

Forschungsergebnisse

Optische Technologien

der Baden-Württemberg Stiftung gGmbH

Einfluss zylindrischer Polarisationsformen bei der Lasermaterialbearbeitung

Im Rahmen eines durch die Baden-Württemberg Stiftung finanzierten Projekts wurde der Einfluss radialer und azimuthaler Polarisation auf das Schneiden und Schweißen mit CO₂-Lasern und fasergeführten Festkörperlaser untersucht.

Das Schneiden mittels Laserstrahlen gehört zu den ersten und heute immer noch am weitesten verbreiteten Verfahren der Lasermaterialbearbeitung und gilt als gut beherrscht und weit entwickelt. Effizienz und Schnittqualität hängen u.a. von der Polarisation der Laserstrahlen ab. Um auf einfache Weise eine von der Vorschubrichtung unabhängige Schnittqualität zu erhalten, werden industriell fast ausschließlich zirkular polarisierte CO₂-Laserstrahlen eingesetzt. Physikalisch optimal wäre es jedoch, die Strahlen parallel zur Schnittfuge zu polarisieren (p-Polarisation).

Ziel des Projekts war es deshalb, den Einfluss zylindrischer Polarisationsformen (Abb. 1) auf das Laserstrahlschweißen und -schneiden zu untersuchen. Insbesondere sollte untersucht werden, in wie weit sich die durch Simulationen vorhergesagte Effizienzsteigerung durch einen verbesserten Einkoppelgrad der radialen Polarisation für eine höhere Schnittgeschwindigkeit nutzen lässt. Neben dem Laserstrahlschneiden mit CO₂-Lasern wurden auch erste Untersuchungen des Einflusses zylindrischer Polarisierungen auf das Schweißen mit fasergeführten Festkörperlaser durchgeführt.

Für die Versuche wurde dem Institut von der TRUMPF Gruppe ein CO₂-Laser zur Verfügung gestellt, der im Laufe des Projekts mehrmals von zirkularer auf radiale Polarisation umgebaut wurde. Die radiale Polarisation wurde dabei durch einen am IFSW in einem früheren Projekt der Baden-Württemberg Stiftung entwickelten polarisierenden Gitterspiegel erzeugt. Dadurch konnten alle Schneidversuche auf einer Laserbearbeitungsanlage durchgeführt werden. Für die Versuche mit einem Festkörperlaser (Wellenlänge 1030 nm) wurde eine externe Strahlkonversionsoptik entwickelt, um den Laser nach der Transportfaser radial oder azimuthal zu polarisieren.

Untersucht wurde einerseits die maximale Geschwindigkeit, bei der das Bauteil noch getrennt wurde, andererseits die Bandbreite, innerhalb der bei dieser Trennung von einem Qualitätschnitt gesprochen werden kann. Dabei zeigte sich, dass sich mit der radialen Polarisation bei den untersuchten Materialien (Aluminium und Edelstahl) vor allem im Blechdickenbereich unter 8 mm eine signifikante Erhöhung der Schnittgeschwindigkeit von 10-20% erreichen lässt (Abb. 2 und 3).

An den Schnittkanten ließen sich die Unterschiede im Schmelzefluss zwischen der radialen und zirkularen Polarisation deutlich erkennen (Abb. 4). Die radiale Polarisation zeigt bis zu einer Schnittgeschwindigkeit von 7 m/min eine optisch glatte vertikale Riefenbildung die auf einen un-

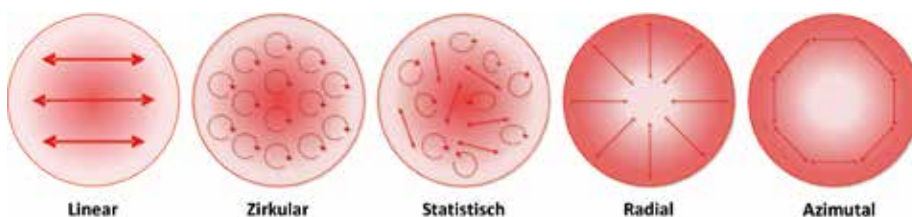


Abb. 1: Unterschiedliche Polarisationsformen

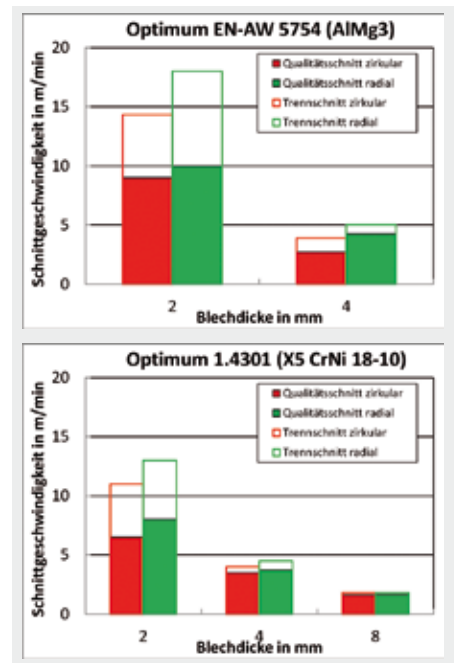


Abb. 2: Erreichbare Schnittgeschwindigkeiten in Aluminium (oben) und Edelstahl (unten) für optimierte Parameter

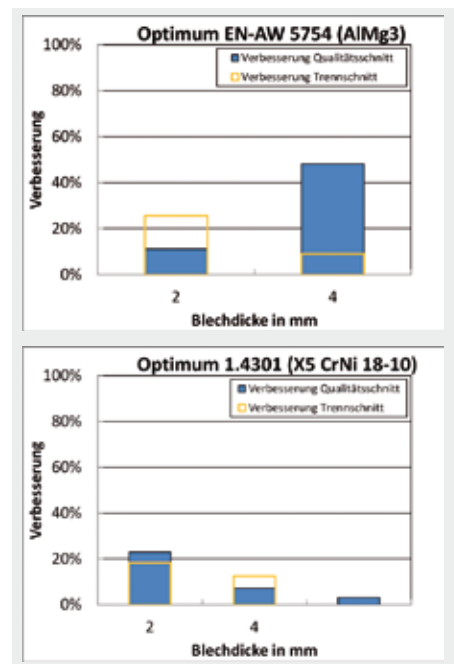


Abb. 3: Erreichte Verbesserung durch radiale Polarisation bei Aluminium (oben) und Edelstahl (unten) bei für beide Polarisationen optimierten Parametern

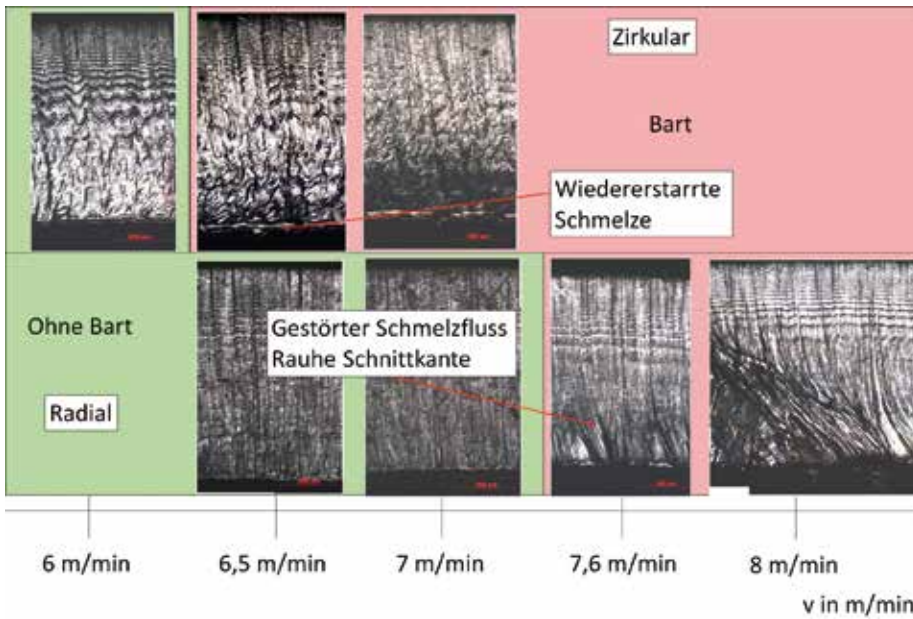


Abb. 4: Schnittkanten für verschiedene Schnittgeschwindigkeiten und Polarisationen bei 2 mm Edelstahl

gestörten Schmelzaustrieb an der Schnittfront hindeutet, mit kaum lateralen Anteilen im Schmelzfluss. Dieselbe Struktur zeigt sich bei der zirkularen Polarisation in den oberen Bereichen der Schnittkante. Allerdings sind hier im unteren Teil wellenförmige Strukturen zu erkennen, die auf einen erhöhten lateralen Austrieb über die Schnittkante hindeuten. Bei höheren Schnittgeschwindigkeiten kommt es hierbei durch einen ungenügenden

Schmelzaustrieb auch zu tropfenartigen Anhaftungen an der Schnittkante (Bart-Bildung).

Bei der radialen Polarisation hingegen wird der Schmelzaustrieb bei höheren Schnittgeschwindigkeiten an der Unterkante gestört, insbesondere nahe der Trenngeschwindigkeit. Der Mechanismus für die Bartbildung bei der radialen Polarisation ist somit ein anderer als bei der zirkularen Polarisation.

Im Rahmen des Projekts wurde auch ein neues Messverfahren realisiert, mit dem die Prozesstemperatur an der Schnittfront orts aufgelöst gemessen werden kann. Beim Vergleich der direkt im Prozess gemessenen Temperaturprofile zeigte sich, dass der Schmelzaustrieb an der Stelle gestört ist, an der die Schnittfronttemperatur die Verdampfungstemperatur überschreitet (Abb. 5). Es ist also davon auszugehen, dass die einsetzende Verdampfung zu dieser wesentlichen Störung der Schmelzströmung führt und somit die Bartbildung zu verantworten hat. Damit wurde die Verdampfung als wesentliche Prozessgrenze für diesen Schneidprozess identifiziert.

Die Untersuchungen zum Laserstrahlschweißen ergaben für azimutale Polarisation bei niedrigen Vorschubgeschwindigkeiten und hohen Einschweißiefen eine Spritzerreduktion von ca. 60% im Vergleich zu einem unpolarisierten Laser. Die radiale Polarisation reduziert Spritzer bei hohen Vorschubgeschwindigkeiten und kleinen Einschweißiefen um 80%. Diese Ergebnisse werden in einem durch das BMWi geförderten Projekt am IFSW derzeit weiter untersucht.

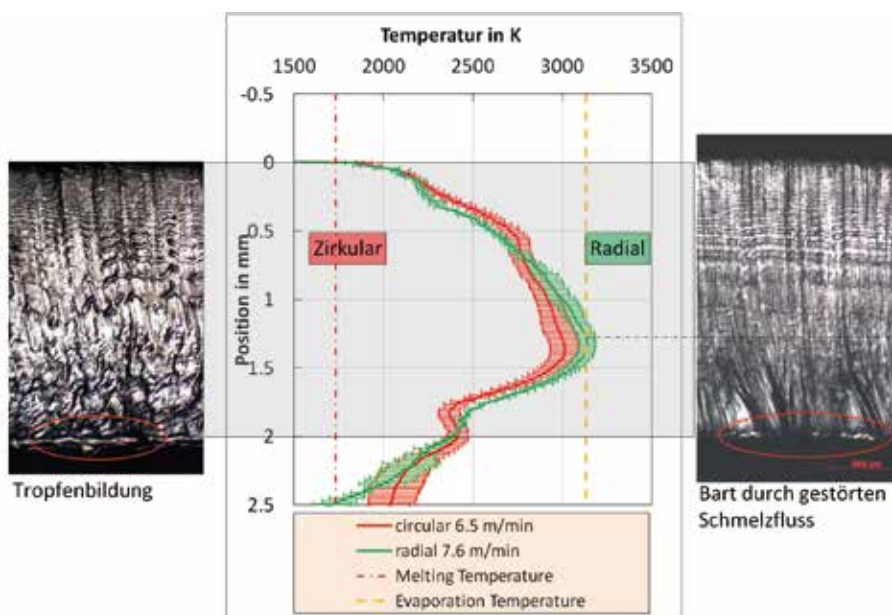


Abb. 5: Vergleich der Temperaturprofile beim Schneiden mit radialer und zirkularer Polarisation an der Grenze des Gutschnittes

Kontakt:

Dr. Rudolf Weber
 Institut für Strahlwerkzeuge
 Universität Stuttgart
 Pfaffenwaldring 43
 70569 Stuttgart

Tel. 0711 685-66844

weber@ifsw.uni-stuttgart.de

www.ifsw.uni-stuttgart.de/