

Aktiver Laserschutz wird flexibel und kostengünstig

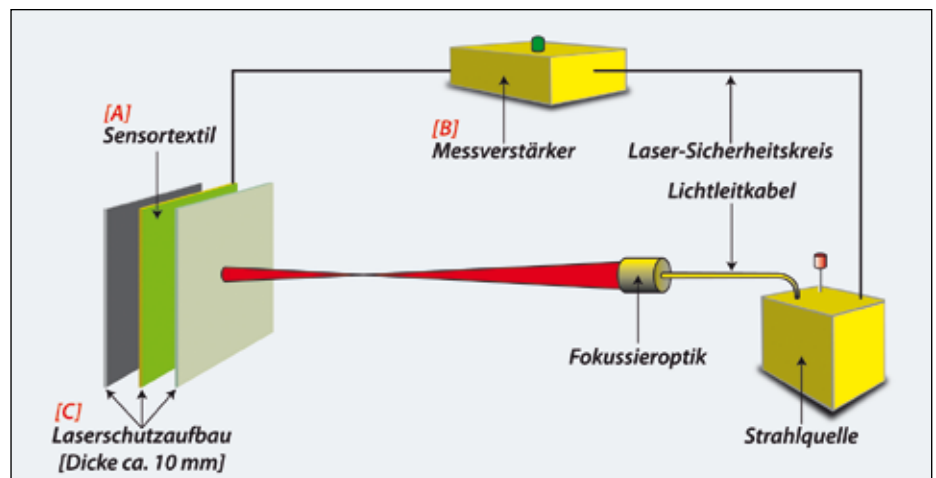
Der Laser als Werkzeug hat in der Produktion schon vor langer Zeit seinen Siegeszug angetreten. Grundlage für den Erfolg ist vor allem die Möglichkeit, eine ganz bestimmte Menge Energie extrem fokussiert und reproduzierbar zur Verfügung zu stellen. Seit der Jahrtausendwende haben Entwicklungen dazu geführt, dass Strahlquellen einerseits an Brillanz zugenommen haben, andererseits sind die Kosten pro Kilowatt Strahlleistung deutlich reduziert worden. Diese beiden Trends sind eine wesentliche Grundlage dafür, dass der Laser heutzutage aus modernen, kosteneffizienten Fertigungsprozessen kaum wegzudenken ist.

Die Flexibilität des Werkzeugs Laser kommt beispielsweise im Rohbau einer Automobilfertigung beim Laserlöten von Außenhautteilen zur Geltung. Laserlötköpfe werden an Robotern adaptiert, sodass unterschiedliche Nahtgeometrien ausschließlich durch die Programmierung der Bewegungstrajektorien des Roboters realisiert werden können. Derartige Lötprozesse verlaufen üblicherweise vollautomatisiert. Um die Umgebung vor zu hoher Belastung durch Laserstrahlung zu schützen, finden die automatisierten Laserbearbeitungsprozesse in gekapselten Anlagen statt.

Die Norm DIN EN 60825-4 regelt die Sicherheit von Lasereinrichtungen, insbesondere von Laserschutzwänden. Für den automatisierten Betrieb von Lasereinrichtungen muss die umgebende Laserschutzwand der Prüfkategorie T1 entsprechen. Im Falle einer Havarie wird dadurch sichergestellt, dass die Laserschutzwand der Laserbestrahlung 30.000 s (8,3 h) standhält. Dies wird allerdings durch die Brillanz moderner Laser überproportional kostenintensiv.

Kostengünstiges, aktives Lasersicherheitssystem für Hochleistungslaser

Aus dem eingangs geschilderten Trend, dass Laserstrahlquellen bezogen auf ihre Leistung günstiger geworden sind, und die Anforderung, die Laserschutzwand solle auch hochbrillanten Strahlquellen mehr als 8 Stunden Bestrahlungsexposition widerstehen können, entsteht ein Un-



▲ Abb. 1: Aufbau und Integration des aktiven Laserschutzsystems in den Sicherheitskreis des Lasers. (A) Aktives Sensortextil, (B) Messverstärker, (C) gesamter Laserschutzaufbau. [Dicke ca. 10 mm]

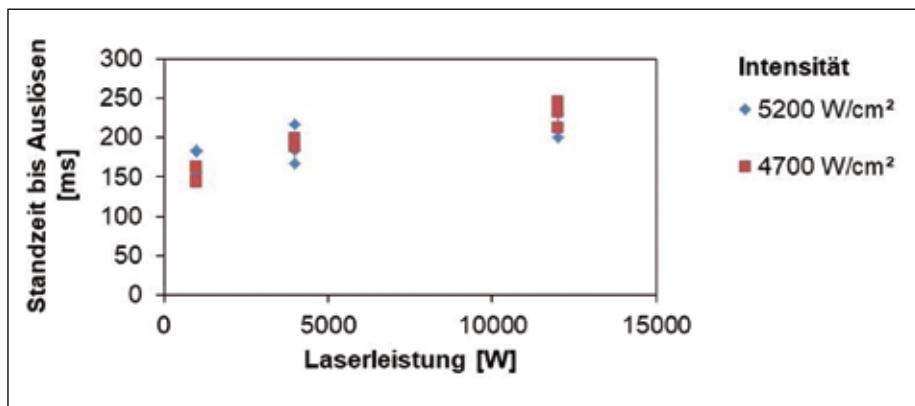
gleichgewicht zwischen den Anschaffungskosten für die eigentliche Laserbearbeitungsanlage (die den gewünschten Kernprozess realisiert, z. B. das Laserlöten) und den Kosten für die lasersichere Einhausung des Bearbeitungsprozesses. Besonders für automatisierte Anlagen mit Laserleistungen im Kilowatt-Bereich und hoher Strahlqualität kann die Anlagensicherheit nur durch aktive Sicherheitssysteme gewährleistet werden. Derartige Sicherheitssysteme können aktiv in den Laserbearbeitungsprozess eingreifen, indem sie beispielsweise im Falle einer Havarie den Laser automatisch abschalten.

Innerhalb eines mehrjährigen Forschungsprojektes mit internationalen Partnern ist es gelungen, ein kostengünstiges, aktives Lasersicherheitssystem zu entwickeln, sodass die Kosten für die Strahlquelle einerseits und

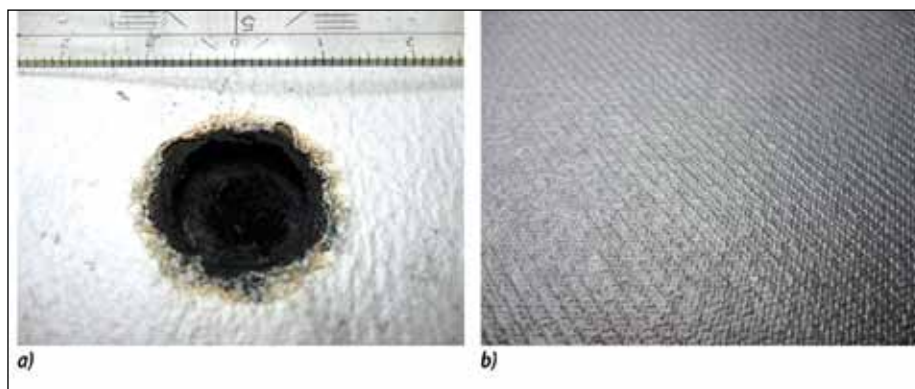
Kosten für die Lasersicherheit auf der anderen Seite in einem ökonomischen Verhältnis stehen. Das neu entwickelte System wurde nach der erfolgreichen Prüfung durch die BG ETEM (Berufsgenossenschaft Energie Textil Elektro Medienerzeugnisse) auf der Laser World of Photonics 2017 in München durch die Firma JUTEC GmbH als Bestandteil des Prosys-Forschungskonsortiums das erste Mal einem internationalen Publikum vorgestellt.

Einfache Funktionsweise

Das neu entwickelte, modulare aktive Laserschutzsystem besteht im Wesentlichen aus zwei Elementen: Einem aktiven Sensortextil (Abb. 1A) sowie einem Messverstärker (Abb. 1B). Der zweikanalige Messverstärker stellt das physikalische Bindeglied zwischen aktivem Sensortextil und Sicherheitskreis des Lasersystems



▲ Abb. 2: Zeitintervall bis zum Auslösen des aktiven Laserschutzsystems in Abhängigkeit der Laserleistung für zwei Intensitäten. Verwendete Strahlquelle TruDisk12002, Optik Trumpf BEO-D70.



▲ Abb. 3: Ausschnitt aus einem Muster des aktiven Laserschutzbaus nach einem Beschuss mit einer Laserleistung von 12 kW, cw, Strahldurchmesser $d_{86} = 17$ mm auf Oberfläche des Musters. a) Vorderseite. Durch Laserstrahl zerstörter Bereich eindeutig erkennbar. b) Rückseite, unversehrt.

Bestimmungsgemäßer Verwendungsbereich			
Trägheit des Lasersystems	Zulässige Intensität	Min. Strahldurchmesser d_{86}	Max. Strahldurchmesser d_{86}
50 ms	5,2 kW/cm²	5 mm	150 mm
100 ms	4,7 kW/cm²	5 mm	150 mm
Max. Laserleistung 12 kW, 900...1100 nm, cw			

▲ Bestimmungsgemäßer Verwendungsbereich (Auszug).

dar. Das aktive Sensortextil ist als eine Lage innerhalb eines mehrlagigen textilen passiven Laserschutzbaus (C) integriert (Abb. 1). Sobald die erste passive Schicht des mehrlagigen Aufbaus, der eine Dicke von lediglich 10 mm aufweist, durch den Laserstrahl zerstört wird und dieser auf das Sen-

sorntextil trifft, verändern sich die physikalischen Eigenschaften des Sensortextils. Diese Veränderung wird durch den Messverstärker detektiert. Er öffnet dann den Sicherheitskreis des Lasersystems, sodass die Emission von Laserstrahlung gestoppt wird. Das aktive Laserschutzsystem ist mo-

dular aufgebaut: Ein aktives Sensortextil kann eine Größe bis zu 3,5 m² aufweisen, die Geometrie der Fläche ist weitestgehend frei wählbar. Werden größere Flächen benötigt, so werden mehrere Module kaskadiert aneinandergereiht. Zur Charakterisierung des bestimmungsgemäßen Verwendungsbereichs wird das aktive Laserschutzsystem unterschiedlichen Belastungstests unterzogen. Sowohl Laserleistung als auch Strahldurchmesser des Lasers werden systematisch variiert.

Erwartungsgemäß bestätigt sich, dass die zeitliche Trägheit des Lasersystems einen deutlichen Einfluss auf die maximal zulässigen Bestrahlungsstärken hat. Der Grund dafür lässt sich anhand des Ablaufs eines Ausschaltvorgangs durch das aktive Laserschutztextil einfach erklären: Zunächst trifft der Laserstrahl auf die oberste Schutzschicht des mehrlagigen Textilaufbaus. Nach einer von der Intensität abhängigen Zeit ist diese Schutzschicht zerstört und der Laserstrahl trifft auf das Sensortextil. Der Messverstärker detektiert das Auftreffen des Laserstrahls auf das Sensortextil, sobald sich dessen physikalische Eigenschaften ändern. Diese Detektion der Eigenschaftsänderung dauert im Mittel $24,3 \pm 6,3$ ms. Der Sicherheitskreis des Lasersystems wird unmittelbar nach Ablauf dieser Zeit geöffnet. Die Emission der Laserstrahlung wird allerdings erst dann gestoppt, wenn initiiert von der Öffnung des Sicherheitskreises beispielsweise die Pumpdioden ausgeschaltet wurden oder ein Shutter in den Strahlengang eingekoppelt wird. Während dieser Zeit wird der passive Laserschutzaufbau nach wie vor mit der vollen Laserleistung beaufschlagt. Üblicherweise beträgt die zeitliche Trägheit von Lasersystemen zum Stoppen der Laseremission nach Öffnen des Sicherheitskreises weniger als 100 ms.

Bei den verwendeten Parametern lassen sich Abschaltzeiten im Bereich von 150 bis 300 ms feststellen, was die Leistungsfähigkeit des Systems unter

Beweis stellt (s. Abb. 2). Eine Erhöhung der zulässigen Intensität bzw. eine Verringerung des zulässigen Laserstrahldurchmessers kann erreicht werden, indem die passive Schutzschicht verstärkt wird. Damit ist es dann sogar möglich, das aktive Laserschutzsystem im Fokus zu betreiben.

Breites Spektrum an Einsatzmöglichkeiten

Aufgrund der Einfachheit der Integration in bestehende Sicherheitssysteme und der mechanischen Flexibilität des aktiven Laserschutzsystems ist eine Vielzahl an Anwendungen mög-

lich. Denkbar ist beispielweise die kostengünstige Nachrüstung bestehender, passiver Laserschutzkabinen mit dem aktiven Laserschutzsystem, sodass auch moderne Hochleistungslaser sicher betrieben werden können. Aber auch in passive, doppelwandige Kabinenwände kann das aktive Laserschutztextil entsprechend einfach integriert werden. Hierzu wird es in den Hohlraum eingeschoben und in den Interlock eingeschleift.

Dr. Heiko Brüning, Abteilungsleiter Laserschutz bei JUTEC GmbH lobt: »Die Entwicklung dieses tollen Produktes zeigt, wie nutzbringend und

anwendungsnah öffentlich geförderte Forschungsprojekte sein können, wenn die beteiligten Forschungsinstitute und Industriepartner das Entwicklungsziel klar vor Augen haben.«

■ INFO

Kontakt:
JUTEC Hitzeschutz und
Isoliertechnik GmbH
- Abteilung Laserschutz -
Mellumstr. 23-25
26125 Oldenburg
Tel.: 0441 300 99 0
E-Mail: heiko.brueining@jutec.com
www.jutec.com