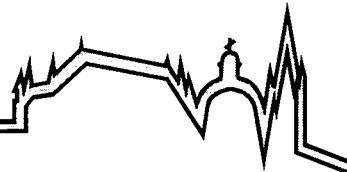


Alexander Backhaus

**Fügen von
Titanaluminid-Mischverbindungen
mit dem Elektronenstrahl**



Aachener Berichte Fügetechnik
Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. U. Reisgen

Band 2/2014

Shaker Verlag

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	I
Abbildungsverzeichnis	III
Tabellenverzeichnis	XI
Verzeichnis der Abkürzungen und Formeln	XIV
Zusammenfassung	XVI
Abstract	XVII
1 Einführung	1
2 Zielsetzung	4
2.1 Forschungsbedarf	4
2.2 Zielsetzung der Dissertation	4
3 Thematische Grundlagen und Stand der Forschung	6
3.1 Materialbearbeitung mit dem Elektronenstrahl	6
3.1.1 Funktionsweise von Elektronenstrahlschweißanlagen	6
3.1.2 Erzeugung und Manipulation des Elektronenstrahls	7
3.2 Löten als Fügeverfahren	8
3.2.1 Abgrenzung und Definition des Lötens	8
3.2.2 Lötmechanismus	9
3.3 Titanaluminide	12
3.3.1 Legierungsklassen von Titanaluminiden	12
3.3.2 Mechanische Eigenschaften und Mikrostruktur von Titanaluminiden	15
3.4 Fügen von Titanaluminiden	19
3.4.1 Schweißen von Titanaluminiden	19
3.4.2 Löten von Titanaluminiden	25
3.4.3 Fügen von Titanaluminid-Mischverbindungen	27
3.4.4 Patentlage zum Fügen von Titanaluminiden	29
3.4.5 Anwendungsgebiete von gefügten Titanaluminiden	29
4 Versuchsbedingungen	33
4.1 Auswahl von Fügeverfahren für Titanaluminid-Mischverbindungen	33
4.2 Versuchswerkstoffe und Probenvorbereitung	34
4.2.1 Titanaluminid	34
4.2.2 Vergütungsstahl	36
4.2.3 Nickel	37
4.2.4 Titan	37
4.2.5 Auswahl von Lotwerkstoffen	38
4.3 Versuchsaufbau	41

4.3.1	Elektronenstrahlschweißanlage	41
4.3.2	Herstellung der Flachproben mittels Elektronenstrahllöten	42
4.3.3	Herstellung der Rundproben mittels Elektronenstrahllöten	44
4.3.4	Elektronenstrahlschweißen von Flachproben	45
4.3.5	Elektronenstrahldiffusionsschweißen von Rundproben	46
4.4	Methoden zur Prüfung und Beurteilung von Lötverbindungen	47
4.4.1	Visuelle und röntgenoptische Auswertung	47
4.4.2	Rasterelektronenmikroskopische Auswertung	47
4.4.3	Methoden zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften	48
5	Elektronenstrahllöten von Stahl-Titanaluminid-Mischverbindungen	49
5.1	Bestimmung des Energieeintrags für die Mischverbindung	49
5.2	Einfluss der Prozessparameter auf die Mikrostruktur und die mechanisch-technologischen Eigenschaften	52
5.2.1	Untersuchung der Eignung der Lotwerkstoffe für die Fügeaufgabe	52
5.2.2	Einfluss der Haltezeit auf die Schubfestigkeit	56
5.2.3	Einfluss der Löttemperatur auf die Mikrostruktur	58
5.3	Löten eines anwendungsnahen Rundbauteils einer Stahl-Titanaluminid-Mischverbindung	88
5.4	Zwischenfazit Stahl-Titanaluminid-Mischverbindungen	91
6	Elektronenstrahllöten von Nickel-Titanaluminid-Mischverbindungen	94
6.1	Bestimmung des Energieeintrags für die Mischverbindung	94
6.2	Einfluss der Prozessparameter auf die Mikrostruktur und die mechanisch-technologischen Eigenschaften	96
6.2.1	Untersuchung der Eignung der Lotwerkstoffe für die Fügeaufgabe	96
6.2.2	Einfluss der Haltezeit auf die Schubfestigkeit	100
6.2.3	Einfluss der Löttemperatur auf die Mikrostruktur	101
6.3	Zwischenfazit Nickel-Titanaluminid-Mischverbindungen	115
7	Potenziale weiterer Fügeverfahren für Titanaluminid-Mischverbindungen	118
7.1	Elektronenstrahlschweißen	118
7.2	Elektronenstrahldiffusionsschweißen	122
7.3	Zusammenfassende Bewertung weiterer Fügeverfahren	131
8	Zusammenfassung und Ausblick	134
8.1	Zusammenfassung	134
8.2	Ausblick	136
	Literaturverzeichnis	138