

Großflächiger Laserschutz: Werkstoffe, Systeme und Trends

Mit der zunehmenden Wellenlängenvielfalt und stetig steigenden mittleren Ausgangsleistungen industrieller und wissenschaftlicher Laserquellen wachsen auch die Anforderungen an den Laserschutz kontinuierlich weiter. Dies betrifft sowohl persönliche Schutzkomponenten, wie Laserschutzbrillen oder -kleidung, aber auch die sichere Abschirmung der Umgebung eines Lasers höherer Leistung. Dazu spielt neben der obligatorischen Risikobeurteilung auch die genaue Kenntnis der Laserbelastungsgrenzen der verschiedenen Materialien eine wesentliche Rolle.

Aktive und passive Wandmaterialien mit hoher Schutzwirkung

Der sogenannte großflächige Laserschutz umfasst in dieser Betrachtung mobile Abschirmungen, wie Vorhänge oder flexible Wände, aber auch fest installierte Umhausungen für Klasse-1-Bearbeitungsmaschinen oder große Kabinen.

Um eine ausreichende passive Lasersicherheit gewährleisten zu können, muss die Eignung der Werkstoffe bzw. Wandmaterialien für diese Umhausungen und Abschirmungen stetig neu mit Bezug auf die steigenden Ausgangsleistungen speziell von Faserlasern hoher Strahlqualität bewertet werden. Dies bedingt ebenso kontinuierliche Tests neuer Werkstoffe auf

ihre Laserfestigkeit. Ein Beispiel für einen Hochleistungswerkstoff sind spezielle Platten aus Aluminium-Schaum. Hierbei sind die Technologie des Aufschäumens und damit die Morphologie des Al-Schaums von entscheidender Bedeutung für die Widerstandsfestigkeit gegenüber der Laserstrahlung. Bei Beschuss mit Hochleistungslasern werden so signifikant höhere Standzeiten (Zeit bis zur Transmission von Laserstrahlung oberhalb der entsprechenden Schutzgrenzbestrahlung) erzielt, als z. B. mit entsprechend dicken Platten aus Aluminium-Vollmaterial.

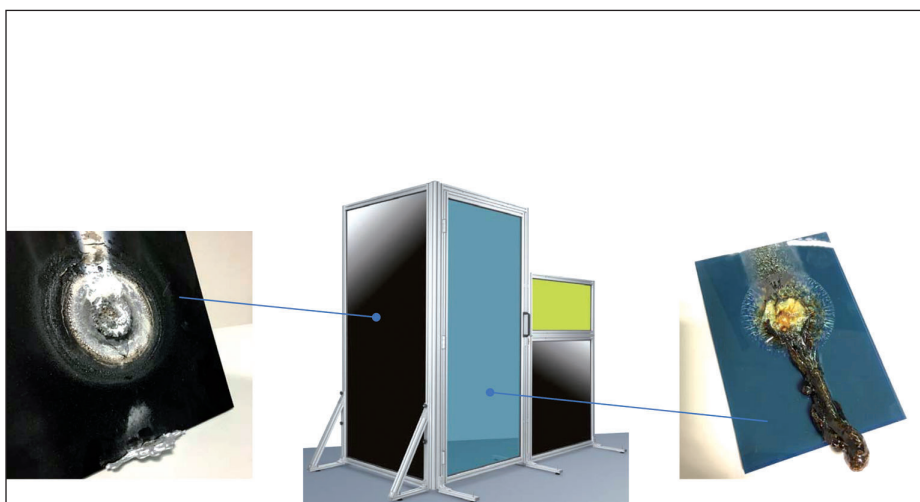
In Fällen, in denen mit passiven Wandmaterialien keine ausreichend langen Schutzzeiten zu gewährleisten sind

(z. B. stundenlanger, automatischer Anlagenbetrieb ohne Überwachung durch einen Anlagenbediener; T1 Einstufung in der Maschinenrichtlinie), müssen aktive Systeme eingesetzt werden. Hier kommen sehr häufig Wandkonfigurationen zum Einsatz, die einen lichtdichten Hohlraum aufweisen, der von einem Strahlungsdetektor überwacht wird. Im Falle eines versehentlichen Beschusses mit Laserstrahlung wird entweder Wärme, -Plasma oder die eindringende Laserstrahlung detektiert und in wenigen Millisekunden eine Sicherheitsabschaltung des Lasers ausgelöst. Andere Konzepte basieren auf einem mehrlagigen, flexiblen Material, das ebenfalls bei Durchdringen der obersten Lagen durch die Laserstrahlung eine sofortige Abschaltung des Lasers ausführt, bevor ein kompletter Durchschuss erfolgt.

In all diesen großflächigen Abschirmeinrichtungen können Fenster zur regelmäßigen Prozessüberwachung eingebracht sein. Diese Fenster müssen dabei natürlich mindestens das gleiche Sicherheitslevel erfüllen wie die nicht-transparenten Wandelemente. Den Entwicklungsaktivitäten der letzten Jahre in Richtung höherer Schutzstufen ist es zu verdanken, dass Fenster aus Kunststoffwerkstoffen wie Polycarbonat (PC) und Polymethylmethacrylat (PMMA) als Alternative zu laminiertem oder gehärtetem Mineralglas zunehmend an Bedeutung gewinnen.

Kunststofffenster sind in deutlich größeren Scheibengrößen (z. B. bis $2000 \times 3000 \text{ mm}^2$) verfügbar und weisen flächenbezogen bessere Preis- und Gewichtsverhältnisse auf als Glasfenster.

Laser-Beschusstests (nach DIN EN 60825-4) an Kunststofffenstern der



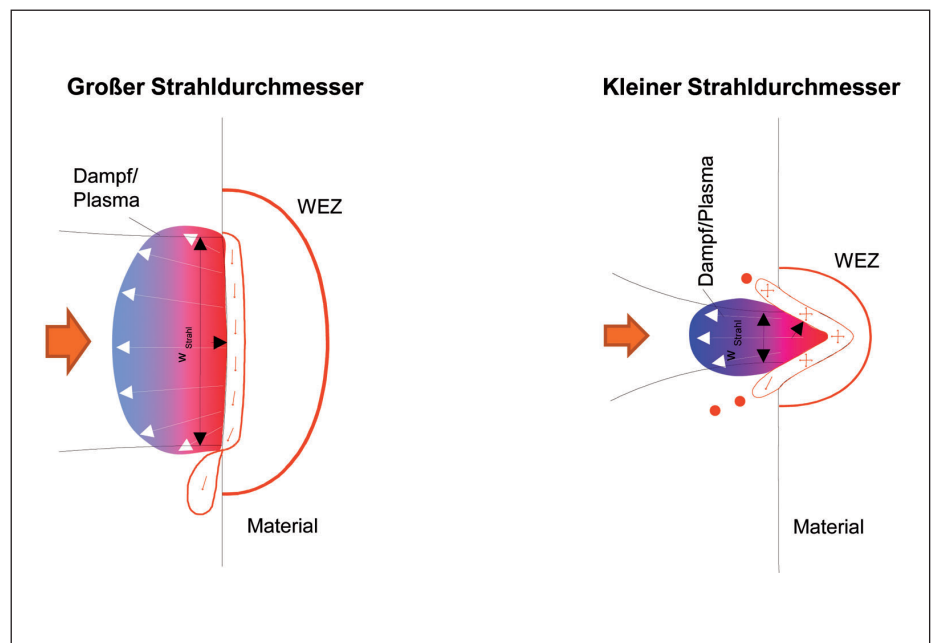
▲ Beschussergebnisse an transparenten (rechts) und nicht-transparenten Wandelementen eines modularen Stellwandsystems.

Dicke 3 bzw. 6 mm ergaben leistungsabhängige Standzeiten von über 10 (T3-Einstufung) bzw. über 100 Sekunden (T2-Klassifizierung). Auch Laserschutzfenster können aktiv ausgelegt werden, indem zum Beispiel zwischen zwei, die Wellenlänge des verwendeten Lasers absorbierende Kunststofffenster eine hochtransparente Kunststoffscheibe eingeklebt wird. Bei Beschuss der ersten absorbierenden Scheibe wird gestreutes Plasma oder Laserlicht innerhalb der transparenten Schicht durch Multirefektion auf einen optischen Detektor geleitet, der wiederum eine schnelle Sicherheitsabschaltung des Lasers bewirkt.

Der Einfluss der Strahlparameter

Zertifizierte Beschussergebnisse geben die erreichte Standzeit bei einer bestimmten Wellenlänge, Spotgröße und eingestellter Leistungsdichte für ein festgelegtes Material einer spezifizierten Dicke an. Die Übertragung bzw. Extrapolation auf andere optische Konfigurationen eines Lasersystems ist allerdings oft sehr schwierig. Hierbei muss einkalkuliert werden, dass der Spotdurchmesser einen sehr großen Einfluss auf die erreichbaren Standzeiten des laserexponierten Materials hat.

Im Gegensatz zur Erwartung der meisten Laseranwender, kann die Schutzwirkung bei Belichtung mit großen Spotdurchmessern deutlich geringer ausfallen als bei kleineren. Hintergrund ist die erhöhte Tiefenwirkung bzw. Wärmeinflusszone bei größeren Verhältnissen von Strahldurchmesser zu aufgeschmolzener Schichtdicke. Bei kleineren Spotgrößen und hinreichend dickem Material ergeben sich größere Abschirmungseffekte an entstehendem Dampf oder abgetragenen Partikeln sowie ein starkes Absinken der Leistungsdichte am Boden der typischerweise entstehenden V-förmigen Geometrie. Durch die vertikale Einbaulage von Laserschutzwänden und -fenstern erzeugt die Schwerkraft einen zusätzlichen Gra-



▲ Einfluss der Spotgröße auf die Strahl-Stoff-Wechselwirkung.

dienten, der, bevorzugt bei großen Strahldurchmessern, die Schmelze aus der Wechselwirkungszone herauslaufen lässt. Experimente an Kunststoffen haben gezeigt, dass bei gleicher Leistungsdichte ein größerer Spot um bis zu hundertfach reduzierte Standzeiten gegenüber kleinen Spotgrößen bewirkt.

Der Trend zu immer höheren verfügbaren Laserleistungen bedingt die stetige Weiterentwicklung großflächiger Laserschutzkomponenten, wobei dem passiven Schutz auch bei Hochleistungswerkstoffen natürliche Grenzen gesetzt sind.

Im Bereich des großflächigen Laserschutzes und der Laserschutzkabinen ergibt sich dadurch sehr schnell eine komplexe Situation, die oft nur von entsprechenden Sachverständigen richtig beurteilt, eingeschätzt und freigegeben werden kann. Durch frühzeitige Einschaltung eines öffentlich bestellten und vereidigten Sachverständigen erhält der Anwender ein Gutachten bzw. eine Abnahme der Anlage, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit auch im Streitfall als Entscheidungsgrundlage akzeptiert wird.

Weiterhin ist zu erwarten, dass aktive Schutzsysteme zunehmend an Bedeu-

tung gewinnen werden. Viele Einflussfaktoren, unter anderem die Laser-spotgröße aber auch das Strahlprofil, Laserleistung, Wellenlänge oder die Pulsdauer, beeinflussen die Standzeit eines passiven transparenten oder nicht-transparenten Laserschutzmaterials, daher müssen dem Anwender nützliche Tools an die Hand gegeben werden, um eine sichere Abschätzung und Auswahl der richtigen Laserschutzprodukte zu ermöglichen, die sowohl die Konformitätsanforderungen erfüllen, als auch die spätere Abnahme durch einen Sachverständigen ermöglichen und damit die Sicherheit der Anwender und Bediener zuverlässig gewährleisten.

■ INFO

Autor:
Dr. Roland Mayerhofer:
E-Mail: r.mayerhofer@lvlg.com

Kontakt:
Gabriela Thunig
LASERVISION GmbH & Co. KG
Siemensstr. 6
90766 Fürth
Tel.: 0911 97 36-8188
Fax: 0911 97 36-8199
E-Mail: g.thunig@lvlg.com
www.uvex-laservision.de