stumpfstoß (Bild 3) oder im T-Stoß (Bild 4), miteinander zu verbinden. Auch Folien lassen sich im Überlappverfahren miteinander verschweißen (Bild 5). Diese Eigenschaften des Lasers lassen dem Konstrukteur eine größere

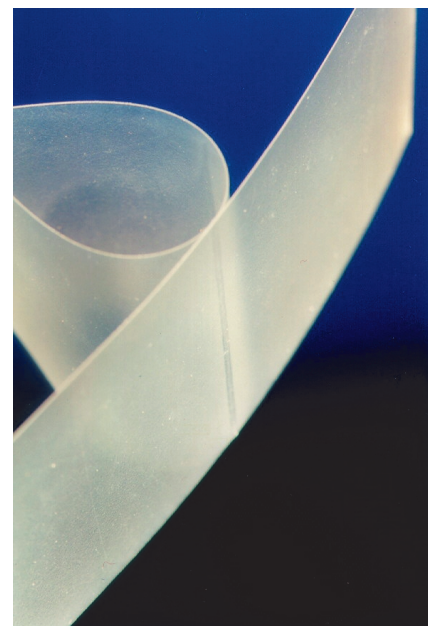


Bild 5. Transparente Folien lassen sich im Überlappverfahren miteinander verschweißen

Bei den Entwicklungsarbeiten für transparente Absorber waren die Firmen
TWI, Cambridge/England
Gentex Corp., Carbondale/USA
beteiligt.

Bei der Entwicklung des 2 μ -Lasers hat Lisa Laser Products OHG, Kaltenburg-Lindau mitgearbeitet.

gestalterische Freiheit bei der Wahl der Schweißgeometrie und bei der Formteilgestaltung. Anwendungsgebiete für diesen Laser finden sich unter anderem im

Bereich der Medizintechnik, wo aufwendige und langwierige Genehmigungsverfahren bei der Zulassung von neuen Zusatzstoffen vermieden werden können.

Fazit

Die vorgestellten Laserschweißverfahren für transparente Kunststoffe erschließen neue Perspektiven. Der Diodenlaser bietet einen Kostenvorteil aufgrund seines geringen Anschaffungspreises, während beim 2 μ -Laser das Wegfallen von Zusatzstoffen im Kunststoff als Hauptvorteil zu sehen ist.

Literatur

- 1 Haberstroh, E.: Schriftenreihe Umdruck Fügen und Umformen, IKV, Aachen
- 2 N.N., Handbook of Plastics Joining, Plastics Design Library, Norwich, NY, 1997
- 3 LISA laser products OHG, Firmenprospekt
- 4 Müllich, V.: Fügen von Kunststoffen mit Laserstrahlung. Tagungsband, Fraunhofer Institut für Lasertechnik, Aachen 1999

Der Autor dieses Beitrags

Dr.-Ing. Thomas Ebert, geb. 1962, ist geschäftsführender Gesellschafter der Prolas Produktionslaser GmbH, Aachen.
Kontakt: Fax 0241/8906-534