Anwendungsbericht

Faserlaser zur Bearbeitung hochreflektierender Materialien

Neuartige Industriefaserlaser ermöglichen durch ihren Rückreflexionsschutz eine stabile Bearbeitung hochreflektierender Materialien wie z.B. Kupfer, Messing, Aluminium, Silber oder Gold.

Lynn Sheehan, Dahv Kliner, Jake Bell nLIGHT Corporation Christian Schröter Optoprim Germany

In den letzten Jahren ist die Laserbearbeitung hochreflektierender Materialien in der modernen Fertigung immer wichtiger geworden. Viele Lasertechnologien oder auch Architekturen im Bereich der Faserlaser leiden jedoch unter der inhärenten Empfindlichkeit gegenüber rückreflektiertem Licht, was zu Prozessinstabilität, störenden Abschaltungen oder sogar zu katastrophalem Versagen des Lasers führen kann. Eine neue Generation Faserlaser adressiert diese Einschränkungen mit leistungsstarken Komponenten und einer neuartigen Architektur, die eine ununterbrochene Verarbeitung hochreflektierender Materialien garantiert (Bild 1).

Rückreflexionsisolation -Rückreflexionsschutz

Bei hochreflektierenden Materialien beträgt die zurückreflektierte Leistung üblicherweise nur einen Bruchteil der Laserleistung. Dies liegt unter anderem an



Bild 1: nLIGHT alta Industriefaserlaser - von links nach rechts, Rackeinheit von 500 W bis 1,2 kW, Rack- oder Standgerät von 1,5 bis 2,5 kW, Stand-Alone-Chassis von 2 bis 4 kW oder 6 bis 8 kW

Oberflächenunregelmäßigkeiten Werkstücks, einer Positionierung außerhalb des Fokus, unpräziser Ausrichtung und der begrenzten numerischen Apertur der Optik. Ferner hat die Rückreflexion in vielen Fällen eine kurze Dauer (z. B. während des Durchstechens/Piercings). Dennoch führt das Design einiger Faserlaser zu einer hohen Empfindlichkeit gegenüber Rückreflexionen und somit zu Instabilität oder sogar Beschädigungen. Einige Faserlaser verwenden einen Software-Schutz, der den Laser im Falle einer Rückreflexion deaktiviert. Dieser Ansatz kann den Laser zwar schützen, aber schließt gleichzeitig eine erfolgreiche kontinuierli-

che Materialverarbeitung aus. Diese Rückreflexionsempfindlichkeit erschwert bzw. verhindert die Verarbeitung von reflektierenden Materialien oder Oberflächenveredelungen vollständig.

Das zurückreflektierte Licht kann verschiedene Arten von Schäden hervorrufen. Zum Beispiel kann die Leistung in Polymeren absorbiert werden, die dadurch verbrennen. Die nLIGHT alta Faserlaser (Bild 1) beinhalten einen robusten, integrierten Rückreflexionsisolator. Dieser Isolator leitet das zurückreflektierte Licht, welches in die Prozessfaser eingekoppelt wird zu einem wassergekühlten Beam-Dump, wo es ohne jegliche Wechselwirkung mit Polymeren in Wärme umgewandelt wird und der primäre Schädigungsmechanismus eliminiert wird. Der polymerfreie Isolator ist so konstruiert, dass er kontinuierlich 1000 Watt ohne Probleme ableiten kann. Das Design wurde einem Langzeitstresstest unterzogen, in dem die Robustheit bestätigt wurde. Dazu wurde die volle Leistung eines solchen 1 kW Faserlasers mit einem Spiegel nahezu 100% zurückreflektiert. Trotz dieser extremen Rückreflexion blieb der Laser ohne Instabilität, Beschädigung oder Abschaltung für > 100 Stunden in Betrieb (Bild 2a). Es ist den Autoren kein anderer Laser bekannt, der mit diesem Rückreflexionsniveau

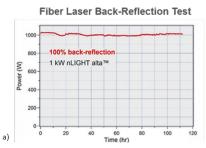




Bild 2: (a) Ein kontinuierlicher Laserstabilitätstest mit > 1000 W reflektierter Leistung zurück in den Laser für > 110 Std. ohne Anzeichen eines instabilen Betriebs oder einer Beschädigung. (b) Kundenprüfung von Kupferpiercing mit einem 3 kW nLIGHT alta Faserlaser. Der Laser führte 5000 Piersces in rascher Folge ohne Prozessunterbrechungen oder fehlgeschlagenen Durchstechung durch.



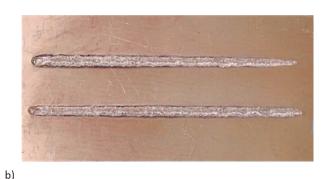


Bild 3: Beispiele von Rückreflexionsunempfindlichkeit und Stabilität von nLIGHT alta Faserlaser. (a) Kupferschnittproben (b) Tiefschweißen von Kupfer

nicht beschädigt wird und eine solche stabile Performance aufzeigt.

Die Leistung des Isolationssystems wurde in sich wiederholenden Piercing-Tests ausgewertet (Piercing ist der Teil des Schneidprozesses, der das höchste Rückreflexionsniveau erzeugt). Hierbei erfolgten 5000 aufeinanderfolgende Piercings in Kupfer ohne Unterbrechungen oder fehlgeschlagener Durchstechung (Bild 2b). Zahlreiche andere Tests im Feld unter realen Bedingungen haben die Wirksamkeit des Rückreflexions-Isolationssystems unter Beweis gestellt. Damit ermöglichen diese Faserlaser eine stabile, sowie ununterbrochene Verarbeitung hochreflektierender Materialien (Bild 3).

Schneidergebnisse hochreflektierender Materialien

Blechschneiden ist einer der größten Einsatzgebiete für kW-Faserlaser z.B. in der Automobil-, Luft- und Raumfahrt- und Elektronikindustrie. Die Herstellung von Leichtbauteilen und Lithium-Ionen-Batteriezellen, beinhalten den Einsatz hoch-

reflektierender Materialien wie Aluminium, Messing, Kupfer, Edelstahl (inkl. hochglanzpoliertem Edelstahl), Silber und Gold. Beim Laserblechschneiden entstehen typischerweise Rückreflexionen in kurzen Spitzen beim Durchstechen (~ 1 ms) oder bei Prozessauslenkungen. Ursachen sind z. B. Verlust des Schnittes oder Arbeiten außerhalb des Fokus. Unter Verwendung der integrierten Rückreflexionssensoren der neuartigen Faserlaser kann die Menge an rückreflektiertem Licht bei verschiedenen Metalltypen sichtbar gemacht werden (Bild 4).

Die Verwendung herkömmlicher und bis jetzt in der Brachen bekannten Faserlasern für diese Anwendungen, wurde durch deren Rückreflexionsempfindlichkeit begrenzt. Im Gegensatz konnten mit den neuen Faserlasern erfolgreich reflektierende Materialien, einschließlich Aluminium, Kupfer, Messing, Gold, Silber und Hochglanzmetalle ohne Instabilität des Lasers, Beschädigung oder Prozessunterbrechungen geschnitten werden. Ein Beispiel für die Schnittgeschwindigkeit für reines (101) Kupfer ist in Bild 5 darge-

stellt. Eine stabile Verarbeitung konnte bis zu 12 mm Dicke nachgewiesen werden. **Bild 6** zeigt repräsentative Schneidproben anderer relevanter Materialien.

Schweißergebnisse hochreflektierender Materialien

Das Schweißen erzeugt mehr anhaltende Rückreflexionen als das Schneiden, da der Laserstrahl nicht vollständig durch das Werkstück hindurchdringt. Auch zum Schweißen wurden die neuen Faserlaser bereits für eine Fülle hochreflektierender Grundwerkstoffe, aber auch für Legierungen auf Aluminium- oder Kupferbasis wie zum Beispiel Messing verwendet. Dabei traten weder Laserinstabilität noch Beschädigungen auf, auch nicht während des Schweißens bei senkrechten Einfall des Laserstrahls auf das Material. Bild 3b und Bild 7 zeigen Beispiele für Kupferschweißungen, eine besonders anspruchsvolle Anwendung.

Ein weiteres, wichtiges Verfahren ist das Rühr-Schweißen von reinem Kupfer mit Hilfe von einem Galvanometer-

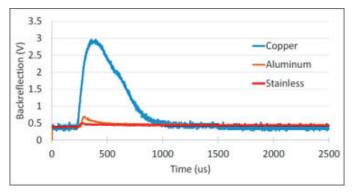


Bild 4: Beispiel für das vom Laserlicht reflektierte Signal vom Werkstück beim Durchstechen von Edelstahl, Aluminium und Kupferblech, wie es mit Sensoren des nLIGHT alta Faserlaser aufgezeichnet wird

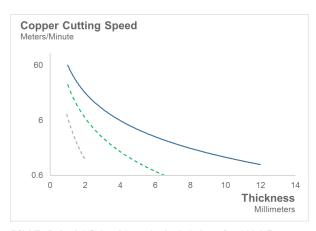


Bild 5: Beispiel Schneidgeschwindigkeiten für 1 kW, 3 kW und 6 kW nLIGHT alta Laser auf reinen Kupferproben

Scanner. Verglichen wurde in einem Anwendungsbeispiel mit einem Singel-Mode-1-kW-Faserlaser zwischen der Bearbeitung des Kupfers ohne Ablenksystem und nur linearer Bewegung und dem Rühr-Schweißverfahren mit Galvo bei gleichem Vorschub (50 mm/s). Im ersten beschriebenen Fall mit dem einfachen Strahlführungssystem zeigte die Oberfläche der Schweißnaht einige Poren, Ausreißer und Spritzer auf. Im Vergleich dazu, konnte durch das Rotieren des Laserstrahls in einem Spiralmuster (Bild 8 links) eine weitaus stabilere und qualitativ hochwertigere Schweißung als bei der Applikation ohne die Scanner-Technologie erreicht werden. Dies zeigt sich vor allem durch die durchgängige und gleichmäßige Schweißnaht, sowie die sehr homogene Materialveränderung im Querschnitt (Bild 8 rechts).

Fazit

In der Lasermaterialbearbeitung lassen sich auch hochreflektierende Materialien und Oberflächen mit neuartigen Faserlasern bearbeiten. Das ausfallfreie stabile Arbeiten beim Durchstechen, Schneiden und Schweißen ohne Prozessunterbrechungen eröffnet neue Möglichkeiten in anspruchsvollen Fertigungsprozessen der Automobil-, Luft- und Raumfahrt-, Elektronik- und Konsumgüterbrache.

Eine vielseitig einsetzbare Faser-Laser-Plattform der nächsten Generation für die Werkstoffverarbeitung, Dahv A.V. KLINER - 84. Laser Material Processing Conference, 19. - 20. Januar 2016

Kontakt

Christian Schröter Optoprim Germany GmbH Max-Planck-Str. 3 85716 Unterschleißheim Tel +49 (0)16096216120 Fax: +49 (0)89-80076326 cschroeter@optoprim.de www.optoprim.de

Lynn Sheehan nLIGHT Corporation 5408 NE 88th St. Blg E Vancouver, WA 98665 Tel: +1 360-690-5327 lynn.sheehan@nlight.

www.nlight.net







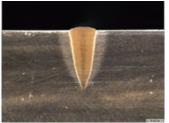






Bild 6: Schneidproben (a) Aluminium, (b) Silber, (c) Messing und (d) hochglanzpolierter Edelstahl





3kW 94.8% Cu, 5% Sn, <0.2% P





3kw 99.99% Cu

Bild 7: Schweißproben; Im Uhrzeigersinn von oben links, Beispiel für Bronze (C51900) Schweißnaht und deren Querschnitt, Beispiel für reine C10100 Kupfer Schweißnaht und deren Querschnitt





Bild 8: Rührschweißen von reinem Kupfer mit einem Single-Mode 1 kW Faserlaser bei 50 mm/s und Galvometer-Scanner - Abbildung der Schweißnaht und des Querschnitts demonstrieren Prozessstabilität, mangelnde Porosität und gleichbleibende Schweißform