

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1. Motivation und Zielsetzung..... | 1 |
| 2. Stand des Wissens | 3 |
| 2.1 Aluminium- und Magnesiumbasiswerkstoffe..... | 3 |
| 2.1.1 Erzeugung von Aluminium und Aluminiumlegierungen..... | 4 |
| 2.1.2 Physikalische Eigenschaften von Aluminiumwerkstoffen..... | 5 |
| 2.1.3 Chemische Eigenschaften von Aluminiumwerkstoffen..... | 5 |
| 2.1.4 Aluminiumgusslegierungen | 6 |
| 2.1.5 Erzeugung von Magnesium und Magnesiumlegierungen..... | 8 |
| 2.1.6 Physikalische Eigenschaften von Magnesiumwerkstoffen | 10 |
| 2.1.7 Chemische Eigenschaften von Magnesiumwerkstoffen | 11 |
| 2.1.8 Magnesiumgusslegierungen | 12 |
| 2.2 Fügeverfahren zur Herstellung von Al/Mg-Mischverbunden..... | 16 |
| 2.2.1 Kleben | 16 |
| 2.2.2 Nieten | 17 |
| 2.2.3 Clinchen | 17 |
| 2.2.4 Schweißen | 18 |
| 2.3 Rührreibschweißen | 20 |
| 2.3.1 Rührreibschweißprozess..... | 22 |
| 2.3.2 Schweißwerkzeugdesign, Verfahrensvarianten und Maschinenkonzepte | 25 |
| 2.3.3 Mikrostrukturelle und mechanische Eigenschaften von FSW-Verbunden..... | 29 |
| 2.3.4 Positive Eigenschaften und Einsatzgrenzen des Rührreibschweißens | 33 |
| 2.4 Ultraschalltechnologie | 34 |
| 2.4.1 Physikalische Grundlagen und Anwendungen von Ultraschall | 34 |
| 2.4.2 Metall-Ultraschallschweißen..... | 35 |
| 2.4.2.1 Schweißanlage, Schweißparameter und Schweißprozess | 35 |
| 2.4.2.2 Anwendungsgebiete des Metall-Ultraschallschweißens | 38 |
| 2.5 Korrosion von Metallen | 39 |
| 2.5.1 Elektrochemische Korrosion | 39 |
| 2.5.2 Korrosionsarten | 40 |
| 2.5.3 Korrosion von Magnesiumlegierungen..... | 41 |
| 2.5.4 Korrosionsschutz..... | 45 |
| 3. Versuchstechnik und Versuchsdurchführung..... | 46 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.1 | Rührreibschweißsystem (FSW) | 46 |
| 3.2 | Schweißwerkzeug (FSW-Tool) | 47 |
| 3.3 | Ultraschallunterstütztes Rührreibschweißen (US-FSW) | 47 |
| 3.4 | Temperaturmessverfahren zur Charakterisierung des Fügeprozesses | 51 |
| 3.4.1 | Thermometrische Messung | 51 |
| 3.4.2 | Thermografische Messung | 51 |
| 3.5 | Probenpräparation | 52 |
| 3.5.1 | Probenpräparation für mikrostrukturelle Untersuchungen | 52 |
| 3.5.2 | Probenpräparation für elektrochemische Korrosionsuntersuchungen | 53 |
| 3.6 | Verfahren der zerstörungsfreien Werkstoffprüfung | 53 |
| 3.6.1 | Computertomografie (CT) | 53 |
| 3.6.2 | Elektromagnetisch angeregter und empfangener Ultraschall (EMUS) | 54 |
| 3.7 | Verfahren der zerstörenden Werkstoffprüfung | 55 |
| 3.7.1 | Mikroskopische Untersuchungsmethoden | 55 |
| 3.7.1.1 | Lichtmikroskopische Untersuchung | 55 |
| 3.7.1.2 | Rasterelektronenmikroskopische Untersuchung | 55 |
| 3.7.2 | Ermittlung quasistatischer Verbundeigenschaften | 56 |
| 3.7.2.1 | 2D-Mikrohärtemessung | 56 |
| 3.7.2.2 | Zugversuch | 56 |
| 3.7.3 | Ermittlung zyklischer Verbundeigenschaften | 57 |
| 3.8 | Charakterisierung des Korrosionsverhaltens | 58 |
| 3.8.1 | Integrale Korrosionsuntersuchungen mittels elektrochemischer Messzelle | 58 |
| 3.8.1.1 | Bestimmung des Ruhepotentials | 60 |
| 3.8.1.2 | Ermittlung von Stromdichte-Potential-Kurven | 60 |
| 3.8.1.3 | Impedanzspektroskopie | 61 |
| 3.8.2 | Ortsaufgelöste Korrosionsuntersuchungen mittels Rasterkelvinsonde | 62 |
| 3.9 | Probengeometrien | 63 |
| 4. | Untersuchungswerkstoffe | 65 |
| 4.1 | Aluminiumgusslegierung EN AC-48000 (AlSi12CuNiMg) | 65 |
| 4.1.1 | Chemische Zusammensetzung von EN AC-48000 | 65 |
| 4.1.2 | Mikrostruktur von EN AC-48000 | 66 |
| 4.1.3 | Quasistatische Eigenschaften von EN AC-48000 | 68 |
| 4.2 | Magnesiumgusslegierung AZ80 (MgAl8Zn) | 70 |
| 4.2.1 | Chemische Zusammensetzung von AZ80 | 70 |

| | | |
|------------|--|------------|
| 4.2.2 | Mikrostruktur von AZ80 | 71 |
| 4.2.3 | Quasistatische Eigenschaften von AZ80..... | 73 |
| 5. | Untersuchungsergebnisse | 76 |
| 5.1 | Prozessanalyse | 76 |
| 5.2 | Überprüfung der Nahtqualität durch zerstörungsfreie Prüfverfahren..... | 87 |
| 5.3 | Mikrostrukturelle Verbundeigenschaften | 90 |
| 5.4 | Quasistatische Verbundeigenschaften | 102 |
| 5.5 | Zyklische Verbundeigenschaften..... | 106 |
| 5.6 | Beeinflussung des Korrosionsverhaltens der Verbunde | 112 |
| 5.6.1 | Integrale Korrosionsuntersuchungen..... | 112 |
| 5.6.2 | Ortsaufgelöste Korrosionsuntersuchungen | 122 |
| 6. | Zusammenfassung und Schlussfolgerungen..... | 124 |
| 7. | Literaturverzeichnis..... | 129 |
| 8. | Ausgewählte Publikationen und Vorträge..... | 143 |
| 8.1 | Publikationen | 143 |
| 8.2 | Vorträge | 143 |
| 9. | Betreute studentische Arbeiten..... | 146 |
| 10. | Lebenslauf..... | 147 |