STUTTGART LASER TECHNOLOGIES



**Im Fokus** 

## Pressspan als Laserschutz: Dank Pyrolyse resistent gegen Laserstrahlung

Moderne Laserapplikationen, wie langbrennweitige Remote-Anwendungen oder das Laserstrahlschweißen schwer schweißbarer Kupfer-Werkstoffe, erfordern zunehmend den Einsatz hoch brillanter Strahlquellen. Die positiven Eigenschaften dieser Strahlquellen ermöglichen die prozessseitige Nutzung der hohen Laserstrahlintensitäten bei geringer Divergenz des Bearbeitungsstrahles. Gleichzeitig stellt diese geringe Divergenz des frei propagierenden Laserstrahles ein massiv erhöhtes Gefährdungspotenzial dar, da bei Bestrahlung einer Laserschutzwand hohe Intensitäten zu erwarten

sind. Die DIN EN 60825-4 [1] bietet Richtwerte der benötigten Widerstandszeiten, die – abhängig von der jeweiligen An-

lagennutzung – zu gewährleisten sind. Die geeignete Wahl des Materials zur Abschirmung von Laserstrahlung ist somit ein wichtiger sicherheitstechnischer Apekt, den Pressspan aufgrund seiner positiven Eigenschaften hervorragend erfüllt. Die Ermittlung der Widerstandszeiten Strahlengang unterschiedlicher Materialien war Ge-Fokussieroptik Absaugung Auftreffender Laserstrahl genstand experimenteller Untersuchungen mit systematischer Variation des Brennfleckdurchmessers. Neben den gebräuchlichen Laserschutzmaterialien Stahl und Aluminium wurden für die

ckenmaßen ausgewählt und hinsichtlich ihrer Eignung zur Abschirmung von Laserstrahlung beurteilt [2]. Für die Versuche kamen sowohl ein Yb:YAG-Festkörperlaser mit 5 kW Laserleistung bei 1 μm Wellenlänge, als auch ein CO<sub>2</sub>-Laser mit 10 µm Laserwellenlänge und 3,8 kW Ausgangsleistung zum Einsatz.

Bestrahlungstests Gipskartonplatten, Porenbeton, Pressspan sowie weitere Holzwerkstoffe mit werkstofftypischen Di-

Abbildung 1 zeigt den Versuchsaufbau für die Experimente mit 1 µm Laserwellenlänge. Der Prüfkörper wird in vertikaler Einbaulage durch eine Remote-Optik mit Laserstrahlung beaufschlagt.

Die Aufnahmen in Abbildung 2 (oben) zeigen deutlich abweichendes Verhalten

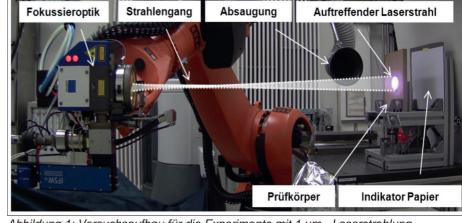


Abbildung 1: Versuchsaufbau für die Experimente mit 1 µm - Laserstrahlung.

der getesteten Materialien bei Laserbestrahlung mit den genannten Lasertypen, was wiederum zu stark unterschiedlichen Schadensbildern (siehe Abbildung 2 unten) führt. Bei Bestrahlung der gängigen Laserschutzmaterialien Stahl und Aluminium wird der Werkstoff zunächst erhitzt, anschließend geschmolzen und bei höheren Intensitäten verdampft. Wird

Gipskarton mit 5 kW Laserleistung eines TruDisk 5001 und einem Brennfleckdurchmesser von 30 mm, d.h. mit einer Strahlintensität von 7 MW/m<sup>2</sup> bestrahlt, so zeigt sich ein – durch das Verdampfen des chemisch gebundenen Wassers begünstigtes – Austreiben der entstandenen Schmelze. Dieser Effekt erzeugt einen tiefen Krater, der wiederrum den schnellen Schädigungsfortschritt fördert. Bei der Beobachtung von Porenbeton unter

Laserbestrahlung konnte hingegen kein solcher Austrieb festgestellt werden. Die sehr helle Wechselwirkungszone deutet auf hohe vorherrschende Temperaturen hin, die beim Schmelzen des quarzsandhaltigen Porenbetons entstehen. Die getestete Pressspanplatte verbrennt bei dieser Intensität zunächst unter starker Rauchentwicklung, welche den auftreffenden Laserstahl signalisiert.

Die unter CO2-Laserbestrahlung ermittelten Widerstandszeiten der verschiedenen Werkstoffe sind in Abbildung 3 zusammengefasst. Die kostengünstige beschichtete Pressspanplatte lieferte die beste Laserresistenz, trotz ihrer geringen



Abbildung 2: Verhalten der Prüfkörper unter Laserbestrahlung (oben) sowie die entstandenen Schädigungen nach der Bestrahlung (unten).

STUTTGART LASER TECHNOLOGIES



Stärke von 16 mm kann sie dem Laser-90 strahl deutlich länger widerstehen als der Aluminiumblech 2 mm 85 Porenbeton mit einer Stärke von 50 mm. 80 Stahlblech 2 mm 75 Strahldurchmesser Die ausgebildete Holzkohleschicht wirkt ■ Fichten-Leimholz 18 mm 70 dabei stark hemmend auf den weiteren ⊒. ■ Gipskartonplatte 12,5 mm 65 Widerstandszeit 60 Brand- und Schädigungsfortschritt, was ■ Gipsfaserplatte 10 mm 55 in der geringen Wärmeleitfähigkeit und ■ Porenbeton Planplatte 50 mm 50 sehr hohen Sublimationstemperatur und 45 ■ Mitteldichte Holzfaserplatte 16 mm 40 -enthalpie der Holzkohleschicht begrün-■ Buchen-Leimholz 18 mm 35 30 det liegt. Die Gipsfaserplatte schneidet ■ Pressspan Unbeschichtet 16 mm aufgrund ihrer verwobenen Faserstruktur 25 Pressspan Beschichtet 16 mm 20 deutlich besser ab als die zu Austrieb und ■ Grobspanplatte 17 mm 15 Kraterbildung neigende Gipskartonplatte. Dieses Verhalten wird durch die Videoaufnahmen bei Laserbestrahlung in Holzwerkstoffe Abbildung 2 bestätigt. Wenig geeignet Abbildung 4: Experimentell ermittelte Widerstandszeiten gegenüber 1 µm - Laserbe-

strahlung mit 5 kW Laserleistung.

zur Abschirmung von Laserstrahlung zeigen sich die mit Graphit beschichteten Aluminium- und Stahlbleche.

Die Schadensbilder aus Abbildung 2 liefern Indizien zur Erklärung der stark unterschiedlichen Widerstandszeiten. Die vertikale Probenausrichtung bewirkt,

dass sich durch die Gravitation ein nach

unten gerichteter Schmelzfluss einstellt.

Aufgrund der absinkenden Schmelze, sowohl für Stahl-, Aluminiumblech, Gipskarton als auch Porenbeton, bildet sich ein Durchgangsloch im oberen Bestrahlungsbereich. Somit wirken sich besonders negativ in Bezug auf die Lasersicherheit das Vorhandensein einer Schmelzphase sowie niedrige Verdamp-

Holz, insbesondere Pressspan, zeigt sich ausgesprochen resistent gegenüber Laserbestrahlung, da sich mit fortschreitender Bestrahlungsdauer durch Pyrolyse eine ausgeprägte Holzkohleschicht aus-

fungstemperaturen aus.

phase und die gebildete Holzkohleschicht bleibt auch unter Bestrahlung formstabil. Zudem besteht Holzkohle vorwiegend aus Kohlenstoff, welcher eine extrem hohe Sublimationstemperatur von 3620 °C aufweist. Nachdem sich Pressspan aufgrund dieser positiven Eigenschaften bewährt hat, wurden in einer weiterführenden Versuchsreihe verschiedene Holzwerkstoffe

getestet. Es zeigt sich dass die Dichte des

Holzwerkstoffes wesentlich die Resis-

tenz beeinflusst, so erreicht das leichte

Fichten-Leimholz – 450 kg/m<sup>3</sup> – nur ein

Fünftel der Widerstandszeit des härteren

und dichteren Buchen-Leimholzes

 $760 \text{ kg/m}^3$ . In der Gesamtheit der getesteten Materialien erweisen sich die Holzwerkstoffe aufgrund der genannten Eigenschaften als überlegener Werkstoff zur Abschirmung von Laserstrahlung. Unter Be-

bildet [3]. Holz besitzt keine Schmelz-160 60 mm 150 Strahldurchmesser 140 Aluminiumblech 2 mm S 130 45 mm .⊑ 120 Stahlblech 2 mm Strahldurchmesser Widerstandszeit 110 ■ Gipskartonplatte 12,5 mm 100 90 ■ Gipsfaserplatte 10 mm 80 70 ■ Porenbeton Planplatte 50 mm 60 50 # Pressspan Beschichtet 16 mm Strahldurchmesser 40 30 20

Abbildung 3: Experimentell ermittelte Widerstandszeiten gegenüber 10 µm - Laserbestrahlung mit 3,8 kW Laserleistung.

durch Licht und Rauch, sowie dem beobachteten Effekt der Flammhemmung nach der Bestrahlung bietet Pressspan großes Potential bei der Gewährleistung der Sicherheit von Laseranlagen. Selbstverständlich erscheint hinsichtlich einer Nutzung der neuesten Fundamentalmode-Lasergeneration der Einsatz doppelwandiger Systeme weiterhin sinnvoll,

da sie neben einer erhöhten passiven La-

serresistenz die Integration einer aktiven

Überwachung ermöglichen.

rücksichtigung weiterer sicherheitstech-

nischer Aspekte, wie beispielsweise der

deutlichen Signalisierung des Fehlerfalls

[1] DIN EN 60825-4: Sicherheit von Lasereinrichtungen - Teil 4: Laserschutzwände, 2009 [2] Stritt, P.: Laser Safety Barriers,

Stuttgarter Lasertage 2012 [3] EADS Deutschland GmbH: Gebrauchsmusterschrift DE 20 2008 007

197.6: Einsatz von Holz als Laserschutz. 2008

## Autor: Dipl.-Ing. Peter Stritt Institut für Strahlwerkzeuge (IFSW) Graduate School of Excellence advanced Manufacturing Engineering (GSaME) Universität Stuttgart Pfaffenwaldring 43 70569 Stuttgart Tel.: +49 (0)711 685 69740 E-Mail: peter.stritt@ifsw.uni-stuttgart.de

## Kontakt / Redaktion: Dipl.-Phys. Jan-Philipp Negel

Tel.: +49 (0)711 685 69721 Fax: +49 (0)711 685 59721

E-Mail: jan-philipp.negel@ifsw.uni-stuttgart.de