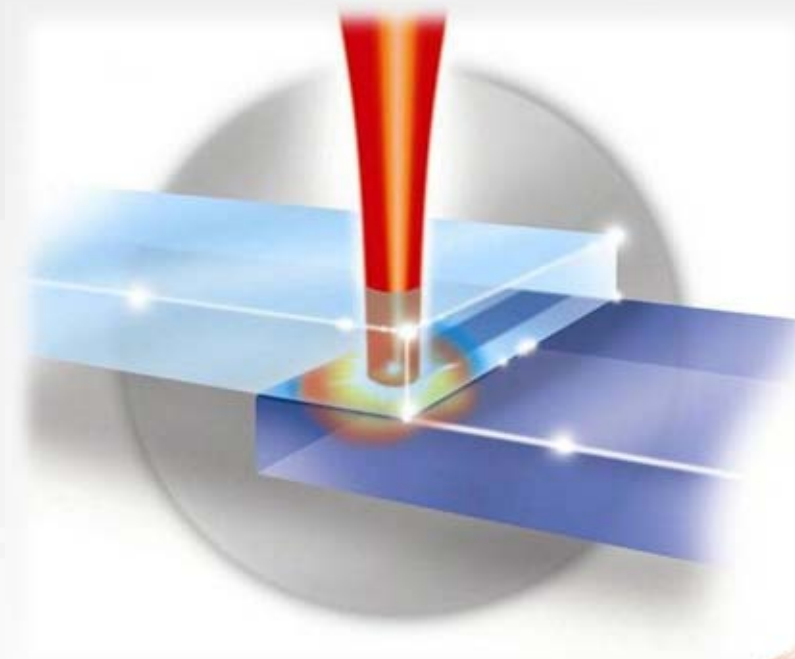


Gestaltungshinweise für das Laserstrahl-Kunststoffschweißen

Version 1.0

Deutsch



Allgemein

Lasergeschweißte Kunststoffteile finden in einer Vielzahl von technologischen Bereichen sinnvolle Anwendungen. LaserMicronics möchte Sie mit diesem Dokument bei der Umsetzung Ihrer Produktideen unterstützen. Diese Anleitung zeigt Ihnen Möglichkeiten zur erfolgreichen Umsetzung und Entwicklung von innovativen Lösungsansätzen für lasergeschweißte Bauteile. Gemeinsam mit Ihrem Wissen über das Anwendungsfeld und unseren Erfahrungen können so Produktlösungen aus Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren entstehen, die die Vorteile des Laserschweißens ausnutzen und Ihnen einen Vorsprung im Markt ermöglichen. Sie finden in dieser Beschreibung Informationen, die ausschließlich aus dem Blickwinkel unserer Schweißtechnologie zu verstehen sind, denn wir können selbstverständlich nur bedingt die Einsatzbedingungen jeder Endanwendung richtig einschätzen.

Die Anwendbarkeit jeder in diesem Dokument beschriebenen Information muss vom Kunden für jede Applikation geprüft und bestätigt werden und darf keinesfalls ungetestet als selbstverständlich vorausgesetzt werden. Dieses Dokument erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit und Richtigkeit.

Alle Informationen dieser Richtlinie wenden sich an Personen mit Grundkenntnissen im Aufbau und Betrieb von softwaregesteuerten Maschinen. Allgemeine Kenntnisse zur Arbeitssicherheit sowie Grundkenntnisse zur Bedienung eines PC mit Windows-Betriebssystem werden vorausgesetzt.

Herausgeber	LaserMicronics GmbH Gundstr. 15 D-91056 Erlangen Telefon: +49 (9131) 533899-2580 Fax: +49 (9131) 533899-99 E-Mail: info@lasermicronics.de
-------------	---

Dateiname	2012 KSS Designregeln DEU V1-0
-----------	--------------------------------

Erstellungsdatum	September 2012
------------------	----------------

Copyright	© 2012 LaserMicronics GmbH
-----------	----------------------------

Dieses Dokument und der gesamte Inhalt des Dokuments als Ganzes oder in Teilen sind urheberrechtlich geschützt. Die Wiedergabe, Übersetzung oder Vervielfältigung des Inhalts als Fotokopie oder in jeglicher digitalen Form ist nur mit schriftlicher Genehmigung der Firma LaserMicronics GmbH zulässig.

Inhalt

Allgemein	2
Inhalt	3
Einleitung	4
Verfahrensbeschreibung	4
Werkstoffe	5
Werkstoffklassen	6
Verfahrensvarianten beim Laser-Kunststoffschweißen	7
Konturschweißen (radial)	7
Quasisimultanschweißen	8
Punktschweißen	9
Praktische Designhinweise	10
Zugänglichkeit für den Laserstrahl	10
Toleranzen	11
Materialdicke	11
Fügeweg	12
Fließraum für austretende Schmelze	12
Auflagefläche für die Spannvorrichtung	13
Schmelzeabdeckung	14
Zentrierung	14
Praktische Layoutbeispiele	15
Hinweise	15

Einleitung

Die Entwicklung von lasergeschweißten Baugruppen aus Thermoplasten und thermoplastischen Elastomeren ist ein komplexer Vorgang mit vielen Chancen für das Produktdesign. Speziell für den Entwickler soll dieser Leitfaden den interdisziplinären Entwicklungsprozess unterstützen. Um Fehler oder nicht fertigungsgerechte Konstruktionen schon im Vorfeld zu vermeiden, ist eine enge Abstimmung zwischen allen an den einzelnen Prozessen Beteiligten sinnvoll. Diese Darstellung soll einen Beitrag dazu leisten. Aber auch andere Prozessschritte aus der Kunststoff- und Spritzgusstechnik tragen zum wirtschaftlichen und technologischen Erfolg eines Produktlayouts bei.

Verfahrensbeschreibung

Beim Laser-Durchstrahlschweißen von Kunststoffen werden grundsätzlich ein lasertransparenter und ein laserabsorbierender Werkstoff miteinander verschweißt.

Die Laserstrahlung dringt mit geringer Abschwächung durch den oberen Fügepartner in die Fügezone und wird dort vom unteren Fügepartner an der 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 ein Diffundieren der Molekülketten im Berührungsbereich stattfindet. Für eine sichere Wärmeleitungsverbindung und damit zum Schweißen der Fügepartner ist ein Fügedruck notwendig, der mit Hilfe von geeigneten mechanischen Spannmitteln erzeugt wird. Nach dem Abkühlen entsteht eine stoffschlüssige Verbindung.

Die Festigkeiten einer Laserschweißnaht sind ähnlich denen im vollen Material und erreichen somit nahezu Schweißfaktor 1.

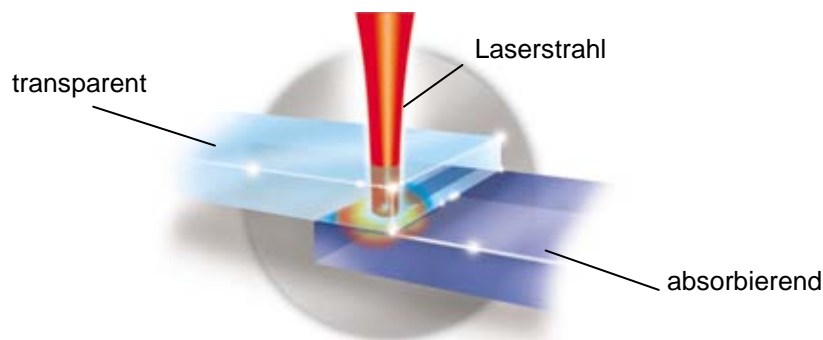


Abbildung 1: Prinzipskizze Laser-Durchstrahlschweißen von Kunststoffen

Werkstoffe

Zur Herstellung von lasergeschweißten Kunststoffbauteilen steht eine Vielzahl verschiedener Werkstoffkombinationen zur Verfügung. Hier sind der Schmelz- und Erweichungspunkt der jeweiligen Thermoplaste und deren molekulare Struktur zu beachten. Deshalb müssen beim Schweißprozess die Thermoplaste der beiden zu verschweißenden Bauteile aufeinander abgestimmt sein.

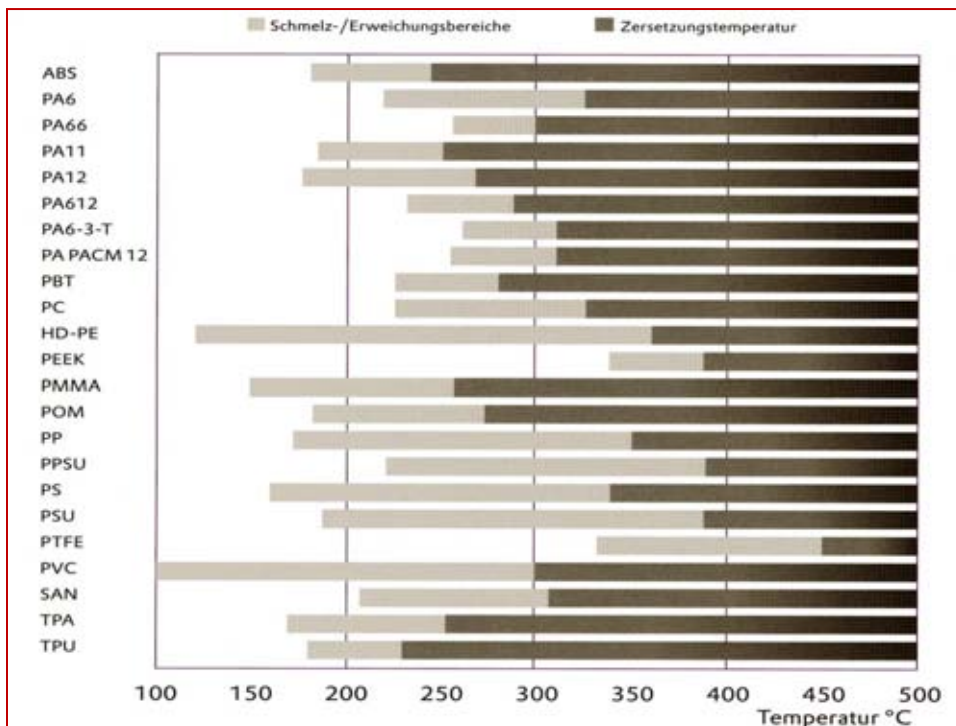


Abbildung 2: Schmelz-, Erweichungs- und Zersetzungstemperaturen gängiger Polymere

Einer der beiden zu schweißenden Thermoplaste muss transparent für den Bereich der verwendeten Laserwellenlängen von 808 – 980 nm sein. Der andere Thermoplast wird durch Zugabe von passenden Pigmenten absorbierend im genannten Wellenlängenbereich eingestellt. Bei genauen Aussagen zur Schweißbarkeit helfen die Spezialisten der LaserMicronics GmbH mit ihren Prozessenerfahrungen aus umfangreichen Testschweißungen und realisierten Produkten gern weiter.

Im Folgenden zeigen Tabellen und Schaubilder die Materialkompatibilität und Kombinationsmöglichkeiten gängiger Thermoplaste.

Werkstoffklassen

Tabelle 1 zeigt mögliche Paarungen unterschiedlicher Thermoplaste durch ein [+]. Allerdings unterscheidet sich die Qualität der Schweißverbindung je nach Materialkombination (Tabelle 2).

Tabelle 1: Schweißbare Paarungen unterschiedlicher Kunststoffe

	PS	PS schlagfest	SAN	ABS	PA	PC	PMMA	POM	PVC	PP	PE-LD	PE-HD	PBT	PET
PS	+	+												
PS schlagfest		+												
SAN			+	+		+	+		+					
ABS			+	+		+	+							
PA					+									
PC			+	+		+	+						+	+
PMMA			+	+		+	+		+					
POM								+						
PVC			+				+		+					
PP										+				
PE-LD											+	+		
PE-HD											+	+		
PBT						+							+	
PET						+								+

Tabelle 2: Bisher untersuchte Verbindungsqualitäten unterschiedlicher Materialkombinationen

gute Schweißverbindung

befriedigende Schweißverbindung

schlechte Schweißverbindung

keine Schweißverbindung

keine Untersuchung vorhanden

transmissiv/absorbierend	ABS	ABS/PA	ASA	COC	MABS	PA12	PA612	PA6	PA 6-3-T	PA PACM12	PA66	PBT	PBT/ASA	PC	PE-HD	PE-LD	PEEK	PES	PMMA	POM	PP	PPS	PPSU	PS	PSU	PTFE	SAN	TPE
ABS	+																											
ABS/PA		+																										
ASA			+																									
COC				+																								
MABS					+																							
PA12						+																						
PA 612							+																					
PA6								+																				
PA 6-3-T									+																			
PA PACM12										+																		
PA66											+																	
PBT												+																
PBT/ASA													+															
PC														+														
PE-HD															+													
PE-LD																+												
PEEK																	+											
PES																		+										
PMMA																			+									
POM																				+								
PP																					+							
PPS																						+						
PPSU																							+					
PS																								+				
PSU																									+			
PTFE																										+		
SAN																										+		
TPE																											+	

Die Angaben in der Tabelle können variieren, in Abhängigkeit von der Laserwellenlänge.

Die Farbkombination hat auch Einfluss auf die Prozessauslegung. Je nach Materialkombination steigen die Ansprüche, das Prozessfenster wird enger.

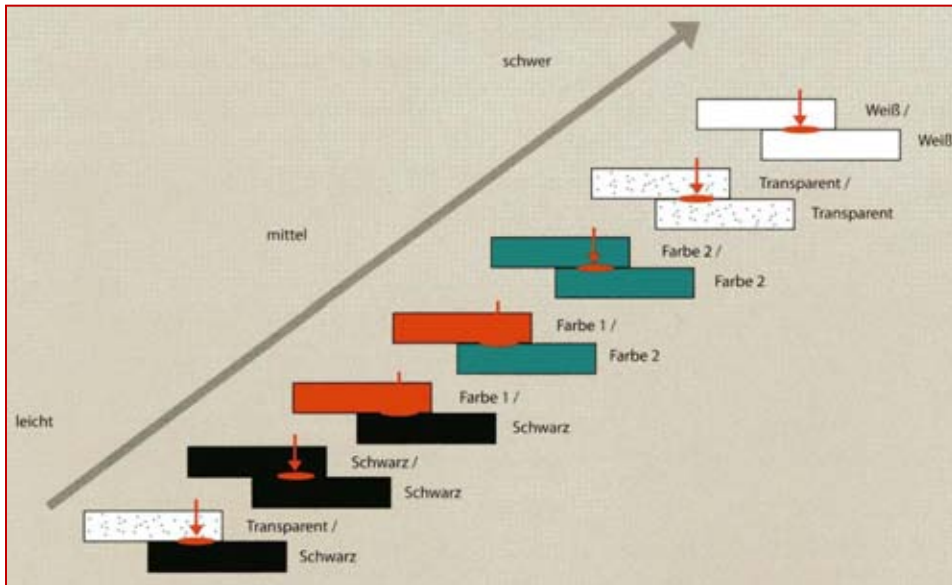


Abbildung 3: Schwierigkeitsgrade unterschiedlich eingefärbter Polymere

Verfahrensvarianten beim Laser-Kunststoffschweißen

Die unterschiedlichen Verfahren des Laserstrahl-Kunststoffschweißens werden nach der Art der Energieeinbringung untergliedert, nämlich in Kontur-, Simultan-, Quasisimultan- und Hybrid-schweißen. Alle Varianten besitzen ihre spezifischen Vorteile und Merkmale. Die Variante bzw. Art der Energieeinbringung für den Schweißprozess ist anwendungs- und bauteilabhängig.

Als Lohnfertiger nutzt LaserMicronics GmbH Anlagen zum Kontur-, Quasisimultan- und Punktschweißen.

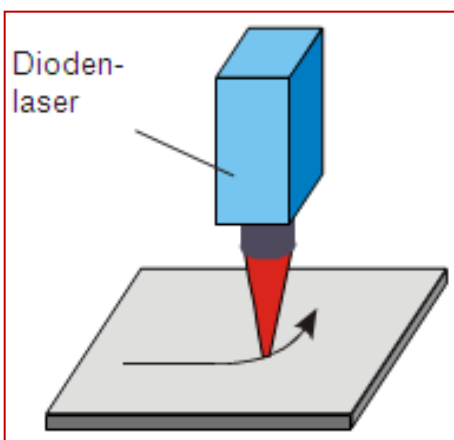


Abbildung 4: Prinzip des Konturschweißens

Konturschweißen (radial)

Konturschweißen wird durch die Relativbewegung zwischen Bauteil und Laserstrahl definiert, die von Dreh- oder Linearachsen und Industrierobotern bewerkstelligt wird. Die zu verbindenden Thermoplaste werden entlang einer frei programmierbaren Kontur lokal aufgeschmolzen und dort miteinander geschweißt (Abb. 4). Die Schweißnahtbreite ergibt sich durch den verwendeten Lasertyp und optische Konfigurationen. Sie kann zwischen einigen Zehntel-millimetern und mehreren Millimetern variieren.

Das Verfahren bietet eine hohe Flexibilität. Beim Einsatz von Industrierobotern lassen sich komplexe, dreidimensionale Schweißkonturen an großen Bauteilen bearbeiten. Das Verfahren ist prinzipiell nur durch die Reichweite des Roboterarmes bzw. die Größe der Linearachsen limitiert. Allerdings steigt die Prozesszeit mit zunehmender Schweißnahtlänge linear an.

Bei Konturschweißprozessen fährt der Laserstrahl die gewünschte Schweißkontur mit punktueller Energieeinbringung ab. Daher sind Bauteile mit geringer Fertigungstoleranz erforderlich, um prozessichere Schweißnähte bei geringem Schmelzaustrieb zu gewährleisten.

Konturschweißen eignet sich besonders für dreidimensionale Schweißnähte sowie für rotations-symmetrische und sehr große Bauteile.

Quasisimultanschweißen

Beim Simultanschweißen wird die gesamte Schweißkontur durch geeignete Laserinstallationen gleichzeitig aufgeschmolzen. Aufgrund des hohen konstruktiven Aufwands und der geringen Flexibilität ist dieses Verfahren ausschließlich bei sehr hohen Stückzahlen wirtschaftlich.

Das Quasisimultanschweißen kennt diese Einschränkungen nicht. Es ist eine Kombination aus dem Kontur- und dem Simultanschweißverfahren. Der fokussierte Laserstrahl wird durch Spiegelsysteme und Laseroptik mit sehr hohen Geschwindigkeiten über die Schweißkontur geführt. Der Laserstrahl fährt diese Kontur mehrmals hintereinander ab, bis die gesamte Schweißkontur gleichzeitig aufgeschmolzen ist. Durch den aufgebrauchten Druck der bauteilspezifischen Spanntechnik verschmelzen die beiden Fügepartner. Mit diesem Verfahren lassen sich auch Toleranzen der Bauteile ausgleichen, wodurch jedoch Schmelzaustrieb entsteht.

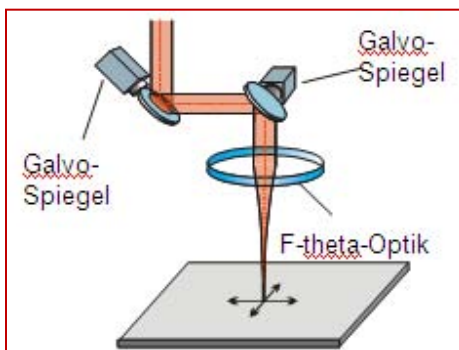


Abbildung 5: Prinzip des Quasisimultanschweißens

Weil die Kontur durch die hohe Anzahl an Umläufen nahezu gleichzeitig erhitzt wird, sinken die Schweißzeiten gegenüber dem reinen Konturschweißen.

Grenzen sind durch das Scanfeld der Optik gesetzt, das je nach Optikkonfiguration und Fokusbereich den Laserstrahl auf ein definiertes elliptisches Feld begrenzt. Auch dreidimensionale Geometrien sind aufgrund der festen Fokussierung nur bedingt möglich.

Die eigens entwickelte Systemsoftware ProSeT lässt frei programmierbare Schweißkonturen und Geschwindigkeiten innerhalb des Bearbeitungsfeldes zu. Damit ist das Quasisimultanschweißverfahren besonders flexibel.

Quasisimultanschweißen eignet sich daher bei kleinen Bauteilen und hohen bis sehr hohen Stückzahlen, wie es beispielsweise bei Gehäusen für Sensoren im Automobilbau, aber auch in der Medizintechnik gefordert wird.

Eine sichere Prozessüberwachung wird durch eine integrierte Fügwegüberwachung realisiert. Ein Wegsensor erfasst die Setzung über einen definierten Zeitraum. Der Vergleich der realen Setzung mit einer Sollkurve erlaubt eine verlässliche Aussage zum Schweißerverfolg.

Punktschweißen

Die Punktschweißverfahren im Kunststoffschweißen sind ein anwendungsspezifischer Sonderfall. Er wird auch als Laser-Heißverstemmen bezeichnet. Ziel dabei ist, nicht direkt verschweißbare Bauteile sicher und fest zu verbinden – z. B. Leiterplatten oder Metallzungen in Kunststoffgehäusen.

Im Gehäusespritzguss aus laserabsorbierendem Material wird konstruktiv ein Nietdom vorgesehen, der als Befestigung für das Bauteil dient. Das Bauteil wird eingelegt, dann wird ein lasertransparenter Nietkopf zugeführt. Der Laserstrahl verbindet Nietdom und Nietkopf durch Laser-Durchstrahlschweißen, der Schmelzeaustrieb sorgt für eine spielfreie oder flexible Verbindung mit dem zu befestigenden Bauteil, je nach Layout der Fügepartner. Auch bei diesem Verfahren steht eine Fügwegüberwachung als Prozessabsicherung zur Verfügung.

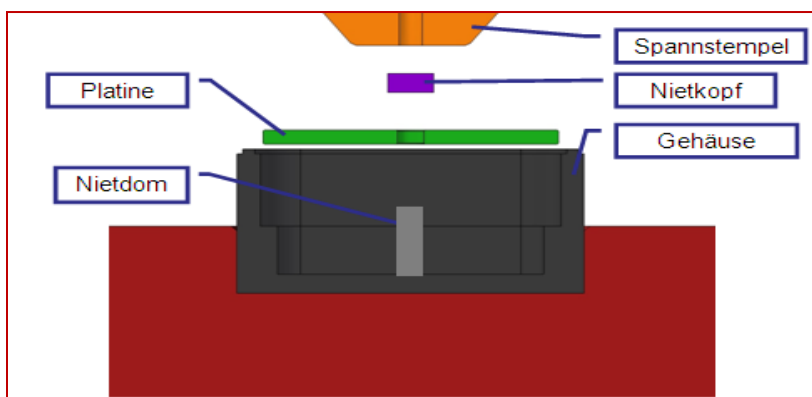


Abbildung 6: Prinzip des Heißverstemmens (LQ-Spot)

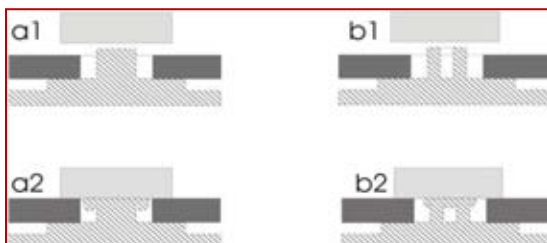


Abbildung 7: Unterschiedliche Nietdomgeometrien (LQ-Spot). A1 und A2 zeigen eine spielfreie Befestigung, B1 und B2 erlauben geringe Bewegungen des befestigten Elements

Praktische Designhinweise

Das Laser-Durchstrahlschweißen ist besonders sicher, flexibel und sauber. Um es auch besonders wirtschaftlich zu machen, sollten die Besonderheiten des Fügeverfahrens bereits beim Bauteilentwurf berücksichtigt werden. Eine Darstellung der wichtigsten Designempfehlungen.

Zugänglichkeit für den Laserstrahl

Wesentlich für den Schweißprozess ist, dass der Laserstrahl ungehindert auf die vorgesehene Schweißnaht treffen kann. Die geometrische Form des Laserstrahls ähnelt der eines langgestreckten, auf dem Kopf stehenden Kegels, wobei der Fokusbereich die Spitze des Kegels bildet.

Objekte oder geometrische Gegebenheiten des Bauteils dürfen sich folglich nicht zwischen der Schweißnaht und der Laserstrahlquelle befinden. Sonst wird nicht mehr die optimale Energiemenge an die Kunststoffe abgegeben.

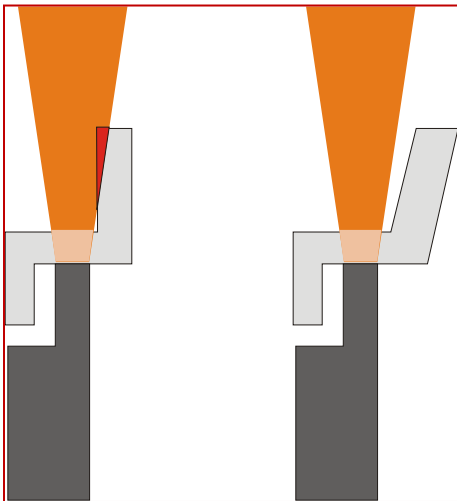


Abbildung 8: Abschattungseffekt (links) und konstruktive Gegenmaßnahme (rechts)

Beim Quasisimultanschweißen wird der Laserstrahl mit Galvanometerscannern in der Ebene abgelenkt. Somit trifft der Laserstrahl nicht immer senkrecht auf die Schweißnaht des Bauteils, sondern wird in den Randbereichen des Scanfelds in einem Winkel einfallen. Diese Gegebenheit muss bei der Konstruktion der zu schweißenden Bauteile berücksichtigt und kann mit Spezialisten der LaserMicronics GmbH im Vorfeld abgestimmt werden.

Toleranzen

Der lasertransparente Thermoplast muss an jeder Stelle der Schweißnaht vollständigen Kontakt zum absorbierenden Kunststoff aufweisen, da sonst keine Wärmeübertragung in den transparenten Kunststoff stattfindet. Riefen in den Kontaktflächen, plastischer Verzug oder Fertigungstoleranzen lassen sich nur in begrenztem Umfang ausgleichen.

Bereits bei der Prozessdefinition werden Transmissionsraten der eingesetzten Kunststoffe definiert – das hat z. B. Einfluss auf die Schweißdauer. Geänderte Materialzusammensetzungen führen zu unterschiedlichen Transmissionsraten. Solche Veränderungen des Werkstoffes lassen sich mit Transmissionsmessgeräten vor der Produktion feststellen.

Materialdicke

Um prozesssichere Schweißungen mit guten Festigkeiten zu erreichen, ist die Materialdicke ein wesentlicher Faktor. Einerseits soll das zu durchstrahlende Material dünn gehalten werden, um Leistungsverluste und Schlechtschweißungen zu vermeiden, andererseits darf darunter nicht die Festigkeit des geschweißten Bauteils leiden. Zudem müssen die durch die Spanntechnik eingebrachten Kräfte über die Schweißnaht homogen verteilt werden können.

Üblicherweise bewegen sich Materialdicken abhängig vom verwendeten Kunststoff zwischen 0,8 mm und 3 mm (Materialdicke A in Abb. 9). Bestimmte Materialkombinationen erlauben durchaus höhere oder niedrigere Werte.

Teilkristalline Kunststoffe wie PBT sollten möglichst geringe Wandstärken (<1,2 mm) aufweisen. Je geringer der amorphe Anteil im Material ist, desto geringer ist die Transparenz für die verwendete Wellenlänge des Laserlichts.

Die Schweißstegbreite B des absorbierenden Kunststoffes ist abhängig vom jeweiligen Anwendungsfall und gewählten Fokusdurchmesser. Als Richtwert sollte die Stegbreite B in etwa der Wandstärke A des transparenten Kunststoffes entsprechen und über die gesamte Schweißnaht gleichmäßig sein.

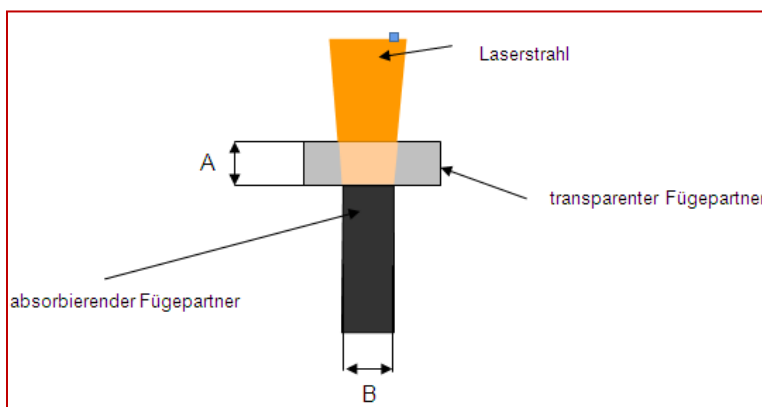


Abbildung 9: Materialdicke

Fügeweg

Bei den meisten Anwendungsfällen wird ein Schweißsteg, der in der Schweißzone des absorbierenden Kunststoffes angebracht ist, definiert aufgeschmolzen. Dadurch setzt sich der transparente Kunststoff bedingt durch den Spanndruck auf den absorbierenden Kunststoff. Aufgrund des Wärmeübergangs schmelzen beide Kunststoffe und verbinden sich schlüssig miteinander.

Sobald der Laser nicht mehr aktiv ist, muss der Spanndruck noch eine gewisse Zeit aufrecht erhalten bleiben, bis die zu schweißenden Bauteile abgekühlt sind.

Daraus ergibt sich der Fügeweg, der aus dem Schweißweg (Relativbewegung der Bauteile zueinander während des Schweißvorganges) und dem Setzweg (Relativbewegung der Bauteile zueinander in der Abkühlphase) besteht. Durch den Fügeweg lassen sich Toleranzen der Bauteile ausgleichen.

Der Schweißweg ist abhängig von den Bauteilanforderungen, Toleranzen und den verwendeten Materialien. In der Regel reichen zwischen 0,2 mm und 0,8 mm aus. Der Setzweg ist ebenfalls materialabhängig und beläuft sich auf ca. 0,05 mm – 0,2 mm.

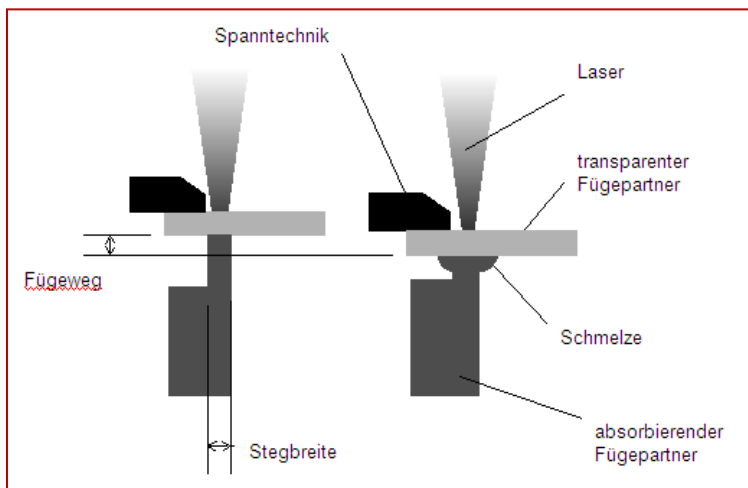


Abbildung 10: Fügeweg

Fließraum für austretende Schmelze

Bei Schweißungen, bei denen Material abgeschmolzen wird, muss ausreichend Fließraum für die austretende Schmelze zur Verfügung stehen (siehe Abb. 11).

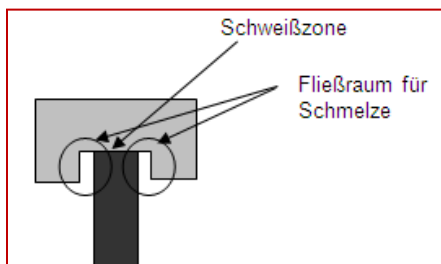


Abbildung 11: Fließraum für Schmelze

Der Fließraum muss das verdrängte Schmelzvolumen des Schweißsteges aufnehmen können.

Auflagefläche für die Spannvorrichtung

Der für die Wärmeübertragung benötigte Fügedruck wird durch eine Spannvorrichtung realisiert. Im Regelfall wird bei geschlossenen Konturen, beispielsweise Kreise oder Rechtecke, außerhalb der Schweißkontur gespannt.

Damit die Spannvorrichtung genügend Auflagefläche hat, um die Spannkraft auf die Bauteile zu übertragen, muss bei der Konstruktion der Bauteile ein Überstandsmaß D (siehe Abb. 12) von mindestens 1,0 mm eingehalten werden.

Der Radius an der Kante, an der die Spanntechnik anliegt, sollte möglichst klein gehalten werden, um die Spannkraft optimal zu übertragen. Das vermeidet ein Abgleiten der Bauteile aus der Spannvorrichtung (siehe Abb. 12; roter Kreis).

Bei der bauteilspezifischen Auslegung von Spannwerkzeug und Spanndruck helfen die LaserMicronics-Spezialisten.

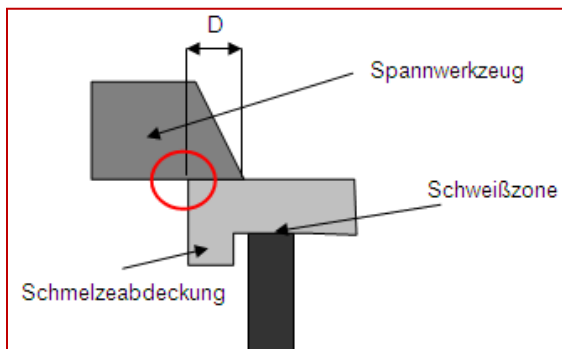


Abbildung 12: Auflagefläche für Spannvorrichtung

Die Spanntechnik ist in jedem Anwendungsfall bauteilspezifisch konstruiert. Dabei steigt die Komplexität mit der Auslegung der Schweißkonturen. In Spezialfällen oder bei besonderen Designauslegungen kann auch beispielsweise nur von innen oder von außen und innen gleichzeitig gespannt werden.

Eine Sonderform ist das Radialschweißen: Hier wird der Fügedruck durch eine leicht konische Ausformung der Fügepartner aufgebaut. Sie werden ineinandergesteckt und stellen damit die erforderliche Pressung her.

Schmelzeabdeckung

Eine Schmelzeabdeckung, wie in Abb. 12 dargestellt, wird an der Außenseite der zu schweißenden Bauteile empfohlen. Diese Schmelzeabdeckung begrenzt den entstehenden Schmelzeaustrieb, um scharfe Kanten und Materialüberstände zu vermeiden.

In puncto Dichtheit und Steifigkeit im Bereich der Krafteinwirkung und -richtung des Spannwerkzeuges hat die Schmelzeabdeckung auch einen positiven Einfluss. Optisch kaschiert sie die Schweißnaht und den Austrieb.

Zentrierung

Aus prozesstechnischen Gründen und zur Sicherung der Maßhaltigkeit ist es erforderlich, an beiden zu schweißenden Fügepartnern Zentrierungen in Form von Zentriernasen oder -rippen vorzusehen.

Gehäuse und Deckel sind dadurch beim Einlegevorgang exakt zueinander ausgerichtet. Der Deckel kann nicht vom Gehäuse rutschen, während die Teile in die Laserschweißanlage eingetaktet werden. Ein Beispiel zeigt Abb. 13. Hier wurde der lasertransparente Deckel eines Gehäuses mit Zentriernasen versehen.

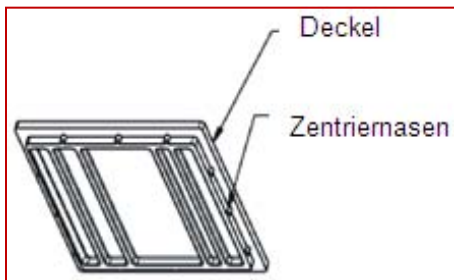
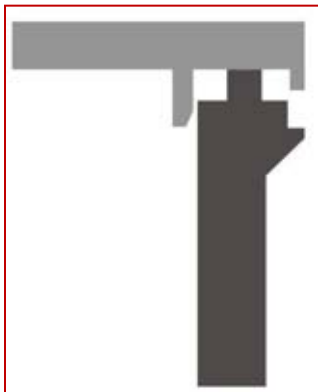


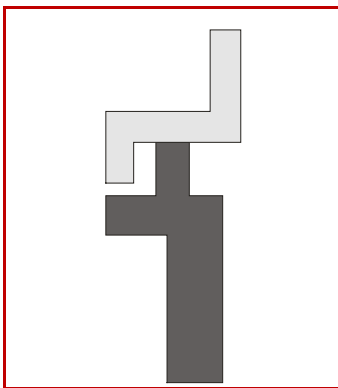
Abbildung 13: Zentrierung

Da die Geometrie der Zentrierungsnasen und -rippen stark von der zum Einsatz kommenden Spanntechnik abhängt, wird eine Rücksprache mit LaserMicronics GmbH empfohlen.

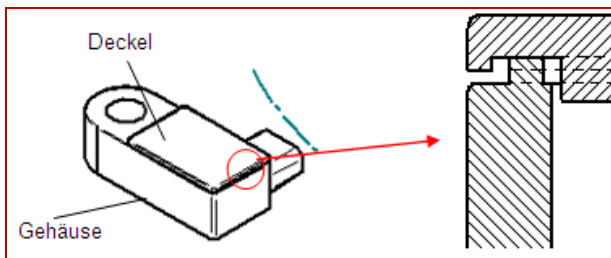
Praktische Layoutbeispiele



Ebener, transparenter Deckel.
Auflagefläche für die Spannvorrichtung vorhanden, Schmelzkanal berücksichtigt, Zentrierung und Fügweg berücksichtigt.



Bauteilverbindung mit nicht zwangsläufig ebenem, transparentem Oberteil.
Auflagefläche für die Spannvorrichtung vorhanden, Schmelzeustrieb und Fügweg berücksichtigt.



Dichtschweißen eines Sensorgehäuses aus Polyamid. Auflagefläche für die Spannvorrichtung vorhanden, Schmelzeustrieb und Fügweg berücksichtigt.

Hinweise

Die vorliegenden Gestaltungshinweise für das Laserstrahl-Kunststoffschweißen können nur als rudimentärer Leitfaden angesehen werden. Die genannten Kriterien erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Alle Angaben sind ohne Gewähr.

Bei der Umgestaltung bereits vorhandener Geometrien ist die Einhaltung aller Kriterien meist nicht zu erfüllen. Für solche Lösungen empfiehlt es sich einen Spezialisten von LaserMicronics GmbH hinzuzuziehen. Um einen optimalen Prozess zu erhalten, ist es sinnvoll, bereits in einer frühen Phase eng mit LaserMicronics GmbH zusammenzuarbeiten.

Die Inhalte des vorliegenden Dokumentes sind Eigentum von LaserMicronics GmbH und nur mit deren ausdrücklicher, schriftlicher Genehmigung zu vervielfältigen oder zu veröffentlichen. Bei Rückfragen und Anregungen steht Ihnen das Team von LaserMicronics GmbH selbstverständlich gerne zur Verfügung.



LaserMicronics GmbH

Gundstraße 15
D-91056 Erlangen

Tel. +49 (9131) 533 899-25 80

Fax +49 (9131) 533 899-99

info@lasermicronics.de

www.lasermicronics.de