

Laserschweißen von Kunststoffen Es geht auch Farbig

Dr. Michel Sieffert, Treffert
Dr. Thomas Renner, Rofin/Baasel Lasertech

Laserschweißen von Kunststoffen entwickelt sich immer mehr zu einer echten Alternative gegenüber konventionellen Technologien. Insbesondere die perfekte Oberflächenqualität, die flexible Nahtführung sowie die minimale thermische und mechanische Energieeinbringung werden in immer neuen Designmöglichkeiten umgesetzt. Anwendungsbeispiele finden sich in der Medizintechnik, Automotive, Elektronik oder aber auch Haushaltsgeräten.

Mittlerweile dürften einige hundert Lasersysteme zum Kunststoffschweißen installiert sein – Tendenz: stark steigend.

Farbgebung als Schlüssel zum Erfolg

Beim Laserschweißen von Kunststoffen hat sich mittlerweile das sogenannte Überlappungsschweißen im Markt durchgesetzt. Dabei werden die beiden zu verbindenden Flächen übereinander angeordnet und vom Absorptionsspektrum so gestaltet, dass der Laserstrahl die obere Fläche durchdringt und von der unteren absorbiert wird. Dadurch entsteht die Schmelzzone im Inneren des Bauteils, ohne dass die Bauteiloberfläche beeinflusst wird.

Dieses bedeutet, dass bei der Konstruktion des lasergerechten Bauteils sowohl auf die geometrische Formgebung als auch auf die geeignete Wahl von Polymeren und Zusatzpigmenten geachtet werden muss.

Eine der Schlüsselfaktoren für eine qualitativ hochwertige Schweißverbindung ist somit die Farbgebung bzw. Pigmentierung der Bauteile. Diese muss zwei Gesichtspunkte simultan erfüllen – die Anforderungen des Coloristen sowie die oben beschriebenen Transmissions- bzw. Absorptionseigenschaften für den Laserstrahl. Die zum Kunststoffschweißen verwendeten Laserwellenlängen liegen alle außerhalb des sichtbaren Spektrums im nahen IR Bereich (808, 940, 1064 nm), so dass durch geeignete Wahl der Farbeffekte die visuellen und laserspezifischen Eigenschaften entsprechend getrennt werden können. Hier zählt sich eine enge Partnerschaft zwischen Laserhersteller und Masterbatcher aus.

Mittlerweile stehen für etliche Problemstellungen (z.B. transparent/schwarz oder schwarz/schwarz) Standardlösungen zur Verfügung, andere Lösungen müssen hingegen immer noch kundenspezifisch angepasst werden. Abb. 1. gibt einen generellen Überblick über den Schwierigkeitsgrad der jeweiligen Anordnungen. Die mit der Farbe Schwarz verbundenen Anwendungen finden sich vorwiegend im Automobilbau („under hood“), die farbigen Anwendungen sind vor allem im Bereich Automotive (Innenraum), Elektronik und Haushaltsgeräte anzutreffen, während die transparent bzw. weiß-gekoppelten Anwendungen vor allem im Bereich Medizintechnik dominieren.

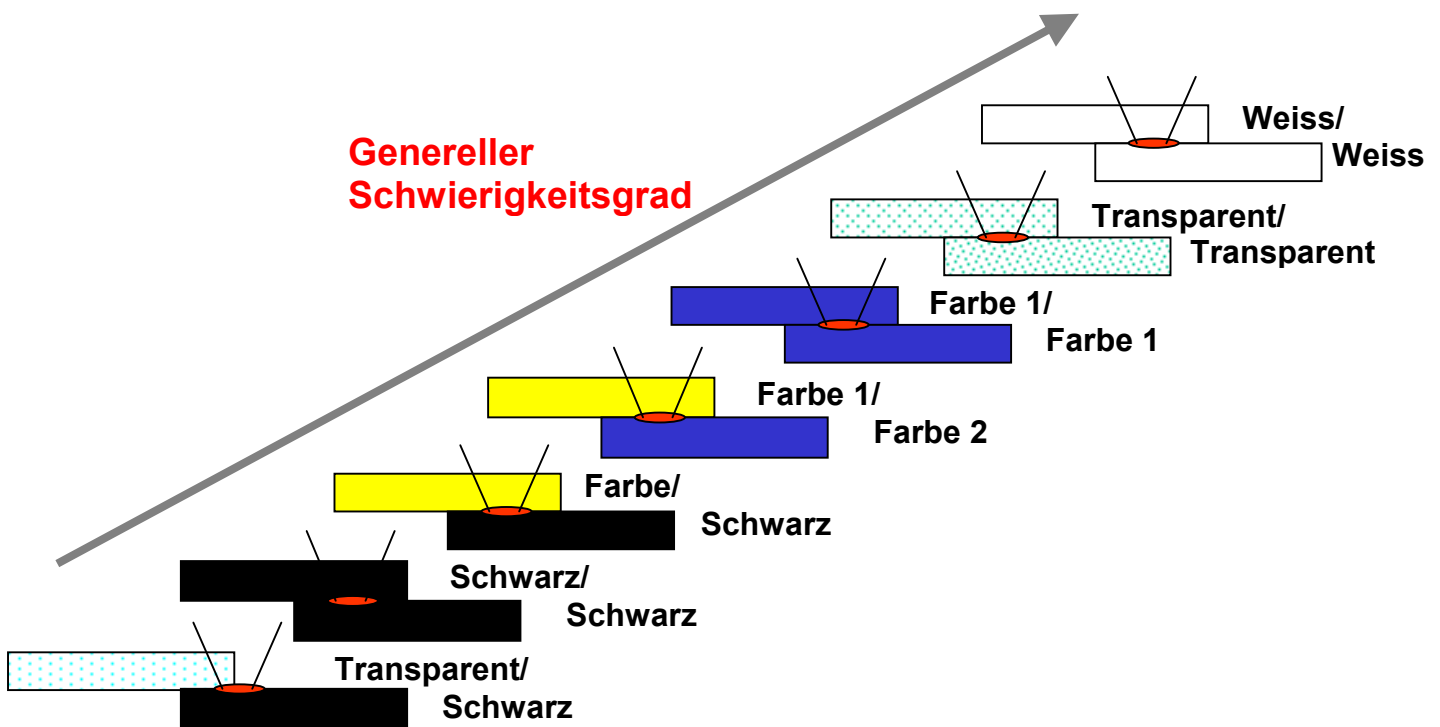


Abb. 1.

Genereller Schwierigkeitsgrad beim Überlappungsschweißen von Kunststoffen. Der obere Partner ist für den Laserstrahl transparent, während der untere Partner den Laserstrahl absorbieren muss.

Schwarz/Schwarz

Bei der sogenannten schwarz/schwarz Anordnung wird der untere Teil in der Regel durch Beimengung von Ruß absorbierend gestaltet. Ruß absorbiert sowohl im sichtbaren wie auch im nahen infraroten Bereich optimal, so dass alle gängigen Laser eingesetzt werden können. Die anspruchsvolle Aufgabe besteht darin, den oberen Teil für das Auge schwarz und für den Laser transparent zu gestalten. Die häufigsten lasertransparenten Kunststoffeinfärbungen werden zur Zeit durch ideale Farbrezepturen nachgestellt. Für fast alle Kunststoffe sind lasertransparente schwarze Farben verfügbar, die sich in Farbnuancen und Eigenschaften wie z.B. Temperaturbeständigkeit, Brillanz, Laserdurchlässigkeit, usw. unterscheiden. Die differenzierten Kenntnisse bei der Herstellung von lasertransparenter Schwarzfarbe ermöglichen mittlerweile sogar Farbnuancierungen.

Schwarz/schwarz Laserkunststoffschweißungen haben besonders im Automobilbereich ihre Anwendungen gefunden. Die ersten Einsätze von Laserschweißprozessen fanden auf ungefüllte schwarze Thermoplasten für die Gehäuse von elektronischen Bauteilen statt. Da die optischen Eigenschaften der schwarzen Farbrezepturen keine Wechselwirkungen mit dem Laser aufweisen, lassen sich mittlerweile auch schwarze mit bis zu 50% Glasfasern oder Glaskugeln verstärkte Kunststoffe mittels Laser schweißen. Dadurch können auch Motorteile in der Automobilindustrie gefertigt werden.

Farbig/Farbig

Beim Laserschweißen von farbigen Kunststoffteilen differieren die Schwierigkeiten in Proportion zu den Farbeinstellungen. Der Erfolg eines Laserschweißprozesses setzt die Nachstellung sowohl lasertransparenter als auch laserabsorbierender Farbe

voraus, da die Eigenschaften abhängig von hellen bzw. dunklen, transparenten oder opaken Farbtönen variieren. Gleichzeitig können sowohl zwei gleiche als auch unterschiedliche Kunststofffarben zusammen gefügt werden. Durch diese Variantenvielfalt kann die Problematik des Schweißvorganges in dem laserdurchlässigen oder laserabsorbierenden Kunststoffteil verankert sein.

FARBE	laserabsorbierend	laserdurchlässig
Transparent	Hell \ Dunkel	Hell \ Dunkel
Opak	Hell \ Dunkel	Hell \ Dunkel

Tabelle1: Übersicht aller möglichen Farbkombinationen, die beim Zusammenfügen von Kunststoffteilen vorkommen können.

Fast alle Farbtöne können ohne Verminderung der Lasertransparenz des Kunststoffs beim Einfärben eingesetzt werden. Die einzige Ausnahme bildet der Einsatz von weißen Pigmenten, bzw. Titan Dioxid das den Nachteil einer Reflektion und Streuung des Laserlichts aufweist. Die Nachstellung heller absorbierender Farben war in der Vergangenheit nur durch das Einbringen unterschiedlicher Pigmente im laserdurchlässigen und laserabsorbierenden Teil möglich, bewirkte jedoch häufig bei zwei gleichen Farben einen Metamerieeffekt. Die Entwicklung von speziell entwickelten IR-Absorbern brachte unbegrenzte Möglichkeiten im Bereich der absorbierenden Farben, ohne gravierende Metamerien zwischen den Fugenpartner .

Transparent/Transparent, oder Transparent /Weiß

Im Medizinartikelbereich werden auf Grund einer optisch besseren Vermittlung von Hygiene, hauptsächlich transparente oder weiße Kunststoffe angewandt. Da alle Kunststoffe laserdurchlässig sind, muss ein transparenter toxikologisch unbedenklicher NIR-Absorber in den laserabsorbierenden Kunststoff eingebracht werden.

Neue Alternativen sind sogenannte IR-Pigmente, die dem Kunststoff eincompoundiert oder mittels eines Masterbatches zugegeben werden können. Der Vorteil dieser IR-Pigmente liegt hauptsächlich in der Einbettung der Pigmente in die Kunststoffmatrix, ohne aus dem Thermoplast zu migrieren. Zusätzlich kann der Fertigungsprozess ohne weitere Arbeitsschritte auf identische Weise, wie bei der Anwendung reiner Thermoplasten durchgeführt werden.



Abb. 2

Beispiel für einen erfolgreichen Einsatz sogenannter IR-Pigmente. Mit diesen können sogenannte transparent/transparent- bzw. transparent/weiß-Verbindungen hergestellt werden, ohne dass ein Zusatzwerkstoff zwischen die beiden Schweißpartner angebracht werden muss.

Diodenlaser – oder YAG ?

Zum Laserschweißen von Kunststoffen werden sowohl Diodenlaser (häufigste Wellenlänge: 808, 940 nm) als auch Nd:YAG Laser (1064 nm) eingesetzt. Dabei stellt sich die Frage nach den jeweiligen Vor- und Nachteilen.

Diodenlaser im Direktstrahlbetrieb sind in der Regel etwas kostengünstiger als diodengepumpte Nd:YAG Laser herzustellen. Dafür ist die Strahlqualität schlechter. Hier ergibt sich eine erste Trennungslinie: Für Anwendungen mit geringer Anforderung an die Strahlqualität wie z.B. Macro-Schweißungen bieten Diodenlaser die wirtschaftlichere Alternative, bei gehobenen Anforderungen an die Strahlqualität, wie z.B. Micro-Schweißungen, aber auch Scannerkopfanwendungen oder Faserkopplungen bieten die Nd:YAG Laser in der Regel entsprechende Vorteile.

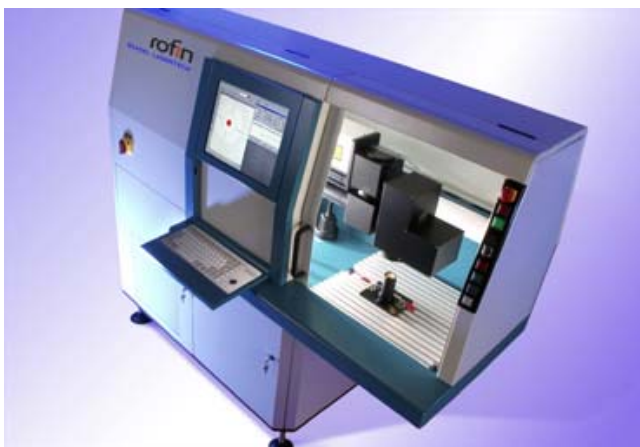


Abb. 3.

Im schlüsselfertigen Lasersystem PolyScan können sowohl Diodenlaser als auch Festkörperlaser mit Scannerkopfanbindung eingebaut werden. Das System ist sowohl zum Kontur- als auch Maskenschweißen geeignet.

Eine zweite Trennungslinie ist beim Einfluss der Wellenlänge auf das Absorptionsverhalten der beiden Schweißpartner zu ziehen.

Die meisten transparent-schwarz eingefärbten Polymere werden zwar bereits bei 808 nm hinreichend transparent, das Optimum der Transmission ist jedoch bei 940 bzw. 1064 nm erreicht.

Bei farbigen Kunststoffen sind Pauschalaussagen schwer zu treffen. Die meisten Farbpigmente zeigen im nahen IR Spektrum sehr unterschiedliche Absorptionskurven, so dass hier meistens die optimalen Absorptions- bzw. Transmissionseigenschaften mit Hilfe der Laserwellenlänge eingestellt werden können.

Die oben beschriebenen IR-Pigmente sind zum Großteil noch Bestandteil aktueller Forschungen, so dass hier ebenfalls noch keine Pauschalaussagen möglich sind. Die Antwort, ob beim Kunststoffschweißen Dioden oder YAG Laser benötigt werden, beantwortet sich je nach Anwendung mit: Diode und YAG.