

Jens Magin

**Ultraschalltorsionsschweißen von  
Aluminium/Titan-Verbunden –  
Prozessanalyse, mechanische Eigenschaften  
und Mikrostruktur**

Werkstoffkundliche Berichte

Band 33/2014

Herausgeber: Prof. Dr.-Ing. T. Beck

**Inhaltsverzeichnis**

<b>1. Einleitung .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Motivation und Zielsetzung .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Grundlagen und Kenntnisstand .....</b>	<b>6</b>
3.1 Fügen von Leichtmetallverbunden .....	6
3.1.1 Stoffschlüssige Verfahren .....	6
3.1.2 Form- und Kraftschlüssige Verfahren .....	12
3.2 Ultraschallschweißtechnik .....	14
3.2.1 Physikalische Grundlagen .....	15
3.2.2 Aufbau der Ultraschallschweißsysteme .....	17
3.2.3 Varianten der Ultraschallschweißsysteme .....	20
3.2.4 Einflussfaktoren beim Ultraschallschweißen von Metallen .....	22
3.2.5 Verbindungsbildung beim Ultraschallschweißen von Metallen .....	25
3.3 Methoden zur mikrostrukturellen Charakterisierung von Leichtmetallverbunden .....	27
3.3.1 Präparationstechniken .....	27
3.3.2 Lichtmikroskopie .....	29
3.3.3 Rasterelektronenmikroskopie .....	31
3.3.4 Transmissionselektronenmikroskopie .....	36
<b>4. Versuchstechnik und Untersuchungsmethoden .....</b>	<b>41</b>
4.1 Torsionales Ultraschallschweißsystem .....	41
4.2 Einspannvorrichtungen .....	42
4.3 Probengeometrie .....	43
4.4 Schweißwerkzeuge .....	44
4.5 Statistische Versuchsplanung .....	45
4.6 Untersuchungsmethoden .....	47
4.6.1 Ultraschallschweißprozess .....	47
4.6.2 Mikrostrukturelle Eigenschaften .....	50

4.6.3 Mechanische Eigenschaften .....	53
<b>5. Untersuchungswerkstoffe im Ausgangszustand .....</b>	<b>57</b>
5.1 Aluminiumwerkstoffe.....	57
5.1.1 Reinstaluminium EN AW-1199.....	58
5.1.2 Aluminiumlegierung EN AW-7075.....	66
5.2 Titanwerkstoffe.....	72
5.2.1 Reintitan cp-Titan grade 1.....	73
5.2.2 Titanlegierung TiAl6V4.....	77
<b>6. Untersuchungsergebnisse.....</b>	<b>82</b>
6.1 Prozessanalyse beim Ultraschalltorsionsschweißen .....	82
6.1.1 Optimierung der Prozessparameter .....	82
6.1.2 Kinematik des Schweißprozesses .....	90
6.1.3 Thermometrische und thermografische Untersuchungen .....	91
6.2 Mikrostruktur ultraschallgeschweißter Leichtmetallverbunde.....	95
6.2.1 Lichtmikroskopische Untersuchung .....	95
6.2.2 Stereomikroskopische Untersuchung der Bruchflächen .....	99
6.2.3 Elektronenmikroskopische Untersuchung .....	106
6.2.4 Transmissionselektronenmikroskopische Untersuchung .....	112
6.3 Qualitatives Modell zur Verbindungsbildung beim Ultraschalltorsionsschweißen ...	121
6.4 Zyklische Eigenschaften ultraschallgeschweißter Leichtmetallverbunde.....	123
<b>7. Zusammenfassung .....</b>	<b>128</b>
<b>8. Literaturverzeichnis .....</b>	<b>132</b>
<b>A. Ausgewählte Publikationen und Vorträge .....</b>	<b>148</b>
A.1 Publikationen.....	148
A.2 Vorträge und Posterbeiträge.....	149
<b>B. Betreute studentische Arbeiten .....</b>	<b>150</b>
<b>C. Lebenslauf .....</b>	<b>153</b>