

Laser-Additive. Fügen von Transparent-Transparent-Verbindungen mittels Laserdurchstrahlschweißen war aufgrund der Additiv-Eigenfarbe lange Zeit nicht möglich. Mit neuen Wirkstoffen ist dies nun machbar. Aber auch im Bereich der Laserbeschriftung gibt es neue Möglichkeiten der Additivierung.

NIR-Absorber der neuen Generation

MARCO MEIXNER

Das Grundprinzip des Laserdurchstrahlschweißens ist das Verbinden eines lasertransmissiven mit einem laserabsorbierenden Fügepartner. Der absorbierende Fügepartner wandelt die vom Laser emittierte Strahlung in Wärmeenergie um. Dadurch bildet sich im Brennpunkt des fokussierten Laserstrahls eine Schmelzzone. Durch Wärmeleitung schmilzt der durch entsprechenden Fügedruck angelegte lasertransmissive Fügepartner ebenfalls auf. Eine entsprechende Laserführung erzeugt eine linienförmige Schweißnaht. Am gebräuchlichsten sind dabei das Konturschweißen, bei dem eine vorgegebene Kontur (Geometrie) abgefahren wird, das Simultanschweißverfahren, bei dem mehrere Laser die verschiedenen Bereiche der Schweißnaht gleichzeitig abfahren, sowie das Quasi-Simultanschweißen, bei dem eine Kontur sehr schnell mehrmals hintereinander von einem Laserstrahl bestrahlt wird.

Die Vorteile des Laserdurchstrahlschweißens liegen darin, dass es im Vergleich zu konventionellen Verfahren wie Vibrations-, Ultraschall- und Heizelementschweißen eine wesentlich schonendere Fügetechnik ist, die sehr feine, homogene, flüssigkeits-, gas- und druckdichte Schweißnähte erzeugt. Das Auftreten von Schweißrückständen wie „Fusseln“ (wichtig bei Flüssigkeitsbehältern und medizinischen Anwendungen) wird dadurch vermieden. Ein weiterer Vorteil ist die Kostenersparnis bei der Großserienfertigung. Zudem lassen sich auch Bauteile mit komplexer Geometrie gut verschweißen.

Die meisten Polymere sind im Bereich der zum Laserschweißen eingesetzten Wellenlängen lasertransmissiv, d. h. sie

lassen die Laserwellenlängen zwischen 355 und 1100 nm passieren, ohne in Wechselwirkung mit der Laserstrahlung zu treten.

Um die Vorteile des Laserdurchstrahlschweißens nutzen zu können, sind spezielle Additive notwendig, die den emittierten Laserstrahl absorbieren.

Additive für das Laserdurchstrahlschweißen

Ein Problem beim Laserdurchstrahlschweißen von Kunststoffen war lange Zeit die Abhängigkeit von Ruß als Absorber. Damit war die Farbauswahl bei den Bauteilen sehr eingeschränkt und helle oder transparente Farbtöne waren nicht realisierbar. Abhilfe können jetzt Additive schaffen, die eine sehr geringe Eigenfarbe und somit nahezu keinen Einfluss auf den Farbton haben. Bisher gab es solche Additive nur für den Wellenlängenbereich um 800 bzw. 1050 nm. Seit Kurzem sind Laserabsorber erhältlich,

die in allen wichtigen Wellenlängenbereichen absorbieren. Ob für Diodenlaser bei 808, 940 und 980 nm, Scheibenlaser bei 1030 nm oder Faserlaser bei 1070 nm – die Produktpalette dieser NIR-Absorber (Additive, die Strahlung im Nahinfrarotbereich von 780 bis 1400 nm absorbieren) deckt nahezu alle Wellenlängenbereiche ab.

Zusätzlich zu diesen Additiven gibt es sogenannte Breitbandabsorber, die einen größeren Absorptionsbereich abdecken, beispielsweise von 800 bis 1100 nm. Der Nachteil der Breitbandabsorber liegt im höheren Preis und einer im Vergleich zu den anderen NIR-Absorbieren geringeren Absorption in den einzelnen Wellenlängenbereichen. Bild 1 zeigt die Transmissionskurven verschiedener Laserabsorber.

Absorber korrekt einarbeiten

Ein wichtiger Faktor neben der Auswahl des richtigen NIR-Absorbers für die Arbeitswellenlänge des Lasers ist die Einar-

KU104311

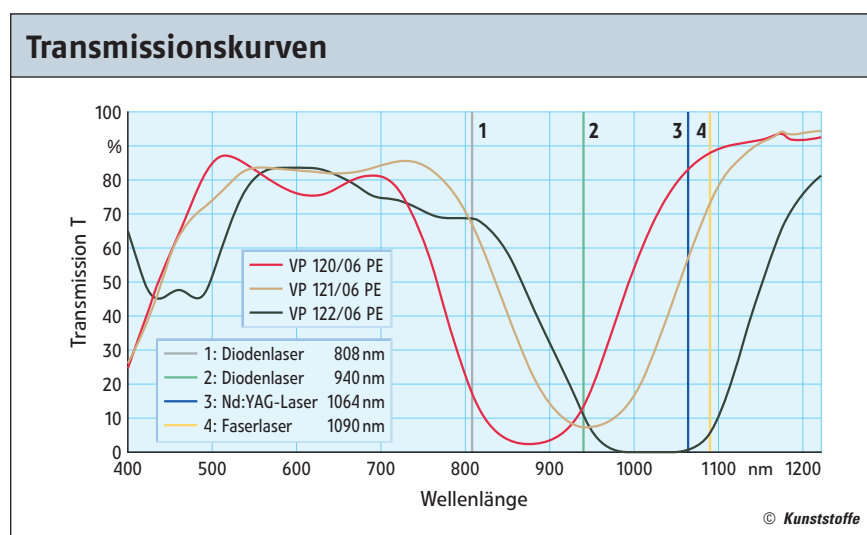


Bild 1. Transmissionskurven verschiedener Laserabsorber

beitung des Absorbers in das Polymer. Das Einbringen der NIR-Absorber mittels Masterbatch hat sich als sinnvoll etabliert. Durch ein spezielles Masterbatch-Herstellerverfahren ist gewährleistet, dass die zum Schweißen erforderlichen Additive statistisch ausgewogen und homogen im zu schweißenden Teil verteilt sind.

Bei der Verarbeitung gibt es einige wichtige Punkte zu beachten: So können Absorber beispielsweise beim Einarbeiten in den Kunststoff während der Ex-

Erfolgsfaktoren Farbe, Material und Form

Ein weiterer entscheidender Erfolgsfaktor ist die Werkstoff- und Farbauswahl. Bei der Auswahl des Werkstoffs ist zu beachten, dass Polymere mit einem kristallinen Anteil eine Streuung des Laserstrahls verursachen können. Dabei wird der Laserstrahl aufgeweitet und „verpufft“ im Extremfall im Kunststoff. Findet eine Streuung im eigentlich laser-

Talkum. Aber auch bestimmte Pigmente wie z.B. TiO₂ können das Ergebnis verschlechtern. Bild 2 gibt eine Übersicht über die Laser-Verschweißbarkeit in Abhängigkeit von der Farbauswahl.

Neben dem Einfluss von Zusatzstoffen und Farbmitteln ist die Überlappung der Schmelzetemperaturen der zu verbindenden Kunststoffe eine entscheidende Voraussetzung für eine gute Schweißnaht. In Bild 3 sind die Schmelzbereiche verschiedener Thermoplaste abgebildet.

Aber auch die beste Auswahl an Werkstoffen und Absorbieren kann eine laserge-rechte Konstruktion des Bauteils nicht ersetzen. Vor allem die Dicke der lasertransmissiven Schicht und das Spaltmaß zwischen den Fügpartnern sind entscheidende Faktoren für den Erfolg beim Laserverschweißen.

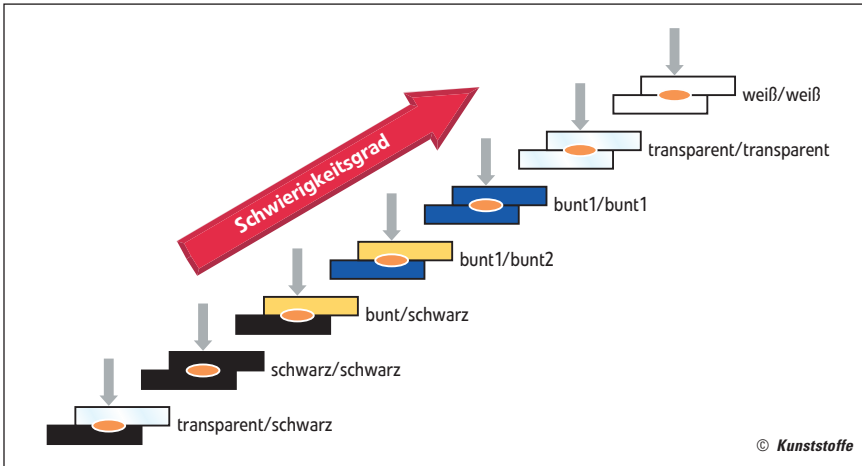


Bild 2. Übersicht über die von der Farbauswahl abhängige Laser-Verschweißbarkeit

Additive zum Laserbeschriften

Das Beschriften von Kunststoffteilen mittels Laserstrahlung gewinnt in der Industrie immer mehr an Bedeutung. Gegenüber konventionellen Beschriftungs- und Kennzeichnungsverfahren zeichnet sich das Lasermarkieren vor allem durch seine längere Haltbarkeit und

trusion und auch während des späteren Spritzgießprozesses durch hohe Scherkräfte geschädigt werden. Dies kann zu einer Minderung der Wirksamkeit oder einer Verschiebung des Absorptionsbereichs führen.

Um die Scherkräfte zu minimieren, kann die Verarbeitungstemperatur erhöht und somit die Viskosität der Schmelze erniedrigt werden. Hier ist jedoch zu beachten, dass einige NIR-Absorber nur eine begrenzte thermische Stabilität von 270 bis 280°C aufweisen. Dies kann vor allem bei technischen Kunststoffen zu Problemen führen. Eine anwendungstechnische Beratung durch den Additivhersteller und technisches Know-how über die Verarbeitung von NIR-Absorbieren ist in solchen Fällen unabdingbar.

Auch eine ungenügende Homogenität des Absorbers in der Kunststoffmatrix kann zu Problemen beim späteren Schweißprozess führen. Ist das Additiv nicht optimal in den Kunststoff eingearbeitet, kann es bei Stellen mit niedrigem Absorbergehalt zu einer Unterbrechung der Schweißnaht oder zu Lunkern kommen. Trifft der Laserstrahl auf Bereiche, an denen das Additiv „angehäuft“ vorkommt, so treten Verkohlungen und Schmauchbildung auf.

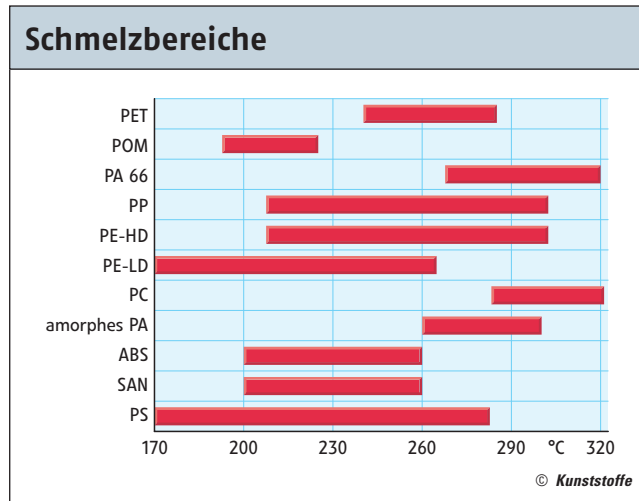


Bild 3. Schmelzbereiche verschiedener Thermoplaste

transmissiven Bauteil statt, so wird die Leistungsdichte in der Schweißzone deutlich reduziert. Dies hat zur Folge, dass mehr Laserleistung benötigt bzw. die Schweißzeit erhöht wird. Amorphe Thermoplaste mit hohen theoretischen Eindringtiefen eignen sich daher besser als teilkristalline Thermoplaste, bei denen die theoretische Eindringtiefe nur einige Millimeter beträgt. Des Weiteren kann eine Reihe von Zusatzstoffen die Verschweißbarkeit negativ beeinflussen. Dazu zählen Flammschutzmittel, Verstärkungsmittel (Glasfasern, Glaskugeln) und

den sehr guten Kontrast aus, insbesondere bei Kleinteilen.

Das Laserbeschriften ist ein sauberer Prozess, eine Teile-Vorbehandlung etwa mit lebensmittelrechtlich bedenklichen Lösungsmitteln ist nicht notwendig. Laserbeschriften ist fälschungssicher und verursacht keine Probleme beim Recycling.

Die zur Beschriftung verwendeten Laser werden in Gas- und Festkörperlaser unterteilt. CO₂-Laser sind die gebräuchlichsten Gaslaser. Sie arbeiten im Maskenverfahren und werden aufgrund der



Bild 4. Beispiel für Beschriftung mittels Karbonisierung

hohen Beschriftungsgeschwindigkeit vor allem im Verpackungsbereich eingesetzt. Die gängigsten Festkörperlaser sind Nd-YAG-Laser (dioden- oder lampengepumpt) mit einer Wellenlänge von 1064 nm. Der Laserstrahl wird hier über eine Strahlableitung gesteuert. Aber auch Nd-YAG-Laser mit einer Wellenlänge von 532 nm (frequenzverdoppelt) bzw. 355 nm (frequenzverdreifacht) sind für die Markierung von Kunststoffteilen im Einsatz. Frequenzverdoppelte bzw. -verdreifachte Laser bieten vor allem bei kritischen Anwendungen Vorteile, die eine bessere Bildqualität mit hohem Kontrastverhältnis erfordern. Allerdings ist ihre Schreibgeschwindigkeit niedriger und der Anschaffungspreis höher.

Beschriftungslaser können nach dem Masken- oder dem Strahlableitungsverfahren arbeiten. Das Maskenverfahren zeichnet sich durch eine hohe Beschriftungsgeschwindigkeit und somit durch höhere Stückzahlen aus. Das Strahlableitungsverfahren glänzt durch unübertrifftene Flexibilität, ein größeres Beschriftungsfeld und die Möglichkeit der „Inline“-Beschriftung.

Gravieren, Karbonisieren und Aufschäumen

Die drei am häufigsten eingesetzten Markiermechanismen zum Beschriften mittels Laserstrahlung sind: Entfernen von Beschichtungen (Abtrag), Karbonisieren und Aufschäumen.

Beim **Abtrag** wird eine obere, anders als der Untergrund eingefärbte Schicht des Kunststoffteils abgetragen, eine helle Markierung bleibt zurück (Tag-Nacht-Effekt).

Das **Aufschäumen** erzeugt eine helle Markierung und wird häufig bei PE, PP, POM, PA, PMMA und TPE eingesetzt. Der Laserstrahl erhitzt das Material, es bilden sich Gasaschen und das Material beginnt

zu schäumen. Beim Abkühlen werden diese Gasaschen „eingefroren“, es bleibt eine geschäumte helle Markierung zurück.

Beim **Karbonisieren** findet eine gezielte Karbonisierung des Kunststoffs statt. Es bleibt eine dunkle Markierung zurück (Bild 4). Hierfür sind vor allem PC, PS, PET, ABS, und PBT geeignet.

Das Ergebnis einer Lasermarkierung hängt von der Art des eingesetzten Kunststoffs, der eingesetzten Additive und Farbmittel, von der Art des Lasers, der Laserleistung und Geschwindigkeit, der Fokussage und des Fokussdurchmessers sowie von der Strahlqualität ab.

Laserabsorber für das Beschriften

Zum Laserbeschriften eignen sich drei Arten von Laserabsorbieren:

Farbmittel werden in der Regel nicht primär zum Zweck der Absorption eingesetzt, können aber einen positiven Einfluss auf die Markierbarkeit haben. Grundsätzlich gilt, dass anorganische Farbmittel besser absorbieren als organische. Dies ist darauf zurückzuführen, dass anorganische Pigmente aufgrund der höheren Teilchengröße den Laserstrahl teilweise absorbieren, während die sehr feinteiligen organischen Pigmente den Laserstrahl oftmals nahezu ungehindert passieren lassen. Farbstoffe sind lasertransmissiv.

Auch **Füllstoffe** können einen positiven Einfluss auf die Markierbarkeit des Bauteils haben. Bis auf Glasfasern und Glaskugeln (abhängig von Geometrie und Ausrichtung) verbessern die gebräuchlichsten Füll- und Verstärkungsstoffe wie Calciumcarbonat, Talkum und Glimmer die Beschriftbarkeit. Dies gilt jedoch nicht generell, das Beschriftungsergebnis fällt von Fall zu Fall unterschiedlich aus.

Die gebräuchlichsten anorganischen Absorber zur Laserbeschriftung sind

Glimmer-Metalloxid-Verbindungen, bei denen ein Glimmer-Kern mit Metalloxiden beschichtet ist. Aber auch neue nanoskalige Aluminiumpräparationen finden ihren Einsatz als Laserabsorber.

Diese Aluminiumpräparationen können aufgrund ihres universellen Trägermaterials und des geringen Zusatzes in nahezu allen Kunststoffen eingesetzt werden und haben in der Regel keinen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften des Produkts.

Ausblick

Laserdurchstrahlschweißen und Lasermarkieren haben sich mittlerweile als Alternativen zu konventionellen Füge- bzw. Beschriftungsverfahren etabliert. Neue Entwicklungen sowohl im Bereich der Strahlquellen als auch im Bereich der Additive versprechen den Einsatz in immer neuen Anwendungsgebieten. ■

DER AUTOR

MARCO MEIXNER, geb. 1981, ist Anwendungstechniker bei Lifocolor Farben GmbH & Co.KG, Lichtenfels.

Kontakt: zentrale@lifocolor.de

SUMMARY KUNSTSTOFFE INTERNATIONAL

A New Generation of NIR Absorbers

LASER ADDITIVES. Laser transmission welding has not previously been suitable for transparent-transparent joints due to additive coloration. New active ingredients now make this possible. The range of additives available for laser marking applications has also been expanded.

NOTE: You can read the complete article in our magazine **Kunststoffe international** and on our website by entering the document number **PE104311** at **www.kunststoffe-international.com**