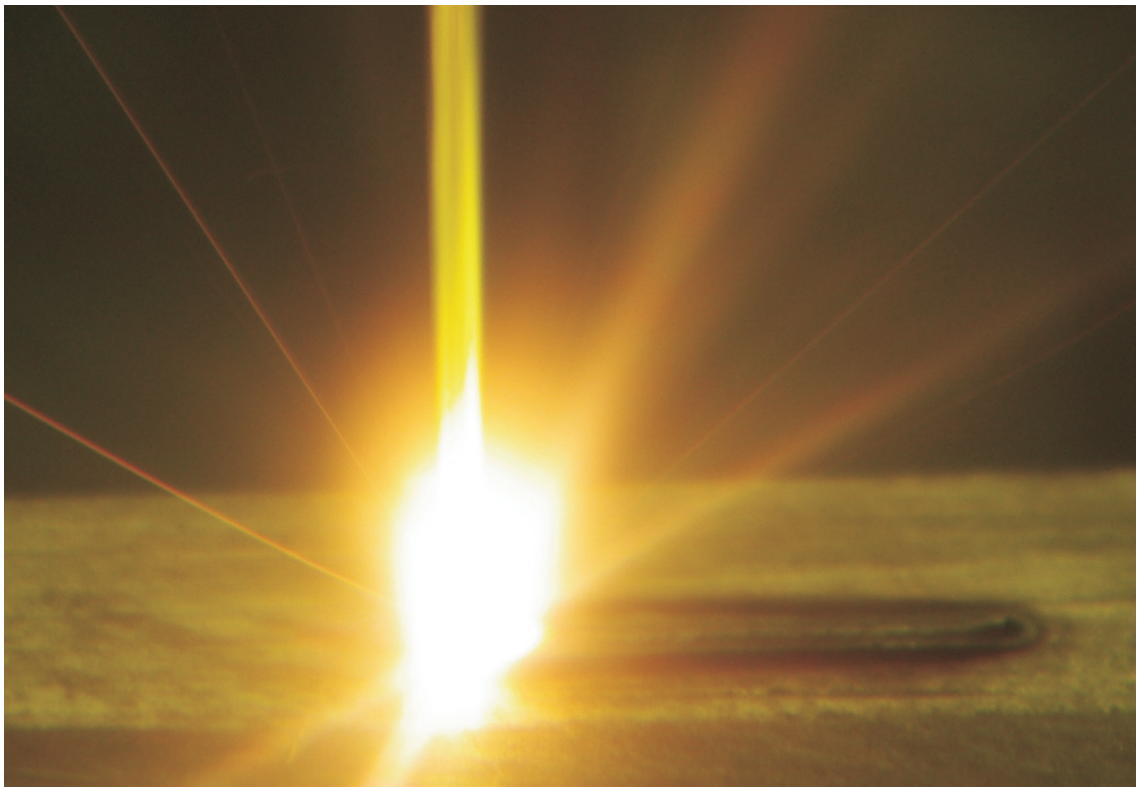


Aktuelle Informationen aus dem
Institut für
Schweißtechnik und Fügetechnik
der RWTH Aachen

44



Laserstrahlschweißen im Vakuum mittels 12kW Faserlaser bei 10 hPa Umgebungsdruck

Themen:

- Laserstrahlschweißen unter Vakuum
 - Textilbewehrter Beton und sein Verbundverhalten
 - News
-

Dr.-Ing. S. Olschok, Dipl.-Ing. S. Jakobs

Durch die Reduktion des Umgebungsdruckes beim Laserstrahlschweißen lassen sich hohe Einschweißiefen erzeugen. Anders als beim Elektronenstrahlschweißen werden jedoch nur Drücke bis zu 1 hPa benötigt, um diesen Effekt ausnutzen zu können.

Das Laserstrahlschweißen findet für gewöhnlich bei Atmosphärendruck unter einer Schutzgasabdeckung statt, während beispielsweise das EB-Schweißen i.A. im Fein- oder Hochvakuum durchgeführt wird. Für die gebräuchlichen Konstruktionswerkstoffe wie Stahl, Aluminium- oder Magnesiumlegierungen wird ein Umgebungsdruck von 10^{-2} bis 10^{-1} hPa angestrebt, da bei höheren Drücken die Elektronen zu stark an den Molekülen der Luft abgebremst und gestreut werden. Für Refraktärmetalle mit einer hohen Affinität zu Sauerstoff (z.B. Titan) oder Kohlenwasserstoffen (z.B. Niob) muss ein Hochvakuum (10^{-4} hPa oder geringer) erreicht werden, um schädliche Einflüsse auf das Gefüge des Schweißgutes und der Wärmeeinflusszone zu minimieren. Mit dem Laserstrahl ist es an Atmosphäre nur mit hohem Aufwand (z.B. Schleppdüsen oder mit Schutzgas gefluteten Kammern) möglich, Refraktärmetalle ohne kritische Aufhärtung zu verschweißen.

Ein wesentlicher Parameter für die Ausbildung des Keyholes beim Laserstrahlschweißen ist der Druck der umgebenden Atmosphäre. Dieser hat nicht nur Einfluss auf die Geometrie des Schmelzbades, sondern auch auf die Temperaturverteilung in der Schmelze. Zudem ist der Umgebungsdruck wesentlich für die Bildung von Spritzern während eines Tiefschweißprozesses verantwortlich. Ein geringerer Druck führt zu geringerer Reibung durch austretenden Metalldampf an der Schmelzbadoberfläche, wodurch sich die Anzahl und Größe der Spritzer im Allgemeinen reduzieren.

Die Ausbildung der Dampfackel über dem Keyhole macht den Einfluss des Vakuums und der damit veränderten Wärmeübertragung beim Laserstrahlschweißen deutlich. Bei Umgebungsdruck entsteht ohne die Unterdrückung der Dampfackel durch ein Schutzgas eine klar ausgebildete Fackel über dem Keyhole, die neben dem Metalldampf aus dem Keyhole auch durch die Atome und Moleküle der Atmosphäre genährt wird. Im Vakuum hingegen bildet sich die Dampfackel nur in der unmittelbaren Umgebung des Keyholes. Durch den hohen Überdruck im Inneren der Kapillare entsteht zusätzlich ein Jet, da die Druckenergie des verdampften Werkstoffes direkt in Ausströmgeschwindigkeit umgesetzt wird, ohne dass das emittierte Gas von der Atmosphäre gebremst werden kann, Bild 1.

By reducing ambient pressure high weld penetration depths are possible. In contrast to electron beam welding for exploiting this effect only pressures up to 1hPa are necessary.

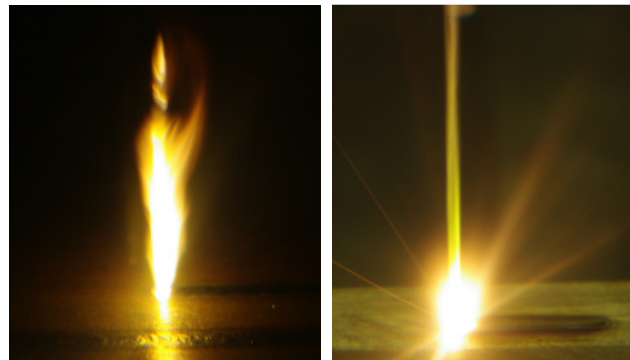


Bild 1: Dampfackel bei Atmosphärendruck (l.) und bei 10 hPa mit Ausbildung eines Jets (r.)
Fig. 1: Vapour plume in atmospheric pressure (l.) and at 10 hPa with formation of a jet (r.)

Um den positiven Effekt, dass das Keyhole durch die geänderten Druckbedingungen stabilisiert wird, zu verdeutlichen, wurden Schweißversuche mit für das Laserstrahlschweißen eher unüblichen geringen Schweißgeschwindigkeiten in Lage/Gegenlagetechnik an einem 50 mm dicken X65 Blech durchgeführt (IPG Faserlaser, Laserleistung 12 kW, Schweißgeschwindigkeit 0,25 m/min), Bild 2. Bemerkenswert ist, dass bei einem Druck von 1 hPa in der Nahtwurzel der Gegenlage keine für das Laserstrahlschweißen typische Porenbildung zu erkennen ist.

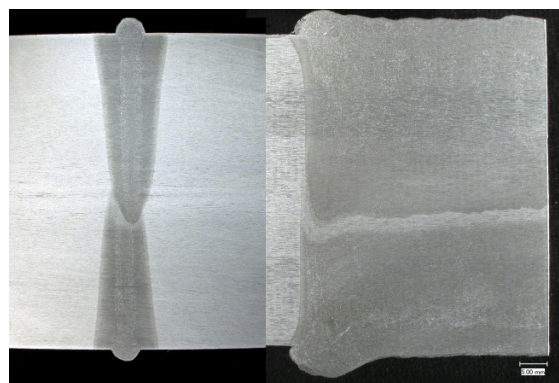


Bild 2: Makroschliff und Längsschliff der Einschweißung an X65 in Lage/Gegenlage-Technik, Blechdicke 50 mm
Fig. 2: Cross section and longitudinal section of bead on plate weld in double layer technique, thickness 50 mm

Dieses Verfahren ist prädestiniert für Anwendungen im Dickblechbereich, für die Materialbearbeitung im Vakuum, wobei die Bauteile nicht elektrisch leitend sein müssen und für das Schweißen von Kupfer. Aus diesem Grund werden die Untersuchungen an diesen Themen mit einer für das Laserstrahlschweißen unter Vakuum konzipierten Versuchsanlage fortgeführt.

Dipl.-Ing. J. Schoene

Die Kombination einer Betonmatrix und technischen Textilien wurde im Sonderforschungsbereich 532 der RWTH Aachen erforscht. Im Vergleich zu Stahlbeton kann die Mindestwandstärke stark reduziert werden, was zu neuen Konstruktionskonzepten und Anwendungen führt. Aufgrund der anisotropen Eigenschaften wurde dem Verbundverhalten in den Untersuchungen besondere Aufmerksamkeit gewidmet.

Textilbewehrter Beton ist ein Verbundwerkstoff, der mit technischen Textilien auf Basis von z.B. Glas- oder Carbonfasern bewehrt wird. Durch eine Imprägnierung der textilen Bewehrung mit Polymer werden der innere Verbund zwischen den Filamenten und die Effektivität der Bewehrung verbessert. Damit steigen die Traglasten im Verbundkörper. Die größten Steigerungen können durch den Einsatz hochmoduliger Polymersysteme erzielt werden, die am ISF eingehend untersucht wurden.

Die Ausnutzung der Bewehrung und auch die Dauerhaftigkeit konnten dadurch erheblich gesteigert werden. Einhergehend mit den hohen Lasten wurde in Bauteilversuchen ein neues Versagensbild beobachtet, durch Abplatzen des Betons charakterisiert. Die verantwortlichen Schädigungsmechanismen und maßgeblichen Einflussgrößen waren nicht erforscht. Daher war es das Ziel weiterführender Untersuchungen, die Zusammenhänge zwischen dem Tragverhalten und den Abplatzungen zu klären.

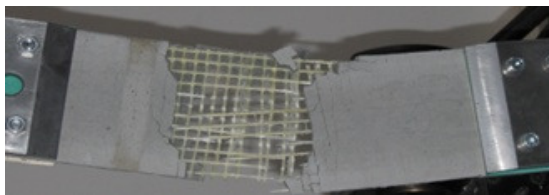


Bild 1: Abplatzungsvorgang nach Längsrissentwicklung
Fig 1: Splitting process after longitudinal crack development

Für stahlbewehrten Beton existieren bereits Modellvorstellungen, welche Abplatzungen mit Längsrissen durch Ringzugspannungen erklären. Diese Ansätze basieren jedoch auf dem Formschluss, den die Rippenstruktur der Bewehrungsstäbe erzeugt. Die Verbundzone im textilbewehrten Beton zwischen den polymerimprägnierten Textilien und dem Beton ist im Gegensatz dazu glatt und weist vornehmlich adhäsive Bindungen auf. Daher wurde in Zusammenarbeit mit dem Institut für Massivbau (IMB) eine neue Hypothese zur Entwicklung von Längsrissen aufgestellt, die ebenfalls auf Ringzugspannungen basiert und ein numerisches Modell dafür entwickelt. Durch die Simulation konnte gezeigt werden, dass für die Entstehung hoher Ringzugspannungen keine Rippen notwendig sind.

The combination of a concrete matrix reinforced by textile structures was investigated in the Collaborative Research Centre 532 of the RWTH Aachen University. Compared to steel reinforced concrete the minimum thickness of the parts can be drastically reduced leading to different concepts of construction and new fields of applications. Due to the anisotropic properties of the material the composite behaviour was in focus of the investigations.

Es hat sich gezeigt, dass die existierenden Prüfkörperanordnungen zur Identifikation der elementaren Mechanismen, die zur Entwicklung von Längsrissen bzw. zur Abplatzung führen, ungeeignet sind. Eine eindeutige Interpretation im Hinblick auf die Abplatzungseffekte ist schwierig aufgrund der Vielzahl von Interaktionen zwischen Art der Einspannung, Inhomogenitäten im Verbundquerschnitt, Verbundwirkung und der Längsrissbildung. Daher wurde am ISF ein neues Versuchskonzept entwickelt, Bild 2 links, unterstützt durch Hochgeschwindigkeitsaufnahmen. Die Kleinteilversuche („Cube Test“) variabler Geometrien ermöglichen eine isolierte Betrachtung des Verbundverhaltens ohne die Überlagerung durch makroskopische Interaktionen. Auf Basis dieser Versuche konnten die aufgestellte Hypothese validiert und quantitative Verhältnisse hergestellt werden.

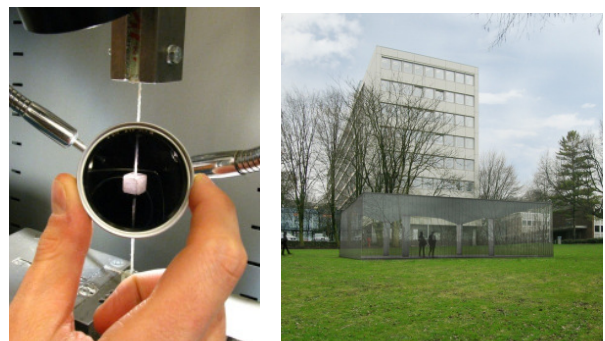


Bild 2: Versuchskonzept „Cube Test“, Demonstrator SFB 532
Fig 2: Test Concept „Cube test“, demonstrator SFB 532

Mithilfe der gewonnen Erkenntnisse konnten Strategien erarbeitet werden, um den Ringzugspannungen zu begegnen. Unter anderem wurde eine Textilbeflockung entwickelt, die den Verbund zwischen Beton und Textil verbessert und gleichzeitig die Betonmatrix lokal gezielt gegen die umlaufenden Spannungen bewehrt. In Bauteilversuchen konnten Abplatzungen dadurch bei einer erhöhten Traglast vollkommen vermieden und so eine hohe Materialeffizienz bei gutmütigem Versagen erreicht werden. Des Weiteren konnte auf Basis der Ergebnisse die Struktur der Textilien selbst derart angepasst werden, dass die Bauteile gegenüber Längsrissen resistenter werden. Diese Strategie konnte bereits beim aktuellen Demonstratorgebäude, Bild 2 rechts, des SFB 532 zur Anwendung kommen, welches derzeit an der Mies-Van-der-Rohe-Straße gebaut wird.

ISF Intern

Nach erfolgreicher Diplomarbeit am Institut wird Sebastian Ufer seine Arbeiten im Bereich des Elektronenstrahlschweißens als wissenschaftlicher Mitarbeiter fortsetzen. Eduardo Rojas wurde Mitte September in der Gruppe Simulation eingestellt.

Im Bereich der Nichtwissenschaftler begrüßen wir Dennis Wokurka. Er hat Anfang September seine Ausbildung zum Industriemechaniker Feingerätebau begonnen. Wir hoffen, dass er seine Ausbildung genauso erfolgreich wie Jan Gehlen abschließen wird, der am 14. Juni 2011 seine Prüfung zum Kaufmann für Bürokommunikation sehr erfolgreich bestehen konnte und seither als Verwaltungsmitarbeiter am Institut eingestellt ist.

Wir verabschieden uns auch von einigen Mitarbeitern im Institut. Anja Stieglitz und Dirk Kampffmeyer verließen Ende September das Institut. Frau Stieglitz wird ihre Arbeiten im Bereich des Schienenfahrzeugbaus bei der Siemens AG weiterführen. Dirk Kampffmeyer sucht eine neue Herausforderung bei der Firma Messer in Krefeld.

Nach langjähriger erfolgreicher Mitarbeit als Leiter der Chemie am Institut verließ Charly Holzinger uns Ende Juni in die entspanntere Phase der Altersteilzeit. Um diese große Lücke zu füllen verstärkt Ellwyn Purrio seit Anfang September den Bereich der Chemie.

Wir wünschen wie immer allen neuen Kollegen einen guten Einstieg und allen ehemaligen Kollegen viel Erfolg bei ihren neuen Herausforderungen.

Kongresse, Messen

Das ISF beteiligte sich mit acht Vorträgen am DVS-Kongress und gemeinsam mit der Zentralabteilung Technologie des Forschungszentrums Jülich mit einem Messestand an der DVS-Expo in Hamburg. Neben vielen interessanten und konstruktiven Diskussionen mit Kongressteilnehmern und Messebesuchern nahm das ISF an mehreren Wettbewerben erfolgreich teil.

Jochen Lauscher konnte mit einem Bild zum WIG-Schweißen eines Ansaugkrümmers für das RWTH Aachen Formula Student Team beim DVS Fotowettbewerb punkten. Sein Bild erscheint im DVS Kalender des Jahres 2012.

Matthias Angerhausen wurde im Rahmen des Studentenkongresses für seine Veröffentlichung „Lichtbogenfügen von Stahl-Aluminium-Mischverbindungen zum strukturellen Leichtbau im modernen Fahrzeugbau“ mit dem zweiten Preis des „Best Paper Awards“ ausgezeichnet.

Konrad Willms, Marion Beckers und Guido Buchholz gewannen den 3M Award, welcher außeror-

dentliche Arbeiten im Bereich der Arbeitssicherheit in der Schweißtechnik auszeichnet, mit der Veröffentlichung „CleanWELD – Modellbasierter Ansatz zur Auswahl und Optimierung der Prozesseinstellgrößen zur Reduzierung der Schadstoffemission beim MSG-Schweißen“. Weiterhin wurde Prof. Dr.-Ing. U. Dilthey im Rahmen der DVS Jahresversammlung für sein Lebenswerk mit der DVS Ehrenmedaille geehrt.



Bild 1: Preisverleihung des 3M Award
Fig. 1: Award winning ceremony of the 3M award

Vom 17. bis zum 22. Juli 2011 fand die 64th Annual Assembly & International Conference of the International Institute of Welding (IIW) in Chennai, Indien, statt. Mit über 500 Teilnehmern aus 40 Ländern bot die Konferenz die Möglichkeit zum Austausch von Expertenwissen und zur fachlichen Diskussion in allen Gebieten der Schweißtechnik. Sechs Mitarbeiter des ISF haben an dieser Konferenz teilgenommen und Forschungsarbeiten aus den Bereichen Simulation, Strahlschweißen und Automatisierung vorgestellt.

Doktorandenseminare

Das jährlich stattfindende Assistentenseminar der wissenschaftlichen Gesellschaft Fügetechnik (WGF) wurde im September vom Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik der RWTH Aachen organisiert. Dazu wurden die Gäste in das Tagungshotel Eifelgold in Erkensruhr eingeladen. An drei Tagen hatten die Doktoranden u.a. die Gelegenheit ihre aktuellen Forschungsergebnisse zu präsentieren.

Im Oktober nahm das ISF auch am Doktorandenseminar des Gemeinschaftsausschusses für Klebtechnik teil, welches in diesem Jahr vom Institut für Oberflächen- und Fertigungstechnik der TU Dresden im Tagungshotel Elbflorenz organisiert wurde. Auch diese Veranstaltung diente in erster Linie dem Erfahrungsaustausch der jungen wissenschaftlichen Mitarbeiter.

Herausgeber:	Freundeskreis des Instituts für Schweißtechnik e.V. Institut für Schweißtechnik und Fügetechnik, ISF Institutsleiter Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen Anschrift: Pontstr.49, 52062 Aachen fon: +49(0)241/8093870/71 fax: +49(0)241/8092170 email: office@isf.rwth-aachen.de internet: www.wir-fügen-alles.de Redaktion: Dipl.-Ing. S.Scheik
--------------	--