

| | |
|--|-----------|
| FORMELZEICHEN- UND ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS..... | IV |
| 1 EINLEITUNG..... | 1 |
| 2 STAND DER TECHNIK..... | 3 |
| 2.1 Mischbauverbindungen aus Aluminiumlegierungen und pressgehärteten Stählen.. | 3 |
| 2.2 Fügbarkeit von Bauteilen mittels Niet-Reibschweiß-Verbindungen | 8 |
| 2.2.1 Fügesicherheit | 9 |
| 2.2.2 Fügeeignung | 13 |
| 2.2.3 Fügemöglichkeit..... | 15 |
| 2.3 Ableitung der offenen Forschungsfragen | 20 |
| 3 UNTERSUCHUNGSZIEL UND WISSENSCHAFTLICHER ANSATZ | 21 |
| 4 BINDEMECHANISMEN IN NIET-REIBSCHWEIß-VERBINDUNGEN | 23 |
| 4.1 Theoretische Analyse..... | 23 |
| 4.1.1 Beschreibung der Bindemechanismenanordnung | 23 |
| 4.1.2 Analyse des Formschlusses | 27 |
| 4.1.3 Analyse des Kraftschlusses | 33 |
| 4.1.4 Analyse des Stoffschlusses..... | 35 |
| 4.2 Experimentelle Analyse..... | 37 |
| 4.2.1 Untersuchungsziele | 37 |
| 4.2.2 Untersuchungsmethodik..... | 37 |
| 4.2.2.1 Versuchsmethoden..... | 37 |
| 4.2.2.2 Probengeometrie | 38 |
| 4.2.2.3 Versuchswerkstoffe..... | 39 |
| 4.2.2.4 Nietgeometrien..... | 39 |
| 4.2.2.5 Fügeeinrichtung und Prozessparameter | 40 |
| 4.2.3 Untersuchung der Bindemechanismenanordnung..... | 40 |
| 4.2.4 Analyse des Formschlusses | 46 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 4.2.4.1 | Kraftrelevante Eigenschaften des Formschlusses | 46 |
| 4.2.4.2 | Kraftrelevante Eigenschaften des Deckblechs..... | 51 |
| 4.2.4.3 | Kraftrelevante Eigenschaften des Niets | 54 |
| 4.2.4.4 | Kraftrelevante Eigenschaften des Basisblechs..... | 56 |
| 4.2.5 | Analyse des Kraftschlusses | 60 |
| 4.2.5.1 | Analyse der tragenden Flächen des Kraftschlusses | 61 |
| 4.2.5.2 | Messung der Vorspannkraft..... | 61 |
| 4.2.5.3 | Bestimmung der statischen Reibungszahl | 63 |
| 4.2.6 | Analyse des Stoffschlusses..... | 66 |
| 5 | ANALYSE DER FÜGEPUNKTAUSBILDUNG | 69 |
| 5.1 | Analytische Betrachtungen und Modellbildung..... | 69 |
| 5.1.1 | Beschreibung der kraft- und temperaturabhängigen Eigenschaftsausbildung | 69 |
| 5.1.1.1 | Ausbildung der tragenden Flächen | 69 |
| 5.1.1.2 | Ausbildung der Vorspannkraft..... | 71 |
| 5.1.1.3 | Ausbildung der kraftrelevanten Werkstoffeigenschaften | 72 |
| 5.1.2 | Beschreibung der Temperaturentwicklung und Umformung..... | 76 |
| 5.1.2.1 | Thermodynamisches Modell zur Einflussgrößenbestimmung..... | 76 |
| 5.1.2.2 | Einflussgrößen auf die Reibleistung | 79 |
| 5.2 | Simulative Untersuchungen..... | 82 |
| 5.2.1 | Beschreibung des Simulationsmodells..... | 82 |
| 5.2.2 | Analyse der Temperaturentwicklung in den Fügeteilen | 83 |
| 5.2.3 | Analyse der Temperatur-Zeit-Verläufe an den tragenden Flächen..... | 88 |
| 5.2.4 | Analyse der Umformgrade an den tragenden Flächen | 91 |
| 5.3 | Experimentelle Untersuchungen | 92 |
| 5.3.1 | Untersuchungsziele | 92 |
| 5.3.2 | Untersuchung der Temperaturentwicklung und Umformung | 93 |
| 5.3.2.1 | Analyse von Niet und Basisblech | 93 |
| 5.3.2.2 | Analyse des Deckblechs | 97 |
| 5.3.3 | Untersuchung der kraft- und temperaturabhängigen Eigenschaftsausbildung..... | 99 |

| | | |
|----------|--|---------------|
| 5.3.3.1 | Ausbildung der geometrischen Eigenschaften der tragenden Flächen | 99 |
| 5.3.3.2 | Ausbildung der mechanischen Werkstoffeigenschaften | 102 |
| 5.3.3.3 | Ausbildung der Vorspannkraft..... | 104 |
| 5.3.3.4 | Untersuchung der Kopf- und Scherzugkräfte | 105 |
| 6 | KONSTRUKTIONS- UND BERECHNUNGSVORSCHRIFTEN | 108 |
| 6.1 | Konstruktionsvorschriften..... | 108 |
| 6.2 | Berechnungsvorschriften | 109 |
| 6.3 | Vereinfachter Sicherheitsnachweis..... | 109 |
| 6.4 | Ableitungen für die Fügbarkeitsbetrachtung | 114 |
| 7 | ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK..... | 117 |
| | LITERATURVERZEICHNIS | IX |
| | ABBILDUNGSVERZEICHNIS | XXV |
| | TABELLENVERZEICHNIS | XXVIII |
| | ANHANG | XXIX |