

Böhm · Schulze

Der Elektronenstrahl als Werkzeug für die Fügetechnik

Studie zum DVS-Forschungsseminar
am 20. Februar 2014 in Halle (Saale)



Forschungsvereinigung Schweißen und
verwandte Verfahren e. V. des DVS, Düsseldorf

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.dnb.de> abrufbar.

DVS-Berichte Band 299

ISBN 978-3-87155-571-8

Alle Rechte, einschließlich Übersetzungsrecht, vorbehalten. Nachdruck und Vervielfältigung dieses Bandes oder von Teilen desselben nur mit Genehmigung der DVS Media GmbH, Düsseldorf.

© DVS Media GmbH, Düsseldorf · 2014
Herstellung: WIRmachenDRUCK GmbH, Backnang

Vorwort

Der Berichtband zum DVS-Forschungsseminar 2014 „**Der Elektronenstrahl als Werkzeug für die Fügetechnik: Hochleistungsfügeverfahren mit Präzision und Effizienz für innovative Anwendungen**“ ist nicht als Verfahrenskompendium zum Elektronenstrahlschweißen zu verstehen, es sei hierfür auf die einschlägige Literatur, zum Beispiel auf die Standardwerke von *Schultz* [1], *Schiller, Heisig, Panzer* [2] oder das aktuelle Werk von *Schulze* [3] verwiesen. Dieser Berichtband enthält nicht die auf dem DVS-Forschungsseminar präsentierten Vorträge, sondern stellt eine Zusammenfassung des aktuellen Standes der Technik in der gebotenen Kürze dar. Weiterhin enthält er eine Darstellung aktueller Forschungs- und Entwicklungstendenzen im Bereich des Elektronenstrahls sowie das Ergebnis einer Experten-Umfrage zum Einsatz der Elektronenstrahlschweißtechnik in der deutschen Industrie.

Der Berichtband kommt zwar nicht ohne eine Beschreibung der Technologie aus, soll aber vor allem aktuelle Entwicklungen und Forschungstendenzen aufzeigen und nicht als Lehrbuch verstanden werden.

Die Inhalte des Berichtbandes entstanden durch eine Befragung von Anwendern und Experten auf dem Gebiet des Elektronenstrahlschweißens in Form eines On-/Offline-Fragebogens und durch persönliche Interviews. Zusätzlich wurde der aktuelle Stand der Forschung über eine Literaturrecherche ermittelt, in der gut 4.000 wissenschaftliche Veröffentlichungen der letzten 40 Jahre zum Thema Elektronenstrahltechnologie mit dem Fokus auf das Elektronenstrahlweißen, aber zum Teil auch andere Verfahrensvarianten berücksichtigt wurden.

Kassel und Neuberg, im Februar 2014

Prof. Dr.-Ing. S. Böhm

Dr. sc. techn. K.-R. Schulze

Inhaltsverzeichnis

1	Technologie des Elektronenstrahlschweißens	1
1.1	Geschichtlicher Abriss der Elektronenstrahltechnologie	1
1.2	Einführung in die Elektronenstrahlschweißtechnik	1
1.3	Die Elektronenstrahlerzeugung	6
1.4	Der Tiefschweißprozess	9
1.5	Elektronenstrahl-Schweißmaschinen	14
1.6	Atmosphären-Elektronenstrahlschweißen	17
1.7	Vergleich Elektronenstrahl und Laserstrahl	19
2	Auswertung der Literaturrecherche zum aktuellen Stand der Technik beim Elektronenstrahlschweißen	21
2.1	Länder, in denen zum Thema Elektronenstrahlschweißen veröffentlicht wurde	21
2.2	Anwendungsbereiche des Elektronenstrahlschweißens	22
2.3	Der Elektronenstrahlschweißprozess	22
2.4	Werkstoffe, die mit dem Elektronenstrahl geschweißt werden	23
3	Anwendungen der Elektronenstrahltechnologie außerhalb der reinen Schweißanwendungen	24
3.1	Elektronenstrahl-Oberflächenmodifikation	24
3.2	Elektronenstrahl-Bohren	25
3.3	Generatives Elektronenstrahlschmelzen	26
3.3.1	Generatives Elektronenstrahlschmelzen von Refraktärmetallen	26
3.4	Auswertung der Literatur zu Anwendungen der Elektronenstrahltechnologie außerhalb der reinen Schweißanwendungen	27
4	Auswertung der Umfrage	28
4.1	Fragen	28
4.1.1	Fragen zu Ihrem Unternehmen	28
4.1.2	Allgemeine Fragen zu Elektronenstrahlverfahren	44
4.1.3	Fragen zu Ihrer Person	53
4.2	Danksagung	57
5	Literatur	58