

Direkt

ISF - Welding and Joining Institute
RWTH - Aachen University
Germany



Quelle: pro-beam

Anwendung der Mehrstrahltechnik zum Elektronenstrahlschweißen eines Schaltrades
Multi-Beam Electron Beam Welding of a Synchronizing Gear

Themen:

- Mehrstrahltechnik beim Elektronenstrahlschweißen
Multi-Beam Electron Beam Welding Technology
- Mikroelektronenstrahlschweißen-Potentiale komplexer Strahlführung
Micro Electron Beam Welding - Potentials of Complex Beam Control
- News

Dipl.-Ing. H. Masny

Der Einsatz der Mehrstrahltechnik beim Elektronenstrahlschweißen bietet zahlreiche schweißtechnische Vorteile und Möglichkeiten. Damit ist es möglich, Schweißverzüge im Bauteil zu minimieren, artfremde Werkstoffkombinationen zu fügen, die Schmelzbad-dynamik zu beeinflussen sowie Druckspannungen beispielsweise zur Rissminimierung gezielt aufzubauen. Darüber hinaus kann die Mehrstrahltechnik zu sensorischen Zwecken genutzt werden.

Als Mehrstrahltechnik beim Elektronenstrahlschweißen wird nach DIN 32511 ein sprunghaftes Verändern der räumlichen Lage eines Strahlflecks mit oder ohne Leistungsveränderung bezeichnet, bei welchem der Elektronenstrahl durch eine sehr schnelle Ablenkung alternierend zwischen verschiedenen Positionen wechselt. Bei diesem Verfahren wird ein Effekt erzielt, als würden mehrere Elektronenstrahlen gleichzeitig Verwendung finden.

Durch die hohe Leistungsdichte im fokussierten Elektronenstrahl wird Material verdampft und es bildet sich eine Dampfkapillare, die vergleichbar zum Laserstrahlschweißen einen Tiefschweißeffekt ermöglicht. Das Aufschmelzen des Werkstoffs zwischen den Schweißpositionen kann durch das schnelle Ablenken des Elektronenstrahls vermieden werden. Wird dabei eine ausreichend hohe Ablenkfrequenz gewählt, können so gleichzeitig zwei oder mehr Dampfkapillaren offen gehalten werden. Bedingung dafür ist die Rückkehr des Elektronenstrahls in die Kapillare, bevor sich diese wieder schließt. Gleichzeitig kann durch eine entsprechende Strahlmodulation und Leistungsverteilung jeder dieser Dampfkapillaren gezielt beeinflusst werden.

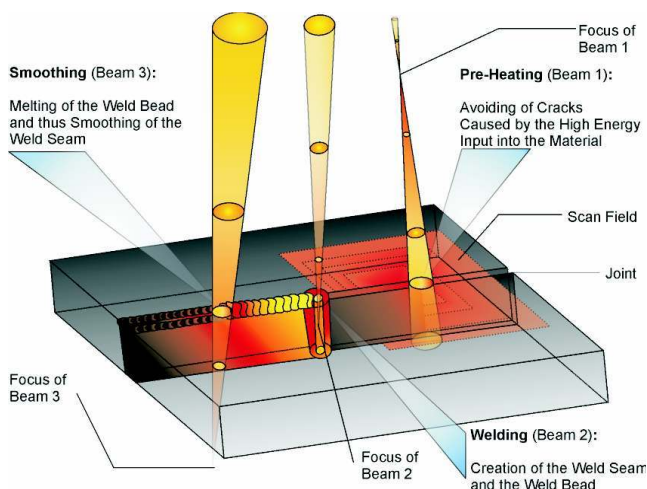


Bild 1: Vorwärmen, Schweißen und Glätten mit der Mehrstrahltechnik

Fig. 1: Pre-Heating, Welding and Smoothing by Multi-Beam Technique

Durch Einstellen von variablen Verweilzeiten des Elektronenstrahls an verschiedenen Positionen der gleichen Naht lassen sich die Intensitäten dort individuell

The application of the multi beam technique in electron beam welding offers a large number of different advantages and possibilities. It is possible to minimize welding distortions in the component, to join dissimilar material combinations, to exert influence on the molten pool dynamics and, moreover, to specifically generate compressive stresses for the reduction of cracks. The multi-beam technique is furthermore applicable for sensing purposes.

festlegen. Es ist weiterhin möglich, die Intensität und die Größe der bestrahlten Fläche durch eine Fokusvariation einzustellen.

Bild 1 illustriert, wie mittels Mehrstrahltechnik durch eine dynamische Fokusvariation eine Vorwärmung und eine Glättung der Schweißnaht während des Schweißvorganges ermöglicht werden.

Durch Mehrstrahlschweißen verschiedener Nähte in symmetrischer Anordnung, lassen sich sehr verzugsarme Schweißungen durchführen. Durch die zeitgleiche Wärmeeinbringung und Erstarrung der Schmelzen in zueinander symmetrischen Bauteilbereichen heben sich entstehende Schrumpfspannungen gegenseitig auf. Zusätzlich kann die Produktivität gesteigert werden. Das Titelbild stellt eine Mehrstrahlschweißung an einem rotationssymmetrischen Bauteil dar.

Auf dem anspruchsvollen Gebiet des thermischen Fügens von artfremden Werkstoffkombinationen lassen sich vielversprechende Ergebnisse erzielen, die mit der konventionellen Schweißtechnik so nicht erreichbar sind. Maßgebend hierfür ist eine gezielte asymmetrische Energieeinbringung mit mehreren Strahlen unterschiedlicher Leistungsdichte. So ist es möglich, die sich einstellenden intermetallischen Phasen gezielt zu beeinflussen und Druckspannungen aufzubauen, welche die Diffusion an der Fügestelle unterstützen und die Heißrissneigung vermindern. Der Einsatz der Mehrstrahltechnik erlaubt weiterhin eine gezielte Modellierung des Strömungsverhaltens und der Dynamik des Schmelzbades.

Neben der exakten Steuerung des Schweißprozesses eignet sich die Mehrstrahltechnik zu sensorischen Zwecken. So ist es beispielsweise möglich, durch einen vorlaufenden querpendelnden Strahl eine Nahterkennung und -verfolgung zu realisieren.

Auf der am ISF vorhandenen Elektronenstrahlanlage werden zur Zeit umfangreiche Prozessuntersuchungen durchgeführt, um die Grundlagen zur Nutzung der beschriebenen Vorteile zu schaffen.

Zusammen mit einer optimierten Anlagentechnik könnte so künftig beispielsweise ein Strahl das Bauteil gezielt lokal aufschmelzen, ein weiterer Strahl die Metallurgie gezielt durch Strömungseffekte beeinflussen und ein zusätzlicher nachlaufender Strahl ein Wärmefeld aufbauen, durch das eine Wärmebehandlung der Fügestelle erfolgt.

Dipl.-Ing. T. Dorf Müller

Das im industriellen Fertigungsprozess bereits seit langem etablierte Elektronenstrahlschweißen wird am ISF auf die besonderen Randbedingungen und Anforderungen des Mikrobereichs adaptiert. Dabei bieten die verfahrensspezifischen Vorteile wie die Trägheitslosigkeit des Werkzeugs Elektronenstrahl, der sehr geringe Strahldurchmesser, die Reinstumgebung aufgrund der Bearbeitung im Vakuum und die hervorragende Eignung zur visuellen Qualitätskontrolle beste Voraussetzungen für den Einsatz in der hybriden Mikromontage.

Am ISF wird für die Untersuchung des Mikroelektronenstrahlschweißens ein speziell zu diesem Zweck modifiziertes Rasterelektronenmikroskop (REM) verwendet. Durch die Untersuchung der Wechselwirkungen sowie der Optimierung der Anlagenparameter können bislang dünne Folien und Drähte geschweißt werden. Die grundlegenden prozesstechnischen Zusammenhänge des Elektronenstrahlfügens wurden dabei an einfachen Geometrien wie linearen Schweißraupen und Punktschweißungen erarbeitet.

Im Hinblick auf den industriellen Einsatz des Verfahrens, ist es erforderlich das Schweißen beliebiger Schweißgeometrien zu ermöglichen. Zu diesem Zweck wurde die Steuerungstechnik der Anlage um einen frei programmierbaren Funktionsgenerator erweitert. Dieser ermöglicht Schweißgeometrien in Form beliebiger Kreis-, Linien- und Ellipsensegmente. Außerdem können Strahlfiguren überlagert werden. Zusammen mit der Möglichkeit zur Ansteuerung des Emissionsstroms und einer dynamischen Linse (Fokusverschiebung) ist damit die exakte Steuerung der Wärmeeinbringung möglich.

Auch die Mehrstrahltechnik gehört bei entsprechender Programmierung und Parametrierung zum Funktionsumfang der erweiterten Steuerung. Dabei ist gerade im Mikrobereich die Möglichkeit durch symmetrische Erwärmungs- und Erstarrungsvorgänge den thermischen Verzug zu beeinflussen, von besonderer Bedeutung. Beim Fügen von Mikrobautteilen müssen optimale Kontaktbedingungen vorliegen. Diese sind bei biegeschlaffen Mikrobautteilen schwierig zu realisieren. Wie die aufgrund ihrer Abmessungen ohnehin verzugsempfindlichen Bauteile auf die Wärmeeinleitung reagieren, trägt maßgeblich zum Ge- oder Misslingen der Verbindung bei. Die Forschungsarbeiten umfassen daher neben der Mehrkapillartechnik auch die Entwicklung geeigneter Spannkonzeppte. Auch im Mikrobereich sind durch den Einsatz der Mehrkapillartechnik Fortschritte bzgl. des Fügens artfremder Werkstoffe mit oder ohne Zusatzwerkstoffen zu erwarten. Außerdem haben Untersuchungen gezeigt, dass trotz der begrenzten Strahlleistung des Mikroskops (ca. 6 Watt am Strahlerzeuger) ein Fügen von Werkstoffen mit hoher Wärmeleitfähigkeit durch geschickte Parametrierung der Strahlführung möglich sein kann.

The electron beam welding process, long-established in industrial application, is now adapted to the particular boundary conditions and requirements of the micro-range by the ISF. To this effect the process-specific advantages, for example, the inertia-free tool 'electron beam', the very small beam diameter, the cleanroom conditions due to processing in a vacuum and the excellent suitability for visual quality control constitute the best prerequisites for application in hybrid micro-assembly.

Bild 1 zeigt die Fügeverbindung einer lotbeschichteten Glasfaser in einer Trägerstruktur aus Neusilber. Diese Fügeaufgabe ist Bestandteil eines zweidimensionalen Lichtwellenleiterarrays. Der Fügeprozess mit dem Elektronenstrahl wird erst durch den Einsatz des Funktionsgenerators ermöglicht.



Bild 1: Verbindung von Lichtleiter und Trägerstruktur aus Neusilber
Fig. 1: Joint of optical fibre and nickel silver carrier plate

Bild 2 dokumentiert anhand von Einschweißversuchen den erheblichen Einfluss der Strahlführungsparameter auf das Schweißergebnis. Geschweißt wurde eine 30µm dicke Edelstahlfolie mit 2 überlagerten Kreisfunktionen von 500µm (Frequenz F_H) und 38µm (Frequenz F_F) Durchmesser. Die Strahlleistung beträgt in allen drei Fällen 2,7 Watt, die Prozesszeit jeweils 10 Sekunden. Lediglich die Kreisfrequenzen wurden unabhängig von einander variiert. Deutlich wahrnehmbar ist der Einfluss der Geschwindigkeit auf die lokale Erhitzung in der Schweißprobe. Während bei niederen Frequenzen die Wärme abgeleitet wird und das Grundmaterial kaum anschmilzt, führen hohe Frequenzen bei gleicher Leistung zu einem Wärmestau, gefolgt von Heißrissen.

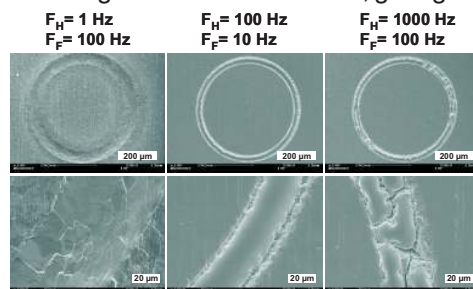


Bild 2: Auswirkungen von Strahlführung auf Wärmeleitung
Fig. 2: Effects of beam control on heat dissipation

Forschungsarbeiten am ISF haben zum Ziel, durch den gezielten Einsatz des Funktionsgenerators einerseits das fügbare Werkstoffspektrum zu erweitern, andererseits die Sicherstellung erforderlicher Kontaktbedingungen unter Zuhilfenahme geeigneter Vorrichtungen zu gewährleisten.

Exzellenzinitiative

Die Förderentscheidungen in der ersten Runde der Exzellenzinitiative sind gefallen. Am 13. Oktober wurden in Bonn die Begutachtungsergebnisse der insgesamt 88 Anträge durch die Bundesministerin für Bildung und Forschung Annette Schavan sowie die Wirtschaftsminister Prof. Peter Frankenberg (Baden-Württemberg) und Prof. Jürgen Zöllner (Rheinland-Pfalz) bekannt gegeben.

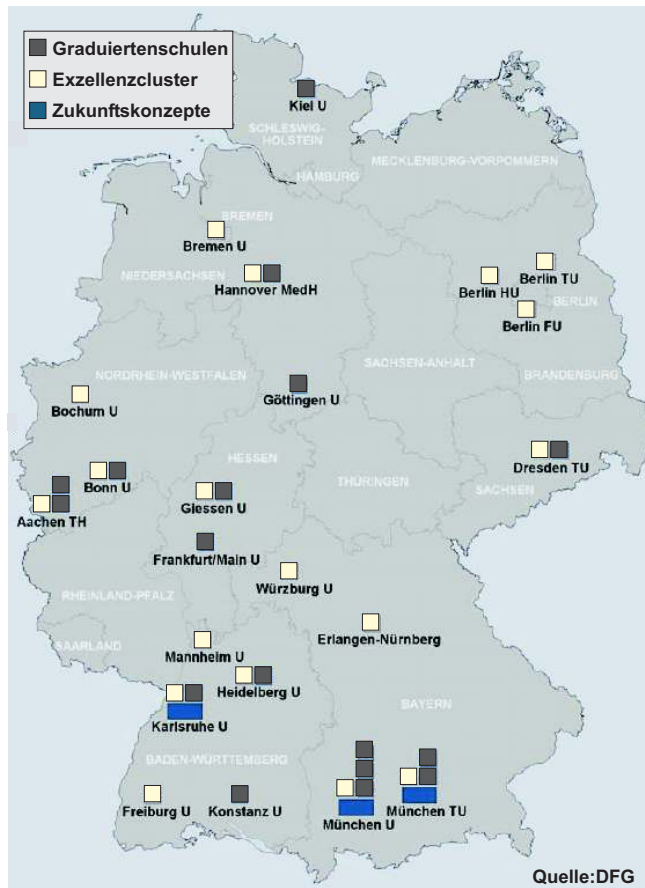


Bild 1: Standorte geförderter Projekte der Exzellenzinitiative
Fig. 1: Locations Awarded Funding in the Excellence Initiative

Insgesamt wurden 18 Graduiertenschulen, 17 Exzellenzcluster und drei Zukunftskonzepte an 22 Hochschulen gefördert, **Bild 1**. Das gesamte Fördervolumen beträgt ca. 174,7 Euro pro Jahr. Die RWTH Aachen war in der Förderlinie "Graduiertenschulen" mit dem Antrag "Aachen Institute for Advanced Studies in Computational Engineering Science" erfolgreich. Ferner wurden die beiden Exzellenzcluster "Ultra High-Speed Mobile Information and Communication" und "Integrative Production Technology for High-Wage Countries" gefördert. An letzterem ist das ISF beteiligt. Auch im nächsten Jahr bewirbt sich die RWTH Aachen in der zweiten Runde der Exzellenzinitiative wieder in allen drei Förderlinien.

ABICOR-Innovationspreis

Für ihre Arbeiten zum Thema "MSG-Schweißen von Aluminium mit dünnen Schweißdrähten" wurden die Kollegen Dipl.-Ing. Konrad Willms aus dem Bereich Sensorentwicklung und Dipl.-Ing. Frank Höcker aus

dem Bereich Lichtbogenschweißen im Rahmen der Großen Schweißtechnischen Tagung in Aachen mit dem 2. Preis des ABICOR-Innovationspreises 2006 ausgezeichnet.

ISF Intern

Seit der letzten Ausgabe des ISF-Direkt wurde unser Institut durch zwei neue Mitarbeiter verstärkt. Herr Dipl.-Ing. Christoph Geffers arbeitet seit dem 2. Oktober 2006 in der Abteilung Plasmaschweißen und Herr Christian Delzepich hat am 1. September seine Ausbildung zum mathematisch-technischen Assistenten in unserer EDV-Abteilung begonnen. Wir wünschen beiden viel Erfolg.

Bereits am 5. Mai diesen Jahres feierten wir am ISF den 65. Geburtstag von Prof. Dilthey im Kreise seiner Freunde und Mitarbeiter. Das gesamte Kollegium gratuliert herzlich.

Auch in dieser Ausgabe können wir eine Hochzeit und eine Geburt vermelden. Unser Mitarbeiter Dipl.-Ing. Markus Schleser heiratete am 18. August Frau Kerstin Mager. Daneben gratulieren wir Herr Dipl.-Ing. Agah Sevim und seiner Frau Sandra zur Geburt ihres Sohnes Anil Finn Atif am 5. September diesen Jahres.

Nach erfolgreicher wissenschaftlicher Arbeit am Forschungszentrum Jülich promovierte Herr Dipl.-Ing. Karsten Richter am 11. Oktober in unserem Haus zum Thema: "Untersuchungen zum Einsatz von frei modulierbaren gepulsten Nd:YAG-Laserstrahlquellen für das Schweißen von Titanwerkstoffen und Refraktärmetallen", Vortrag: "Kernfusion - die Energiequelle der Zukunft".

Veranstaltungen

Das halbjährlich stattfindende ISF-Kolloquium wurde unter gewohnt reger Beteiligung aus Industrie und Forschung am 29. Juni 2006 zum Thema "Wärmearme Fügeprozesse" durchgeführt.

Der DVS Aachen richtete vom 20. bis zum 22. September die Große Schweißtechnische Tagung im Eurogress Aachen aus. Das ISF war maßgeblich in die Vorbereitungen einbezogen. Im Anschluss an die Tagung besichtigten über 100 interessierte Besucher das Institut im Rahmen der Open House Veranstaltung.

Das ISF beteiligte sich weiterhin an zahlreichen Konferenzen und Kolloquien, so z.B. vom 24. bis zum 26. Mai 2006 am IIW Kongress in Timisoara, Rumänien, sowie vom 23. bis zum 28. September 2006 an der Konferenz "Beam Technology and Laser Application" in St. Petersburg, Russland.

Herausgeber: Freundeskreis des Instituts für Schweißtechnik e.V.
Institut für Schweißtechnik und Füge-technik, ISF
Institutsdirektor Univ.-Prof. Dr.-Ing. U. Dilthey
Anschri-ft: Pontstrasse 49, D-52062 Aachen
fon: +49(0)241 / 80 938 70/71
fax: +49(0)241 / 80 92 170
email: office@isf.rwth-aachen.de
internet: www.isf.rwth-aachen.de
Redaktion: Dipl.-Ing. M. Schleser