

RICHTLINIE – LASERSCHWEISSEN VON KUNSTSTOFFEN

Inhalt

1. Vorwort
2. Verfahrensprinzip
3. Verfahrensvarianten
 - 3.1 Konturschweißen
 - 3.2 Quasi-Simultanschweißen
 - 3.3 Simultanschweißen
4. Werkstoffe
 - 4.1 Materialauswahl
 - 4.2 Molekulare Ordnung und Transmission
 - 4.3 Additive oder Funktionszusatzstoffe
 - 4.4 Füllstoffe
 - 4.5 Verstärkungstoffe
 - 4.6 Einfärbung
5. Konstruktive Auslegung der Fügezone
 - 5.1 Verfahrensvariantenunabhängige Kriterien
 - 5.2 Verfahrensvariantenspezifische Kriterien
6. Checkliste

1. Vorwort

Die im Folgenden genannten Hinweise zur Gestaltung von Kunststoff-Formteilen zum Laserschweißen basieren auf unserer langjährigen Erfahrung. Wir haben versucht durch geeignete Auswahl der wichtigsten Themen einen kurzen Überblick und schnellen Einstieg in die Technologie zu gewährleisten. Gerne unterstützen Sie die EVOSYS Anwendungsexperten auch persönlich bei der konstruktiven Auslegung Ihrer Baugruppe.

2. Verfahrensprinzip

Beim Laser-Durchstrahlschweißen werden die beiden Fügepartner im Überlappstoß angeordnet und bereits vor dem Schweißen durch eine geeignete Spannvorrichtung in dieser Lage fixiert. Der Laserstrahl trifft durch einen der beiden Fügepartner, der für die Laserstrahlung weitgehend transparent ist, hindurch auf den zweiten Fügepartner (Abbildung 1).

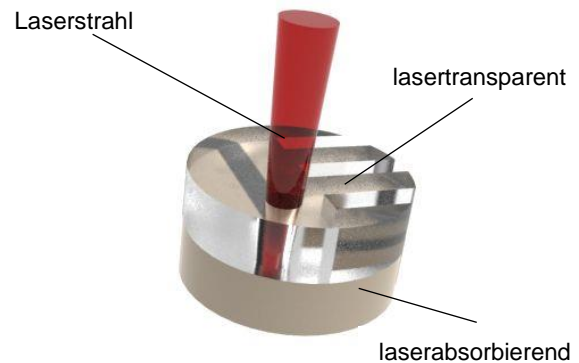


Abbildung: Prinzip Laser-Durchstrahlschweißen

Dieser absorbiert die Laserstrahlung oberflächlich und wird aufgeschmolzen. Das Erwärmen und Aufschmelzen des transparenten Fügepartners erfolgt weitestgehend durch Wärmeleitung vom absorbierenden hin zum transparenten Fügepartner. Durch die Relativbewegung des Laserstrahls gegenüber dem zu schweißenden Bauteil wird die Schweißnaht erzeugt.

3. Verfahrensvarianten

Abhängig von der Relativbewegung zwischen Laserstrahl und Fügebaugruppe sowie der Art der Energieeinbringung wird das Laserschweißen von Kunststoffen in unterschiedliche Verfahrensvarianten eingeteilt.

3.1 Konturschweißen

Beim Konturschweißen wird die Schweißnaht mit einem fokussierten Laserstrahl einmal oder auch mehrmals abgefahren, wobei beim Überstreichen eines Bereichs der Schweißnaht durch den Laserstrahl dieser bis in den Schmelztemperaturbereich erwärmt wird und danach sofort wieder erstarrt, so dass sich unmittelbar eine Verschweißung der beiden Fügepartner ergibt.

Das Konturschweißen ist immer dann einzusetzen, wenn Schmelzeustrieb aus ästhetischen oder funktionalen Gründen zu vermeiden ist. Zudem ist man beim Konturschweißen bezüglich der Bauteilabmessungen nur durch den Verfahrensbereich der verwendeten Kinematik beschränkt, so dass auch Bauteile mit Abmessungen > 1 m bearbeitet werden können.



Abbildung: Prinzip Konturschweißen

Das Konturschweißen bietet auch Vorteile gegenüber den anderen Schweißverfahren, wenn eine Temperaturüberwachung mittels Pyrometer realisiert werden soll.

Weiterhin wird das Konturschweißen für radialsymmetrische Bauteile angewendet, bei denen aufgrund der Fügegeometrie der Laserstrahl radial auf das Bauteil treffen muss. In solchen Fällen bietet es sich an, entweder das Bauteil mit Hilfe einer Drehachse zu bewegen und den Laser ortsfest zu halten oder den Laser mittels geeigneter optischer Konfiguration um das Bauteil zu bewegen.

3.2 Quasi-Simultanschweißen

Beim Quasi-Simultanschweißen wird die Schweißnaht mit einem fokussierten Laserstrahl mehrmals mit hoher Geschwindigkeit abgefahren. Dabei werden alle Bereiche der Schweißnaht nahezu zeitgleich (also quasisimultan) erwärmt und aufgeschmolzen.

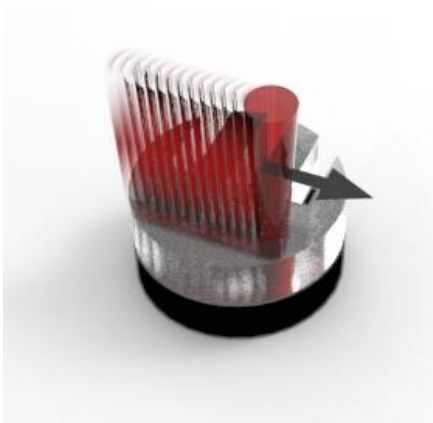


Abbildung: Prinzip Quasisimultanschweißen

Durch das gleichzeitige Aufschmelzen der gesamten Schweißkontur und die durch die Spanntechnik aufgebrachte Spannkraft bewegen sich die beiden zu fügenden Bauteile aufeinander zu und es wird seitlich an der Schweißnaht Schmelze ausgetrieben. Dieser Fügeweg dient dazu, Bauteilunebenheiten auszugleichen und kann gleichzeitig zur Prozesskontrolle herangezogen werden.

5.3 Simultanschweißen

Beim Simultanschweißen wird die gesamte Schweißnaht durch einen oder mehrere Strahlquellen gleichzeitig (also simultan) erwärmt und aufgeschmolzen. Die Anordnung der Strahlquellen bzw. die Strahlformung mittels geeigneter optischer Elemente muss dabei so erfolgen, dass die während des Schweißvorgangs eingebrachte Streckenenergie über die gesamte Schweißnaht möglichst gleich ist.

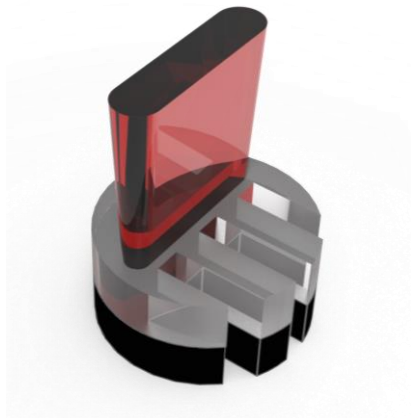


Abbildung: Prinzip Simultanschweißen

Aufgrund des gleichzeitigen Aufschmelzens der gesamten Schweißkontur und die durch die Spanntechnik aufgebrachte Kraft, bewegen sich die beiden zu fügenden Bauteile ebenso wie beim Quasi-Simultanschweißen aufeinander zu und es wird seitlich an der Schweißnaht Schmelze ausgetrieben. Der Fügeweg dient zum einen dazu, Bauteilunebenheiten auszugleichen, zum anderen kann er gleichzeitig zur Prozessüberwachung herangezogen werden. Eine im Simultanschweißverfahren erzeugte Schweißnaht ist bezüglich des Aussehens prinzipiell gleich einer im Quasi-Simultanschweißverfahren erzeugten Schweißnaht.

4. Werkstoffe

4.1 Materialauswahl

Durch den molekularen Aufbau und die damit verbundenen thermischen Eigenschaften nehmen die Thermoplaste eine Sonderstellung unter den Polymerwerkstoffen ein. Sie sind sowohl schmelzbar als auch plastisch formbar. Dieses Verhalten ermöglicht das Schweißen zweier thermoplastischer Polymere. Voraussetzung dafür ist allerdings eine chemische und thermische Mindestverträglichkeit der beiden Werkstoffe. Zusätzlich müssen die Schmelzgebiete der beiden zu schweißenden Werkstoffe eine Überdeckung aufweisen. Dies ist vor allem bei der Verbindung gleichartiger Thermoplaste der Fall. Die Auswahl der Einzelpolymere bei Mischmaterialschweißungen ist wesentlich schwieriger und bedarf in der Regel eingehender Untersuchungen. Hier empfehlen wir Ihnen unbedingt eine Kontaktaufnahme mit unseren erfahrenen EVOSYS Anwendungsexperten.

4.2 Molekulare Ordnung und Transmission

Amorphe Thermoplaste absorbieren bei bestimmten Wellenlängen nur einen geringen Anteil der einfallenden Laserstrahlung. Dagegen unterscheiden sich die optischen Eigenschaften teilkristalliner Thermoplaste deutlich von denen der

amorphen. Die dort vorhandenen kristallinen Überstrukturen bewirken eine mehrfach ungerichtete Reflexion der Laserstrahlung (Streuung). Mit zunehmendem Kristallisationsgrad steigt der Absorptionsgrad. Die Reflexion von IR-Strahlung durch den Werkstoff selbst ist bei teilkristallinen Thermoplasten größer als bei amorphen.

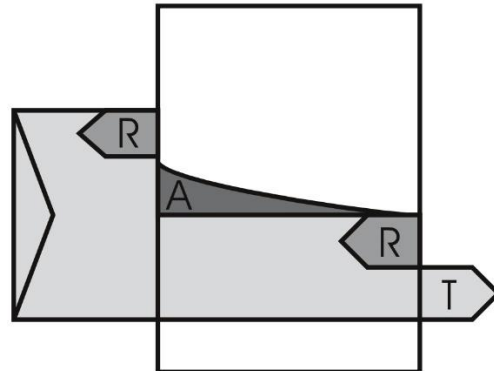


Abbildung: Strahlenanteile beim Materialdurchgang (Strahlrichtung von links nach rechts)

Die üblicherweise für das Laserschweißen eingesetzten Wellenlängen werden auch in einem ungefärbten und ungefüllten Kunststoff zum Teil absorbiert (A), reflektiert (R) und gestreut (T).

		transparent material																																					
		ABS	ASA	COC	EVA	LCP	MABS	PA 11	PA 12	PA 6	PA 66	PBT	PBT/ASA	PC	PC/ABS	PEEK	PE-HD	PEI	PE-LD	PES	PET	PI	PMMA	POM	PP	PPS	PS	PSU	PUR	PVC	SAN	SB	TPE						
absorbing material	ABS	++	++				++					++	+	++	++					+	++		++				+	+		++	++		++						
	ASA	++	++									++	++	++	++								++							++	++		++						
	COC			++																				++							++	++		++					
	EVA				++																																		
	LCP					++																																	
	MABS	++					++																																
	PA 11							++																															
	PA 12								++																														
	PA 6									++		++																											
	PA 66										++	++																											
	PBT	++	++									++	++	++								+	++		+				+		++	++		+					
	PBT/ASA	+	++									++	++	++								+	++		+				+		++	++		+					
	PC		++										++	++	++	++						++	++		++					++	++		++	++	+				
	PC/ABS		++										++	++	++	++						++	++		++					++	++		++	++	+				
	PEEK																++																						
	PE-HD																	++																					
	PEI																		++																				
	PE-LD																			++																			
	PES		+											+	+	++																							
	PET	++											++	+	++																								
	PI																						++																
	PMMA	++	++										+	+	++	+								++															
	POM																								++														
	PP																										++												
	PPS																											++											++
	PS		+													+													++										
	PSU		+																			++							++										
	PUR																														++								
PVC	++	++												++										++															
SAN	++	++												+										++															
SB																																							
TPE	++													+	+											++												++	

++ good weldability // + weldable - tests necessary // 0 poor weldability

Abbildung: Übersicht Schweißbarkeit verschiedener Werkstoffe

Kunststoffe werden nur selten in ihrer Reinform zum Einsatz gebracht. Meist werden sowohl mechanische und thermische, als auch optische Anpassungen des Polymers vorgenommen.

Neben den Möglichkeiten der chemischen Modifizierung der Monomere kommen heute häufig Additive, Füllstoffe oder Verstärkungsstoffe zum Einsatz.

4.3 Additive oder Funktionszusatzstoffe

Additive werden in geringen Mengen dem Polymer beigemischt und bewirken so eine Veränderung der entsprechenden Eigenschaften. Durch die, vom Grundwerkstoff in Größe, Form und Farbe meist sehr verschiedenen Additive werden neben den gewünschten auch andere Eigenschaften des Kunststoffes verändert. Die gebräuchlichsten Zusätze sind im Folgenden kurz aufgelistet:

- Brandschutzausrüstung
- Festschmierstoffe
- Nukleierungsmittel
- Metalle
- Weichmacher

Aufgrund der hohen Vielfalt an unterschiedlichen Zusätzen am Markt, empfehlen wir zum Einfluss auf das Verhalten beim Laserdurchstrahlschweißen in jedem Fall die Rücksprache mit einem EVOSYS Anwendungsexperten.

4.4 Füllstoffe

Die Bezeichnung Füllstoffe wird generell für pulverförmige, organische oder anorganische Substanzen verwendet. Ihr Zusatz zum Grundpolymer dient meist der Volumen- und Gewichtserhöhung, sowie der Verbesserung der technischen Verwendbarkeit im Hinblick auf Festigkeit, Dehnung und Elastizität.

Mit organischen Füllstoffen modifizierte Polymere können aufgrund des sehr starken Absorptionsvermögens der Zusatzstoffe und der niedrigen Zersetzungstemperaturen der organischen Partikel meist nicht mit der Fügemethode Laserstrahlschweißen bearbeitet werden.

Für das Laserschweißen von Kunststoffen wesentlich relevanter ist der Einsatz von anorganischen Füllstoffen (Calciumcarbonat, Talkum, Glaskugeln). Da jedoch auch hier eine Vielzahl an unterschiedlichen Varianten am Markt

existiert und der Füllstoffanteil einen enormen Einfluss hat, sollte der genaue Einfluss für den jeweiligen Anwendungsfall messtechnisch im Vorfeld geklärt werden.

Im Einzelnen gibt die Rücksprache mit einem EVOSYS Anwendungsexperten schnell Aufschluss.

4.5 Verstärkungsstoffe

Eine weitere technisch bedeutende Methode zur Modifikation der mechanischen Eigenschaften eines Kunststoffes ist der Einsatz von Verstärkungsmaterialien. Als Verstärkungsmaterialien werden im Allgemeinen Füllstoffpartikel verstanden, die der Erhöhung der mechanischen Festigkeit dienen. Charakteristisch ist die faserförmige Geometrie mit einem großen Länge zu Durchmesser Verhältnis. Heute werden vor allem synthetische anorganische Stoffe wie Glas-, Kohle- und Aramidfasern zur Polymerverstärkung eingesetzt.

Für die meisten technischen Anwendungen mit hohen mechanischen Belastungen werden heute Glasfasern eingesetzt. Der Einfluss auf das Laserdurchstrahlschweißen liegt einerseits bei variierenden Transmissionseigenschaften mit variierendem Fasergehalt. Andererseits muss der Einfluss auf die Nahtfestigkeiten betrachtet werden. Trotz der im Naturzustand hohen Transparenz von Glas in jeglicher Form beeinflusst die Zugabe von Glasfasern in nicht unerheblicher Weise die Transmissionseigenschaften von thermoplastischen Werkstoffen. Trotzdem sind Polymere mit einem Fasergehalt von bis zu 50% bei geeigneter Prozessführung durch Laserstrahlung schweißbar.

Für Anwendungen in denen die Steifigkeit und Festigkeit von Glasfasern nicht ausreichen, bietet sich der Einsatz von Kohlenstofffasern an. Da C-Fasern aus Graphit bestehen, weisen auf diese Art verstärkte Materialien eine äußerst hohe Absorption von Strahlung im nahen Infrarotbereich auf. Die Absorptionseigenschaften von kohlefaserverstärkten Polymeren sind denen von Ruß-gefärbten sehr ähnlich. Durch diese Eigenschaft ist die Verwendung beim Laserkunststoffschweißen nur als absorbierender Fügepartner möglich.

Im Einzelnen gibt die Rücksprache mit einem EVOSYS Anwendungsexperten schnell Aufschluss.

4.6 Einfärbung

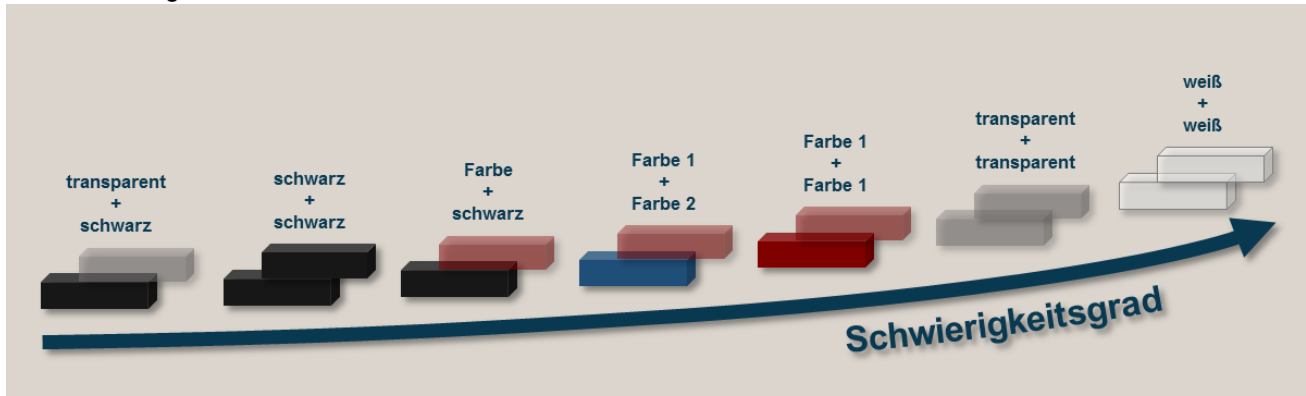


Abbildung: Schwierigkeitsgrad der Farbkombinationen

Nur selten werden Kunststoffe im ungefärbten Zustand zu einem Endprodukt verarbeitet. Bei Konsumgütern oder an Sichtbauteilen im Automobilbereich müssen zum Beispiel ästhetische Gesichtspunkte und Vorgaben berücksichtigt werden. Aber auch funktionale Einfärbungen wie beispielsweise Signalfarben werden in bestimmten Bereichen gefordert.

Aus diesem Grund werden den Kunststoffen während der Verarbeitung Farbmittel zugegeben, die das äußere Erscheinungsbild entsprechend den Vorgaben verändern. Die Erstellung einer Farbmatrix von laserstrahltransparenten und laserstrahlabsorbierenden Farbeinstellungen ist aufgrund der Vielzahl von Variablen wie Farbe, Kunststoff, Wanddicke, Laserwellenlänge, Prozessgeschwindigkeit, Zulassungen, etc. nicht möglich. Deshalb wurde ein Schwierigkeitsgrad der Farbkombinationen erstellt (siehe Grafik), mit dem eine erste Aussage für den Einsatz von Farben zum Laserkunststoffschweißen getroffen werden kann.

Bei den Farbzusätzen unterscheidet man zwischen den im Kunststoff unlöslichen Pigmenten und den löslichen Farbstoffen. Beide Gruppen haben einen starken Einfluss auf das Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen, da

sie die optischen Eigenschaften des Thermoplasten im nahen Infrarotbereich beeinflussen.

Im Unterschied zu den Farbstoffen sind die Farbpigmente im Kunststoff nahezu unlöslich. Die Farbpigmente können anorganischer oder organischer Natur sein, wobei die anorganischen Pigmente vollkommen unlöslich sind.

Die wichtigste Gruppe unter den anorganischen Pigmenten sind die Schwarzpigmente. Bedeutendster Vertreter ist dabei Ruß, der neben preislicher Attraktivität auch positive Auswirkungen auf die Eigenschaften des Kunststoffs hat. Ruß wirkt bereits bei geringen Konzentrationen von 0,5 – 1% ausreichend deckend. Er eignet sich ausgezeichnet zur Einfärbung des laserabsorbierenden Fügepartners, da er nahezu im gesamten Wellenlängenspektrum absorbiert.

Eine ebenfalls bedeutende Gruppe unter den anorganischen Farbpigmenten sind die Weißpigmente. Zu den wichtigsten Vertretern zählen heute Titandioxid TiO_2 , Zinkweiß ZnO und Zinksulfid ZnS . Da Weißpigmente stark reflektierend und streuend auf die beim Laserkunststoffschweißen eingesetzte Strahlung im nahen Infrarotbereich wirken, können stark weiß gefärbte Bauteile nur schwer geschweißt werden.

Durch die speziellen Anforderungen des Laserdurchstrahlenschweißens an die Einfärbungen hinsichtlich Transmission und Absorption für Wellenlängen im nahen Infrarotbereich wurden von der kunststofferzeugenden Industrie und den Farbmittelherstellern spezielle Zusatzstoffe und Einfärbungen entwickelt, die den gesetzten Forderungen genügen. Die heute wohl bekannteste Einfärbung, die speziell für das Laserschweißen von Kunststoffen entwickelt wurde, ist das IR-transparente Schwarz. Durch Überlagerung verschiedener, bedingt lasertransparenter Farbpigmente wird im Bereich des sichtbaren Lichtes ein blickdichter, schwarzer Farbeindruck eines Bauteils erzeugt. Im Unterschied zu anderen Schwarzeinfärbungen ist die so erzeugte Farbgebung transparent für Wellenlängen im nahen Infrarotbereich.

Bei Farbeinstellungen, die hell und brillant sind, ist der Einsatz von Ruß nicht möglich. Mit der Verwendung alternativer NIR-Absorber können aber nahezu alle Farben eingestellt werden.

Mittels einer Reihe transparenter NIR-Absorber sind transparent/transparent Kombinationen möglich. Eine weitere Möglichkeit für das Fügen von transparenten Bauteilen ist die Verwendung von Laserwellenlängen zwischen 1,6 bis 2 µm. In diesem Bereich findet eine Absorption durch den Kunststoff selbst statt, so dass auf Zugabe von Additiven verzichtet werden kann.

Im Einzelnen gibt die Rücksprache mit einem EVOSYS Anwendungsexperten schnell Aufschluss.

5. Konstruktive Auslegung der Fügezone

Ein wesentlicher Baustein für einen robusten Prozess ist die konstruktive Auslegung der Fügezone. Grundsätzlich kann man verfahrensunabhängige und verfahrensabhängige Kriterien unterscheiden.

5.1 Verfahrensvariantenunabhängige Kriterien

Die folgenden Kriterien und Aussagen sind allgemeingültig für alle Verfahrensvarianten.

Materialdicke

Abhängig vom eingesetzten Material des lasertransparenten Fügepartners sollte die Materialdicke in dem Bereich, in welchem die Laserstrahlung das transparente Bauteil passiert,

nicht übermäßig stark ausgelegt werden. Als guter Richtwert hat sich bewährt, dass die Materialdicke ähnlich der geplanten Breite der Schweißnaht gewählt wird. Grundsätzlich gilt jedoch als Faustformel: je dünner desto besser! Aufgrund der Vielzahl unterschiedlicher Materialien und der Farb- und Füllstoffvarianten empfiehlt sich immer die Rücksprache mit einem erfahrenen Spezialisten der Fa. EVOSYS sowie eine Transmissionsmessung zur Abschätzung der Schweißfähigkeit.

Zugänglichkeit für den Laserstrahl

Aufgrund der für den üblicherweise fokussierten Laserstrahl charakteristischen Strahlform ist es erforderlich im Bereich oberhalb der Fügezone für eine abschattungsfreie Zugänglichkeit zu sorgen.

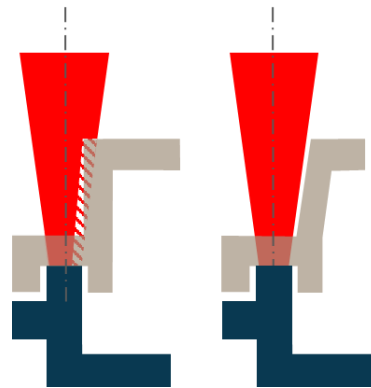


Abbildung: Strahlabschattung Laserstrahl

Auflagefläche Spannvorrichtung

Eine wesentliche Komponente des Laserschweißprozesses ist die Fügekraft zwischen den beiden Fügepartnern. Um diese in die zu fügenden Bauteile einzuleiten ist der Einsatz einer Spannvorrichtung erforderlich.

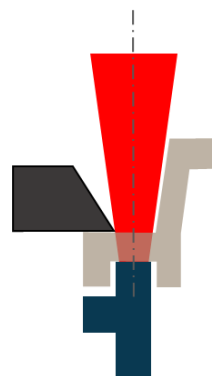


Abbildung: Auflage Spanntechnik

Üblicherweise ist eine Krafteinleitung in unmittelbarer Nähe der gesamten Schweißnaht erforderlich. Für die Auflage der entsprechenden Spannvorrichtung muss im Bereich der Fügezone ausreichend Platz vorgesehen und die Zugänglichkeit für den Laserstrahl gewährleistet werden. Die eingesetzte Kraft bewegt sich dabei meist in einem Bereich von 2-5 N/mm² bezogen auf die Schweißnahtfläche.

Auch ein entsprechendes Gegenlager für die Aufnahme der eingeleiteten Kraft muss vorgesehen werden. In den überwiegenden Fällen erfolgt dies direkt über das Bauteil und eine Bauteilaufnahme welche der Formkontur der Gesamtbaugruppe folgt.

5.2 Verfahrensvariantenspezifische Kriterien

Die folgenden Kriterien sind speziell für die genannten Verfahrensvarianten relevant.

Konturschweißen-Toleranzen

Da bei einem Konturschweißprozess keine Relativbewegung der Fügepartner zueinander stattfinden kann, der thermische Kontakt zwischen beiden aber ebenso erforderlich ist, sind die Anforderungen an die Formteiltoleranzen höher als bei den anderen Verfahrensvarianten.

Beispielhaft für die Größenordnung der erforderlichen Toleranzen soll an dieser Stelle die Ebenheitstoleranz eines Fügeteils mit ebener Schweißgeometrie und lateralen Abmessungen im Bereich 100mm x 100mm genannt werden. Für eine solche Baugruppe würde man eine Ebenheitstoleranz von maximal 0,08mm ansetzen.

Kleinere Abweichungen können zwar durch höhere Spannkraften ausgeglichen werden, führen aber nach dem Schweißprozess zu Spannungen innerhalb der Baugruppe.

Gerne unterstützen Sie die Anwendungstechniker von EVOSYS bei der geeigneten Wahl der Toleranzen für Ihre Anwendung.

Quasisimultan-Fügeweg

Anders als bei einem Konturschweißprozess erfolgt beim simultanen und quasisimultanen Schweißen eine Relativbewegung der Baugruppen zueinander. Üblicherweise wird ein sogenannter Schweißsteg auf der laserabsorbierenden Formteilhälfte vorgesehen, der während der Bearbeitung abgeschmolzen wird. Das lasertransparente

Formteil bewegt sich dabei auf das laserabsorbierende zu. Wird der Laser am Ende des Prozesses abgeschaltet folgt eine Abkühlphase in der durch die Abkühlung eine Schrumpfung des Materials erfolgt.

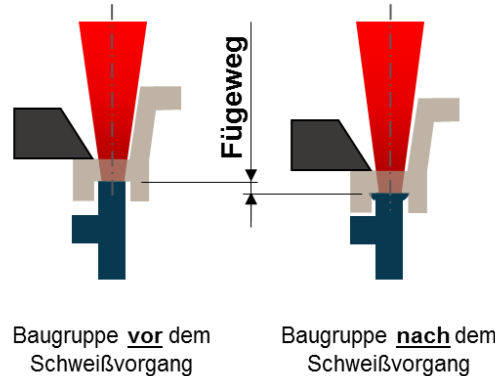


Abbildung: Fügeweg

Wichtig in diesem Zusammenhang ist es, die Relativbewegung sowie die Kontraktion während der Abkühlphase bei der Konstruktion zu berücksichtigen.

Üblicherweise bewegt sich der Fügeweg für Bauteile mit Abmessungen im Bereich 100mm x 100mm bei ca. 0,1-0,5mm.

Im Einzelnen gibt die Rücksprache mit einem EVOSYS Anwendungsexperten schnell Aufschluss.

QS-Fließraum und Abdeckung Schmelze

Beim Simultan- und Quasisimultanschweißen wird verfahrensbedingt durch das zuvor beschriebene Abschmelzen eines Fügeweges Schmelzmaterial aus der Fügezone verdrängt. Wichtig ist es, in den angrenzenden Bereichen der Fügezone ausreichend Platz für die verdrängte Schmelze vorzusehen.

Da diese Schmelze meist ästhetisch stört oder aber – im Falle glasfaserverstärkter Materialien – ein Verletzungsrisiko bei anschließender manueller Bearbeitung birgt, empfiehlt es sich zusätzlich, konstruktiv eine Abdeckung vorzusehen.

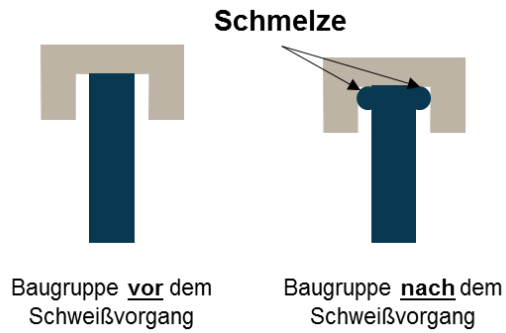


Abbildung: Schmelzeabdeckung

Im Einzelnen gibt die Rücksprache mit einem EVOSYS Anwendungsexperten schnell Aufschluss.

Checkliste

Bauteil	
Verfahrensvariante gewählt?	<input type="checkbox"/>
Materialauswahl Grundmaterial schweißbar?	<input type="checkbox"/>
Laserabsorbierende Formteilhälfte absorbierend eingefärbt?	<input type="checkbox"/>
Lasertransparente Formteilhälfte lasertransparent eingefärbt?	<input type="checkbox"/>
Zugänglichkeit Laserstrahl gewährleistet?	<input type="checkbox"/>
Auflagefläche Spanntechnik vorhanden?	<input type="checkbox"/>
Andrückrichtung Spanntechnik korrekt ausgelegt?	<input type="checkbox"/>
Aufnahme untere Bauteilhälfte möglich?	<input type="checkbox"/>
Positionierung der Bauteilhälften zueinander sichergestellt?	<input type="checkbox"/>
Fügeweg berücksichtigt, sofern erforderlich?	<input type="checkbox"/>
Fließraum für Schmelze vorhanden?	<input type="checkbox"/>
Abdeckung Schmelze vorhanden?	<input type="checkbox"/>

Hinweis

Sämtliche in diesem Dokument genannten Informationen zum Laserstrahl-Kunststoffschweißen sind als grobe Übersicht über die Anforderungen des Verfahrens zu verstehen. Aufgrund der vielen unterschiedlichen Einflussgrößen empfehlen wir, die Spezialisten der Evosys Laser GmbH in einer möglichst frühen Phase einzubinden. Alle Angaben in diesem Dokument sind ohne Gewähr und erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

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 Evosys Laser GmbH zulässig.

Erstellungsdatum Juli 2016

Copyright © 2016 Evosys Laser GmbH

Evosys Laser GmbH
 Schallershofer Straße 108, 91056 Erlangen
 Tel. +49 9131-81497-0
 info@evosys-laser.com, www.evosys-laser.com