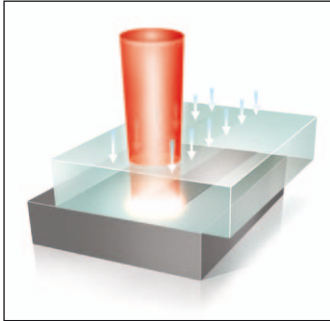


Wenn Präzision zählt ...

Laser-Kunststoffschweißen in der Medizintechnik



Beim Laser-Durchstrahlschweißen erfolgt die Plastifizierung ausschließlich in der Fügezone ohne Beeinträchtigung der Oberfläche

Medizinprodukte umfassen in erster Linie physikalisch oder physikochemisch wirksame Gegenstände oder Stoffe. Das Medi-

zinproduktegesetz bzw. die entsprechenden europäische Richtlinien legen die Anforderungen an Medizinprodukte fest. Wenn es um Sicherheit und Präzision bei der Herstellung geht, haben Lasersysteme oft deutliche Vorteile gegenüber herkömmlichen Verfahren.

Ein Laserstrahl ist eigentlich nur ein Lichtstrahl, aber mit besonderen Eigenschaften. Die Wellenlänge des Laserstrahls ist eng begrenzt, fast monochromatisch. Zusätzlich ist die Laserstrahlung nahezu parallel und phasengleich, das erlaubt den definierten Transport der Energie über eine große Entfernung. Je nach Wellenlänge des Lasers ändert sich die Absorption im getroffenen Material. Je höher der Absorptionsgrad eines Materials ist, desto

mehr Energie bringt der Laserstrahl in das Material ein.

Beim Laser-Kunststoffschweißen werden ein lasertransparenter und ein laserabsorbierender Werkstoff zusammengeschweißt. Die Laserstrahlung dringt durch den oberen Fügepartner in die Fügezone und wird dort vom unteren Fügepartner an dessen Oberfläche absorbiert. Der untere Teil der Schweißnaht wird bis zum Aufschmelzen erwärmt. Durch Wärmeübertragung übernimmt der obere Fügepartner die Energie und erwärmt sich so weit, dass Molekülketten im Berührungsbereich diffundieren. Nach dem Abkühlen entsteht eine stoffschlüssige Verbindung. Die Festigkeiten einer Laserschweißnaht sind denen im vollen Material ähnlich und erreichen nahezu Schweißfaktor 1. Diese Technologie wird auch als Laser-Durchstrahlschweißen bezeichnet.

Laser-Durchstrahlschweißen

Oberer und unterer Fügepartner müssen also unterschiedliche Absorptionsraten aufweisen: Viele Kunststoffe sind im Naturzustand für die eingesetzte Laserstrahlung ausreichend transparent, durch Zusatz von Ruß oder farbigen Zusatzstoffen erhält der untere Fügepartner die gewünschten Absorptionsraten. Viele Kunststoffe werden bereits heute mit farbigen laserabsorbierenden oder lasertransparenten Additiven angeboten, so dass auch farbige Baugruppen erstellt werden können.

Die eingesetzten Laserquellen weisen üblicherweise Laserwellenlängen zwischen 800 und 1100 nm sowie Leistungen zwischen 30 und 400 Watt auf. Durch Laser mit einer Wellenlänge von 2000 nm eröffnen sich derzeit neue Bearbeitungswege.

Laser-Durchstrahlschweißen im Vergleich mit herkömmlichen Fügeverfahren

Alle Verfahren zum Fügen von Kunststoffen haben individuelle Stärken und Schwächen. Je nach Stückzahl eines Produkts fließen die Vorlaufkosten in die Gesamtkostenrechnung ein. Die Anschaffungskosten moderner Laserschweißsysteme sinken kontinuierlich. Das Laserverfahren punktet klar bei den Werkzeugkosten, den Verbrauchsmaterialien und verschleißbedingten Aufwänden. Im Gegensatz zu Vergusstechnik und Klebtechnologien benötigt das Laserschweißen keine Zusatzwerkstoffe, die separat qualifiziert



Die LPKF PrecisionWeld fügt transparente Bauteile ohne Zusatzstoffe im ClearJoining-Verfahren. Es schweißt transparente Fügepartner, ohne die empfindlichen Kanäle von Mikrofluidiken zu beeinträchtigen



Besonders wirtschaftlich: Die neue Generation der InlineWeld-Serie belegt nur wenig Raum in der Produktionslinie und kann dank umfangreicher Schnittstellen problemlos in kundeneigene MES integriert werden



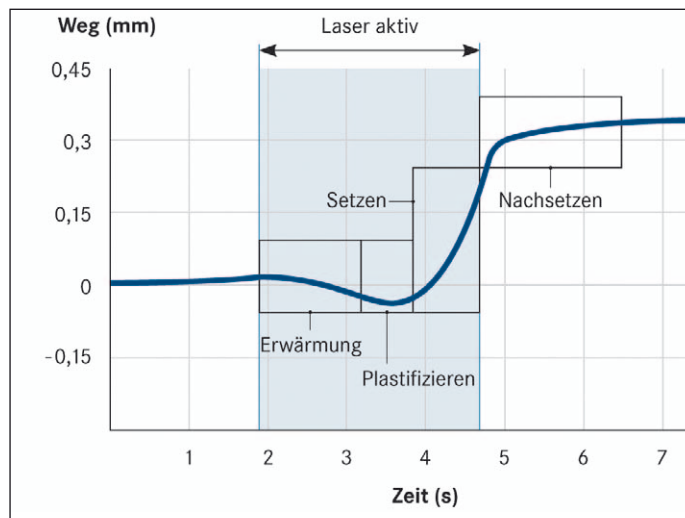
Stärken und Schwächen gängiger Verfahren zum Fügen von Kunststoffbauteilen im Vergleich

werden müssten. Im Prozess entfallen Reinigungsaufwendungen, weil Werkzeuge nicht mit flüssigen Werkstoffen in Kontakt kommen.

Da keine nennenswerten mechanischen, dynamischen und thermischen Belastungen auf Fügesystem und Bauteile wirken, sind zum Beispiel die Spannwerkzeuge und Bauteilaufnahmen zumeist einfach konstruiert und lassen sich schnell austauschen. Dies und die softwaregesteuerten Laserwege erlauben wirtschaftliche Produktionsabläufe auch bei hoher Bauteilvielfalt.

Laser-Schweißsysteme sind nahezu wartungsfrei und können mit Funktionen zur Prozessüberwachung ausgestattet werden. Der Vorteil ist, dass das Lasersystem Unregelmäßigkeiten im laufenden Prozess erkennen kann und durch die Trennung von Gut- und Schlechtheilen Produktionsqualität gewährleisten. Außerdem lassen sich alle Parameter erfassen und für ein lückenloses Tracking & Tracing übernehmen.

Die geforderten Produkteigenschaften sind ein weiteres Auswahlkriterium für die Fügeverfahren. Durch eine Inline-Prozesskontrolle kann bei lasergeschweißten Bauteilen eine separate Dichtigkeitsprüfung entfallen. Ein wichtiger Aspekt für anspruchsvolle Bauteile ist die mikrostrukturelle Qualität der Fügezone. Beim Laser-Durchstrahlsschweißen treten anders als bei Reibverfahren keine Partikel auf, es werden keine Zusatzstoffe in die Bauteile eingebracht und die Schweißnähte



Der Vergleich der geplanten Setzwege mit den gemessenen Werten lässt zuverlässige Aussagen zur Schweißqualität zu

genügen höchsten optischen Ansprüchen.

Qualitätssicherung bei Laser-Durchstrahlsschweißen

Beim Fügen von Medizinprodukten mit dem Laser kann der Hersteller auf eine breite Palette an Qualitätssicherungsmaßnahmen vor oder im Prozess zurückgreifen:

- **Transmissionsmessung:** Der Vergleich von Soll- und Ist-Werten der Transmissionswerte für die Wellenlänge des Schweißlasers gibt wertvolle Hinweise auf die Eignung der Fügepartner und auf Fehler in Vorprozessen.
- **Zeit-Weg-Diagramm:** durch Erfassung des Setzwegs über eine Zeitachse und deren Vergleich mit Vorgabewerten lassen sich zuverlässigen Aussagen

über das Schweißergebnis machen.

- **Pyrometerkontrolle:** eine Erfassung der Temperaturen in der Schweißnaht im Prozess gibt Hinweise auf Lücken oder Verunreinigungen in der Schweißebene.
- **Verbrennungsdetektion:** weist auf (meist oberflächliche) Verschmutzungen des oberen Fügepartner hin

Wenn die Schweißsysteme mit entsprechenden Schnittstellen ausgestattet sind, lassen sich die ermittelten Qualitäts- und Prozessparameter für ein lückenloses Tracking&Tracing heranziehen.

Klar-Klar-Schweißen

Ein vergleichsweise neues Verfahren ist das Klar-Klar-Schweißen (ClearJoining), bei denen

beide Fügepartner lasertransparent sind. Dieses Verfahren nutzt einen Laser mit Laser-Wellenlänge im Bereich 2000 nm und fokussiert diesen exakt in die Schweißebene. Die Spannung erfolgt durch eine spezielle Überdruck-Spannglocke. Das patentierte ClearJoining-Verfahren ist insbesondere zur Herstellung von Mikrofluidiken geeignet. Die kanalführenden Teile von Mikrofluidiken werden durch eine plane Abdeckung abgeschlossen. Das PrecisionWeld-Verfahren beeinträchtigt die empfindlichen Kanäle nicht und kann Aufwölbungen der Kanalränder aus dem Prägeprozess überbrücken.

Mit steigenden Ansprüchen an die Qualität der Schweißung und bei empfindlichen Bauteilen hat sich das Laser-Durchstrahlsschweißen eine bevorzugte Position erarbeitet. Wichtige entscheidungsrelevante Argumente für die Laserschweißtechnologie sind die um bis zu ein Drittel geringeren projektspezifischen Kosten, die größere Flexibilität der Anlagen, die integrierte Prozesskontrolle und die bessere Ausbeute an Gutteilen, auch bei schwankender Qualität der Vorprodukte.

► LPKF Laser & Electronics AG
LPKF WeldingEquipment GmbH
www.lpkf-laserwelding.com
www.lpkf.com