

**Elektronenstrahlschweißen metallischer
Werkstoffkombinationen**

Von der Fakultät für Maschinenwesen
der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Ingenieurwissenschaften genehmigte Dissertation

vorgelegt von
Diplom-Ingenieur Klaus Aloys Woeste
aus
Geilenkirchen

Berichter: Univ.-Prof. Dr.-Ing. Ulrich Dilthey
Univ.-Prof. Dr. techn. Prof. h.c. (RC) Erich Lugscheider

Tag der mündlichen Prüfung: 12. April 2005

„D82 (Diss. RWTH Aachen)“

Inhaltsverzeichnis

Table of Contents

Inhaltsverzeichnis	I
I Abbildungsverzeichnis	III
II Tabellenverzeichnis	IX
V Verzeichnis der Formelzeichen und Abkürzungen.....	XI
/ Abstract	XV
I Einleitung	1
2 Zielsetzung	3
3 Elektronenstrahl als Fügwerkzeug.....	4
3.1 Elektronenstrahlschweißen.....	4
3.1.1 Strahlerzeugung und -manipulation.....	4
3.1.2 Elektronenstrahlschweißanlagen.....	5
3.1.3 Elektronenstrahlschweißprozess	7
3.1.4 Elektronenstrahlschweißen von Werkstoffkombinationen.....	9
3.2 Schweißparameter	10
4 Stand der Technik.....	14
4.1 Metallurgie von Werkstoffkombinationen.....	14
4.1.1 Binäre Phasendiagramme	17
4.1.2 Mischkristalle	18
4.1.3 Intermetallische Phasen	20
4.2 Metallurgische und physikalische Eigenschaften der eingesetzten Werkstoffpaarungen	22
5 Fügestrategien.....	29
5.1 Thermisches Fügen metallischer Werkstoffkombinationen.....	29
5.1.1 Fügen der Fügepartner im festen Zustand durch Diffusion.....	29
5.1.2 Fügen durch Einsatz einer Pufferschicht	30
5.1.3 Fügen durch Aufschmelzen eines Fügepartners	31
5.1.4 Fügen durch Aufschmelzen beider Fügepartner.....	31
5.2 Fügestrategien bei den einzelnen Werkstoffkombinationen	32
5.2.1 Fügestrategien Stahl/Aluminium.....	33
5.2.2 Fügestrategien Stahl/Titan.....	35
5.2.3 Fügestrategien Stahl/Molybdän.....	36

5.2.4	Fügestrategien Stahl/Wolfram	
6	Versuchsdurchführung und Auswertung	
6.1	Eingesetzte Werkstoffe	
6.2	Versuchsschweißanlagen	
6.3	Verfahren der Probenauswertung	
6.3.1	Optische Analyse und Durchstrahlungsprüfung	
6.3.2	Metallurgische Analyse	
6.3.3	Härtemessungen	
6.3.4	Zugversuche	
6.4	Versuche zum Fügen der einzelnen Werkstoffkombinationen	
6.4.1	Werkstoffkombination Stahl/Aluminium	
6.4.1.1	I-Stoß-Verbindungen der Werkstoffkombination Stahl/Aluminium	
6.4.1.2	Überlappstoß-Verbindungen der Werkstoffkombination Stahl/Aluminium	
6.4.2	Werkstoffkombination Stahl/Titan	
6.4.3	Werkstoffkombination Stahl/Molybdän	
6.4.4	Werkstoffkombination Stahl/Wolfram	
7	Zusammenfassung und Ausblick	
8	Literatur	