Laserdurchstrahlschweißen Covestro Thermoplaste

Beim Fügen von Kunststoffbauteilen findet das Laserdurchstrahlschweißen besonders im Bereich von Elektronikgehäusen, Sensorgehäusen und kleinen Flüssigkeitsbehältern immer häufiger Anwendung. Gerade bei diesen Anwendungen kann das Laserstrahlschweißen seine Vorteile gegenüber den anderen Kunststoffschweißverfahren voll ausspielen.

Diese sind die sehr lokale Wärmeeinflusszone mit geringer Wärmemenge sowie die absolute Fusselfreiheit. Es findet keine mechanische Beanspruchung der Fügeteile statt und im Vergleich zum Ultraschallschweißverfahren bietet das Laserstrahlschweißen mehr konstruktive Freiheitsgrade sowie dichte Schweißnähte auch bei größeren Teilen bzw. Fügenahtlängen.

Verfahrensbeschreibung

Der Laserstrahl durchdringt den laserstrahltransparenten Fügepartner und trifft auf den absorbierenden Fügepartner. Dort wird der Laserstrahl durch Absorption in Wärme umgewandelt und führt zur Plastifizierung. Durch die dabei entstehende örtliche Volumenzunahme entsteht ein flächiger Kontakt zum transparenten Fügepartner und durch die auftretende Wärmeleitung wird auch der transparente Fügepartner plastifiziert. Damit ist der Schweißprozess der beiden durch eine Fixierungsvorrichtung gehaltenen Fügepartner abgeschlossen (Bild 1).

Das Verfahren stellt an die zu schweißenden Fügepartner zusätzlich zu den gängigen mechanischen, rheologischen und chemischen Eigenschaften für das Schweißen auch spezielle optische Anforderungen.

Der dem ankommenden Laserstrahl zugewandte Fügepartner sollte eine möglichst hohe Transparenz im von der Laserquelle benutzten Wellenlängenbereich besitzen. Des Weiteren sollten die Reflexion und die Absorption so gering wie möglich sein. Beim zweiten Fügepartner sind eine hohe Absorption sowie eine geringe Transmission und Reflexion gefordert. Die Absorption darf allerdings nicht zu hoch sein, da sonst nur eine Oberflächenerwärmung stattfindet, die kein Schmelzevolumen bildet und leicht zum Verbrennen neigt.

Daher ist eine gewisse Volumenabsorption zur Bildung eines Schmelzepolsters anzustreben. Hierfür wird eine gewisse Eindringtiefe des Laserstrahls gefordert. Dies bedeutet, dass die Absorption nicht zu dicht an 100 % liegen sollte (Bild 2).

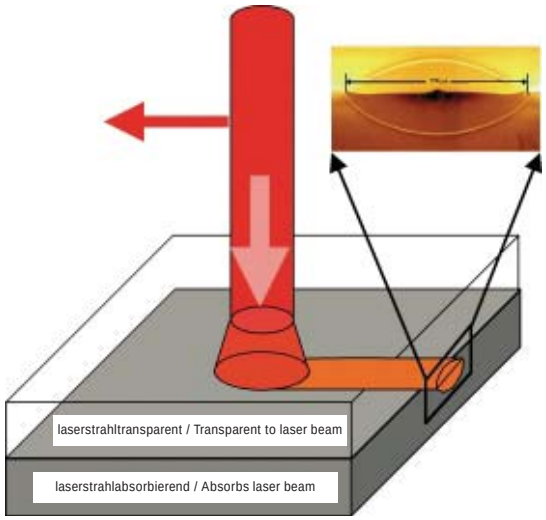


Bild 1: Verfahrensprinzip am Beispiel Konturschweißen

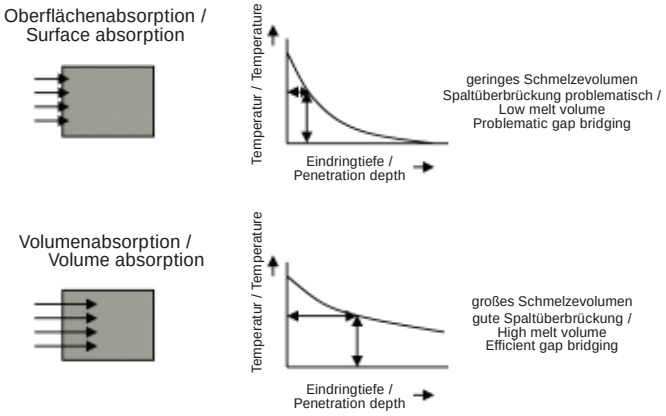


Bild 2: Absorptionsverhalten von Kunststoffen beim Laserschweißen

Beim Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen werden Diodenlaser sowie Nd:YAG-Laser eingesetzt. Wichtigstes Unterscheidungsmerkmal dieser Laserarten ist die Wellenlänge, die beim Diodenlaser bei 808 nm, 940 nm oder 980 nm und beim Nd:YAG-Laser bei 1064 nm liegt. Dadurch ergeben sich wie im Weiteren erläutert einige spezifische Anwendungsunterschiede.

Dem grundsätzlichen Verfahrensprinzip aus Bild 1 sind folgende Verfahrensvarianten zuzuordnen:
– Konturschweißen
– Simultanschweißen
– Quasi-Simultanschweißen
– Maskenschweißen

Für alle Varianten gilt, dass die beiden (oder mehrere) Fügepartner schon vor dem Schweißprozess durch eine geeignete Fixierungsvorrichtung zusammengehalten werden.

Das Konturschweißen

Beim Konturschweißen (Bild 1) wird die Fügenaht mit dem Laserstrahl abgefahren, sodass nur eine lokale Plastifizierung stattfindet. Die Bewegung des Lasers kann mit verschiedenen Systemen durchgeführt werden:

a) Der Laserstrahl wird in einen Lichtwellenleiter eingekoppelt, der an einem Roboterarm befestigt wird.
b) Die Fügepartner werden auf einem 2-Achsen-Tisch befestigt und unter einem feststehenden Laserstrahl bewegt.
c) Die Laserquelle wird auf einer 2-Achsen-Verfahreinheit über den Fügeteilen bewegt.

Durch die nur lokal stattfindende Plastifizierung kommt der Genauigkeit der Fügepartner eine hohe Bedeutung zu. Mit dieser Verfahrensvariante können durch die erwärmungsbedingte Volumenzunahme des absorbierenden Fügepartners nur sehr kleine Spalte überbrückt werden. Die dabei gebräuchlichen Verfahrgeschwindigkeiten liegen je nach Laserleistung (zzt. im Einsatz 10 bis 100 Watt), Material und Wanddicke bei 5 bis 100 mm/s. Das System ist äußerst flexibel einsetzbar und besonders für kleine oder häufig wechselnde Konturen geeignet.

Das Simultanschweißen

Beim Simultanschweißen (Bild 3) werden oberhalb des gesamten Fügenahtverlaufes Laserdioden platziert. Dadurch kann die gesamte Fügenaht gleichzeitig bestrahlt und plastifiziert werden.

Ist die Schweißvorrichtung mit einer Wegmessung ausgerüstet, ist es möglich, auch Toleranzen (Spalte) zwischen den Fügepartnern durch einen definierten Fügeweg auszugleichen. Die Schweißzeit ist unabhängig von der Fügenahtlänge und liegt je nach eingesetzter Leistung bei 1 bis 5 s. Der Aufbau einer solchen Anlage ist aufwendig und je nach benötigter Anzahl von Dioden recht kostenintensiv. Die Abbildung von Radien und dreidimensionalen Konturen ist eingeschränkt. Außerdem benötigt man für jedes neue Bauteil eine neue Diodenhalterung.

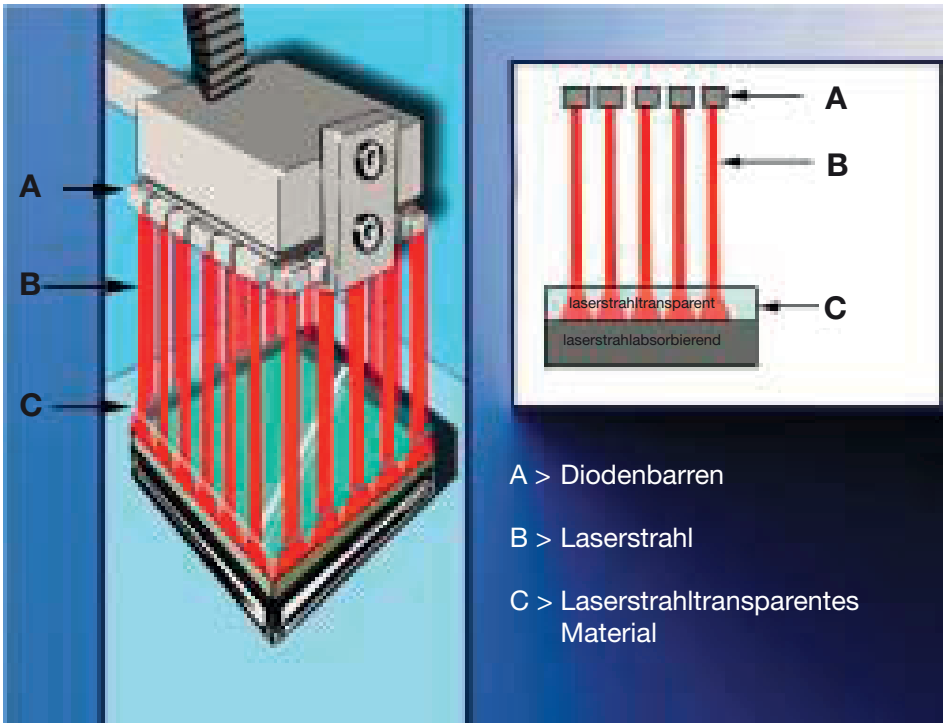


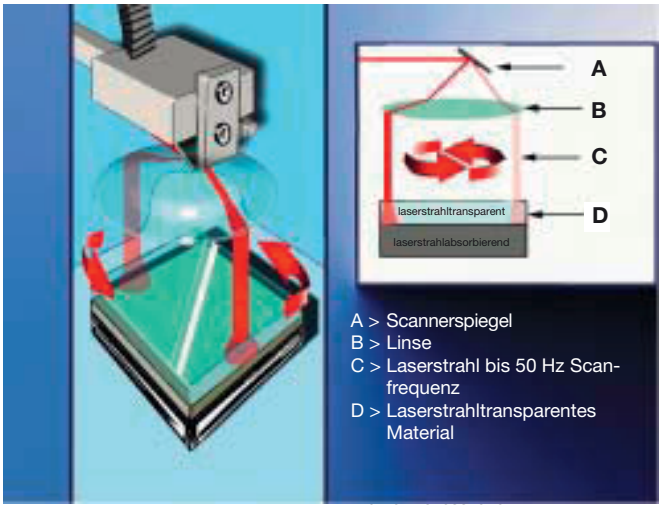
Bild 3: Verfahrensprinzip Simultanschweißen

Laserdiodenbarren oberhalb der Kontur	Aufbau aufwendig und nicht flexibel, daher nur für Großserie
Schweißnaht wird komplett gleichzeitig bestrahlt	Abschweißweg zum Toleranzausgleich möglich
Kurze Prozesszeiten	
Nur sehr große Radien möglich	

Das Quasi-Simultanschweißen

Beim Quasi-Simultanschweißen wird ebenfalls die gesamte Fügefläche „quasi“ gleichzeitig plastifiziert, wobei der Laserstrahl ähnlich wie beim Laserbeschriften mit Hilfe von Umlenkspiegeln mit einer Frequenz von bis zu 50 Hz über die Fügefläche gelenkt wird. Dabei findet eine quasi gleichmäßige Erwärmung des absorbierenden Materials statt.

Mit entsprechender Vorrichtung ist es wie beim Simultanschweißen möglich, einen Toleranzausgleich mittels eines Fügeweges durchzuführen. Mit dem Quasi-Simultanschweißen sind auch dreidimensionale Fügenahtverläufe und Radien nahezu uneingeschränkt möglich, da verstellbare Optiken einen Höhenausgleich ermöglichen. Bedingt durch die hohen benötigten Laserleistungen von deutlich mehr als 100 Watt und die Anforderung einer guten Fokussierbarkeit kommen hier zurzeit bevorzugt Nd:YAG-Laserquellen zum Einsatz.



Laserstrahl über Scannerspiegel abgelenkt

Schweißnaht wird komplett bestrahlt

Kurze Prozesszeiten

Abschweißweg zum Toleranzausgleich möglich

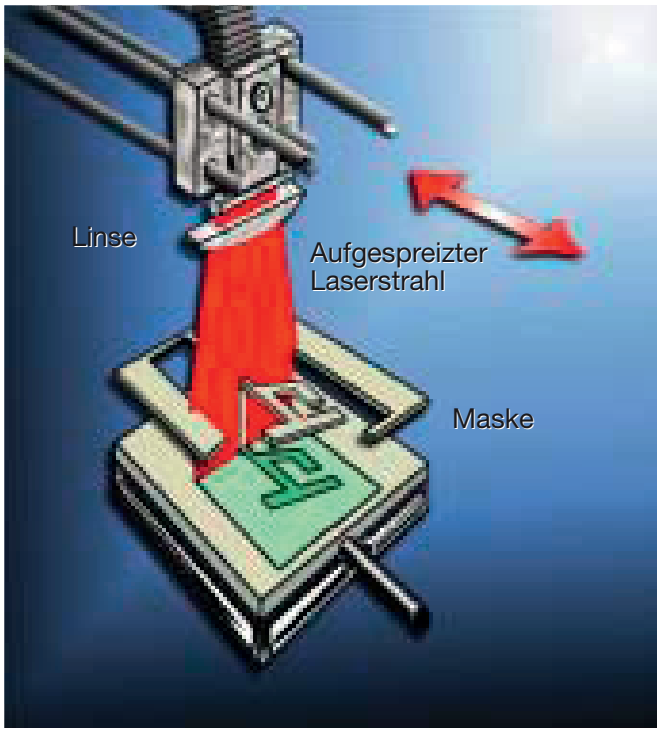
Aufbau flexibel

Bild 4: Verfahrensprinzip Quasi-Simultanschweißen

Das Maskenschweißen

Beim Maskenverfahren wird ein Laserstrahl so weit rechteckig aufgeweitet, dass eine Linie entsteht, die die gesamte Bauteilbreite bestrahlen kann. Damit nur die Fügenaht plastifiziert wird, setzt man zwischen die Strahlquelle und das Bauteil eine so genannte Maske, die den Strahl nur im Bereich der Fügenaht durchlässt. Die Strahllinie wird dann über das Bauteil geführt und bewirkt so an der Fügefläche die Plastifizierung.

Damit sind sehr kleine Konturen bzw. schmale Fügenähte möglich. Ein Toleranzausgleich ist wie beim Konturschweißen nicht möglich.



Laserstrahl als Linie

Ganze Bauteile erfasst

Sehr kleine Schweißnahtbreiten möglich

Sehr kleine Teile mit hohen Toleranzanforderungen möglich

Spaltüberbrückung problematisch

Hohe Anforderungen an Genauigkeit der Maske

Bild 5: Verfahrensprinzip Maskenschweißen

Materialeinfluss

Beim Fügen von Bauteilen stellt sich die Frage nach dem einheitlichen optischen Erscheinungsbild des geschweißten Gesamtbauteils. Dieses ist bei den bisherigen Schweißverfahren in Bezug auf die Farbe problemlos möglich, wirft aber beim Laserdurchstrahlschweißen Probleme auf. Auf der einen Seite steht die Forderung nach einer hohen Transmission im nahen Infrarotbereich und auf der anderen die nach der gleichmäßigen Farbgestaltung im optisch sichtbaren Lichtwellenbereich. In Bild 6 sind die für das Laserschweißen relevanten Wellenlängenbereiche aufgezeigt.

Eine Aussage hinsichtlich der Laserdurchstrahlschweißeignung von bestimmten Materialien bzw. Farben gestaltet sich äußerst schwierig, da die Unterscheidung zwischen transparent und absorbierend sowie der grundsätzliche Einfluss des eingesetzten Materials und der Wanddicke des transparenten Fügeteils beachtet werden müssen. Dafür gelten jeweils grundsätzlich verschiedene Anforderungen. Folgende Erfahrungen liegen zurzeit vor.

- Farbeinstellungen mit Titandioxyd neigen zu einer starken Reflexion und lassen sich daher nicht gut aufschmelzen.
- Rote Farbeinstellungen besitzen durch die Nähe der Wellenlänge zur IR-Strahlung häufig eine hohe Transparenz.
- Rußgefüllte schwarze Materialien besitzen eine hohe Absorption. Der prozentuale Rußanteil darf aber nicht zu groß werden, da sonst die Gefahr einer reinen Oberflächenerwärmung entsteht.
- Füllstoffe wie z. B. Glasfasern haben häufig eine streuende Wirkung, welche die Transmission reduziert und die Absorption erhöht.
- Für spezielle Farben und Füllstoffgehalte sind zurzeit Einzeluntersuchungen noch unerlässlich.

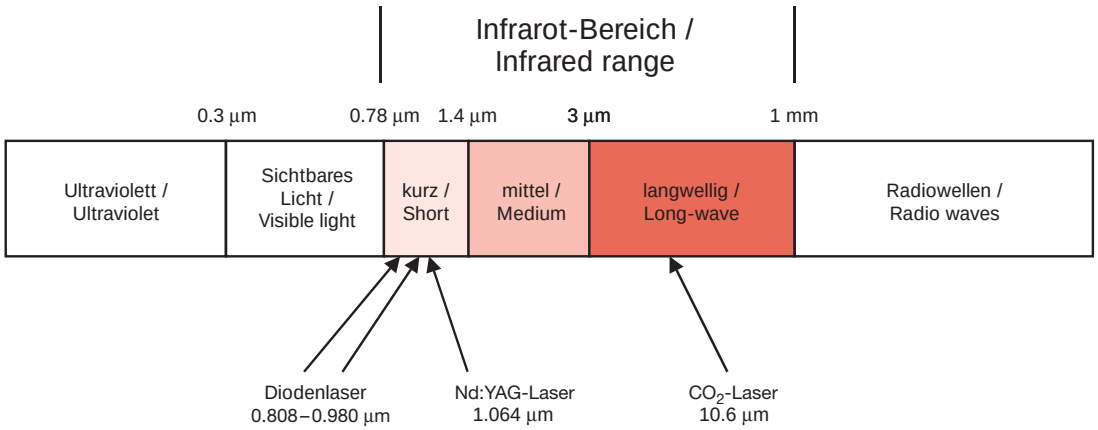


Bild 6: Wellenlängen der Laserstrahlquellen

Typische Werte
Die angegebenen Werte sind typische Werte. Sofern nicht ausdrücklich schriftlich mit uns vereinbart, stellen sie keine garantierten Werte oder Produktspezifikation im Sinne einer vereinbarten Beschaffenheit dar. Die angegebenen Werte können durch Werkzeuggestaltung, die Verarbeitungsbedingungen oder durch die Einfärbung des Produkts beeinflusst werden. Die angegebenen Eigenschaftswerte wurden, soweit nicht anders angegeben, an genormten Prüfkörpern bei Raumtemperatur ermittelt.

Es liegt außerhalb unserer Kontroll- und Einflussmöglichkeiten, in welcher Art und Weise und zu welchem Zweck Sie unsere Produkte, technischen Unterstützungen sowie Informationen (unabhängig ob mündlich, schriftlich oder anhand von Produktionsbewertungen erhalten), einschließlich vorgeschlagener Formulierungen und Empfehlungen, anwenden und/oder einsetzen. Daher ist es unerlässlich, dass Sie unsere Produkte, technischen Unterstützungen und Informationen sowie Formulierungen und Empfehlungen eigenverantwortlich daraufhin überprüfen, ob sie für die von Ihnen beabsichtigten Zwecke und Anwendungen auch tatsächlich geeignet sind. Eine anwendungsspezifische Untersuchung muss mindestens eine Überprüfung auf Eignung in technischer Hinsicht sowie hinsichtlich Gesundheit, Sicherheit und Umwelt umfassen. Derartige Untersuchungen wurden nicht notwendigerweise von Covestro durchgeführt. Der Verkauf aller Produkte erfolgt – sofern nicht schriftlich anders mit uns vereinbart – ausschließlich nach Maßgabe unserer Allgemeinen Verkaufsbedingungen, die wir Ihnen auf Wunsch gerne zusenden. Alle Informationen und sämtliche technische Unterstützung erfolgen ohne Gewähr (jederzeitige Änderungen vorbehalten). Es wird ausdrücklich vereinbart, dass Sie jegliche Haftung (Verschuldenshaftung, Vertragshaftung und anderweitig) für Folgen aus der Anwendung unserer Produkte, unserer technischen Unterstützung und unserer Informationen selbst übernehmen und uns von aller diesbezüglichen Haftung freistellen. Hierin nicht enthaltene Aussagen oder Empfehlungen sind nicht autorisiert und verpflichten uns nicht. Keine hierin gemachte Aussage darf als Empfehlung verstanden werden, bei der Nutzung eines Produkts etwaige Patentansprüche in Bezug auf Werkstoffe oder deren Verwendung zu verletzen. Es wird keine konkludente oder tatsächliche Lizenz aufgrund irgendwelcher Patentansprüche gewährt.

Zum Schutz von Gesundheit, Sicherheit und Umwelt beachten Sie bitte vor Verarbeitung unserer Produkte das betreffende Sicherheitsdatenblatt (MSDS) und sonstige Produktkennzeichnungen.

Covestro Deutschland AG
Business Unit Polycarbonates
D-51365 Leverkusen

plastics@covestro.com
www.plastics.covestro.com