

Zusammenfassung

Für das Fügen von Dickblechen mit einer Wanddicke ab 15 mm wird in der Industrie weiterhin das mehrlagige Lichtbogenschweißen, insbesondere das Unterpulverschweißen, eingesetzt. Obwohl das Laserstrahl- bzw. Laserhybridschweißen von Dickblechen wesentliche Vorteile bietet, beschränkt sich der industrielle Einsatz des Laserstrahls auf das Fügen dickwandiger Bauteile. Zu besagten Vorteilen zählen z. B. die Erhöhung der Einschweißtiefe, mit der eine Reduzierung der Lagenanzahl und folglich eine Produktivitätssteigerung einhergehen, sowie ein niedrigerer Wärmeeintrag, durch den sich der thermisch bedingte Verzug verringert. Die Limitierung des industriellen Einsatzes liegt insbesondere in den prozessspezifischen Herausforderungen beim einlagigen Fügen mittels Laserstrahl, wie z. B. die Tropfenbildung an der Wurzelseite, eine hohe Empfindlichkeit gegenüber Fertigungstoleranzen wie Spalt, Kantenversatz oder Kantenqualität sowie eine inhomogene Verteilung des Zusatzwerkstoffes über die Wanddicke und damit eine Verschlechterung der mechanisch-technologischen Eigenschaften der Schweißnaht. Gegenstand der vorliegenden Dissertation ist das anwendungsnahe Laserhybridschweißen dickwandiger Bauteile und der Einsatz einer elektromagnetischen Schmelzbadstütze zur Erweiterung der potenziellen Anwendung des Schweißverfahrens im Dickblechbereich. Die kontaktlose elektromagnetische Schmelzbadstütze basiert auf einem extern angelegten Magnetfeld, das zwischen zwei Magnetpolen an der Schweißnahtwurzel angebracht wird. Dadurch werden Ströme induziert und eine nach oben gerichtete Lorentzkraft generiert, die dem gravitationsbedingten Austropfen der Schmelze entgegenwirkt. So wurden erstmals bis zu 30 mm dicke Bleche aus S355J2 einlagig mit einem 20 kW Faserlaser an Atmosphäre gefügt. Zudem konnten die Spaltüberbrückbarkeit und der Kantenversatz bei 20 mm dicken Blechen auf bis zu je 2 mm erhöht werden. Mithilfe des oszillierenden Magnetfeldes wurden Strömungen im Wurzelbereich der Schweißnaht erzeugt, was zu einer homogenen Verteilung des dem Prozess von oben zugefügten Zusatzwerkstoffes über die gesamte Schweißnahttiefe führte. Ein wesentlicher Vorteil der kontaktlosen elektromagnetischen Schmelzbadstütze besteht zudem in der Erweiterung des Prozessparameterfensters. Hierdurch konnten die angestrebten Abkühlzeiten ohne negative Auswirkungen auf die Wurzelqualität der Schweißnaht eingehalten werden. In der Folge kam es zu einer Verbesserung der mechanisch-technologischen Eigenschaften, z. B. der Kerbschlagzähigkeit.

Abstract

Multi-pass arc welding, in particular submerged arc welding, continues to be used in the industry for joining thick sheets with a wall thickness of 15 mm or more. Although laser beam or laser hybrid welding of thick sheets offers significant advantages, the industrial use of the laser beam is. These advantages include, for example, an increase in the welding depth, which is accompanied by a reduction in the number of layers and consequently an increase in productivity, as well as a lower heat input, which reduces thermally induced distortion. The limitations of industrial use lie in particular in the process-specific challenges of single-layer joining using a laser beam, such as droplet formation on the root side, a high sensitivity to manufacturing tolerances such as gap, edge offset or edge quality, as well as an inhomogeneous distribution of the filler material across the wall thickness and thus a deterioration in the mechanical-technological properties of the weld seam. The subject of this dissertation is the application-orientated laser hybrid welding of thick-walled components and the use of an electromagnetic weld pool support to expand the potential application of the welding process in the thick sheet metal sector. The contactless electromagnetic weld pool support is based on an externally applied magnetic field that is placed between two magnetic poles at the root of the weld seam. This induces currents and generates an upward Lorentz force, which counteracts the gravitational dripping of the molten metal. For the first time, sheets of S355J2 up to 30 mm thick were joined in a single layer with a 20 kW fibre laser in an atmosphere. In addition, the gap bridging capability and the edge offset could be increased to up to 2 mm each for 20 mm thick sheets. The oscillating magnetic field was used to generate currents in the root area of the weld seam, which led to a more homogeneous distribution of the filler material added to the process from above over the entire depth of the weld seam. Another major advantage of the contactless electromagnetic weld pool support is the extension of the process parameter window. As a result, the desired cooling times could be maintained without negative effects on the root quality of the weld seam. As a result, there was an improvement in the mechanical-technological properties, e.g. the notched impact strength.