

Inhaltsverzeichnis

Verwendete Formelzeichen und Abkürzungen	IV
1. Einleitung	1
2. Stand der Erkenntnisse.....	3
2.1 Leichtbaustrategien und Karosseriebauweisen in der Automobilindustrie	3
2.2 Werkstoffe im modernen Karosseriebau	5
2.2.1 Stahlwerkstoffe im Karosseriebau	5
2.2.2 Aluminiumwerkstoffe im Karosseriebau	8
2.3 Fügen im multimateriellen und profilintensiven Karosseriebau	11
2.3.1 Anforderungen an innovative Fügetechnologien.....	11
2.3.2 Mechanische Fügetechnologien mit einseitiger Zugänglichkeit	13
2.4 Grundlagen des Bolzensetzens	16
2.4.1 Eintreibprinzipien bei Bolzensetzwerkzeugen.....	16
2.4.2 Verfahrensablauf und Vorgänge beim Bolzensetzen	18
2.4.3 Fügeignung, Fügesicherheit und Fügemöglichkeit beim Bolzensetzen.....	21
3. Aufgabenstellung und Zielsetzung	23
4. Versuchswerkstoffe, Hilfsfügeelemente und Probengeometrien.....	25
4.1 Versuchswerkstoffe	25
4.1.1 Stahlwerkstoffe.....	25
4.1.2 Aluminiumwerkstoffe	29
4.2 Hilfsfügeelemente	31
4.2.1 RIVTAC®-Setzbolzen	31
4.2.2 Strukturklebstoff BETAMATE™ 1630	33
4.3 Probengeometrien.....	34
4.3.1 Zugprobe nach DIN 50125	34
4.3.2 Einpunkt-Fügeprobe.....	34
4.3.3 Mehrpunkt-Fügeprobe.....	35

5. Versuchs- und Fertigungseinrichtungen	36
5.1 RIVTAC®-Bolzensetzanlage	36
5.2 Klebstoff-Appliziereinheit TS-215/HN	39
6. Prüfeinrichtungen und -verfahren	40
6.1 Werkstoffcharakterisierung mittels Zugversuch nach DIN 50125	40
6.2 Verbindungscharakterisierung mittels Ausdrückprüfung	41
6.3 Analyse des Bolzensetzvorgangs mittels bauteilseitiger Reaktionskraftmessung und Hochgeschwindigkeitskamera	42
6.4 Verbindungs- und Fügeelementcharakterisierung mittels Härtemessung	44
7. Bewertung der werkstoffseitigen Fügeignung von Aluminium-Stahl- Werkstoffkombinationen beim Bolzensetzen	45
7.1 Kenngrößen zur Bewertung der werkstoffseitigen Fügeignung	45
7.2 Machbarkeitsstudie zur Vorhersage der Bewertungs Kenngrößen anhand der Füge Teileigenschaften	49
7.3 Bestimmung der Versuchsrandbedingungen für weiterführende Basismaterialuntersuchungen („Durchdringbarkeit“)	56
7.4 Einfluss der Stahl-Basislage auf die Fügeignung	58
7.4.1 Einfluss der Basislageneigenschaften auf die geom. Fügstellenausbildung	59
7.4.2 Einfluss der Basislageneigenschaften auf den Mindestfügedruck p_{min}	61
7.4.3 Einfluss der Basislageneigenschaften auf die Prozessfensterbreite B_{PF}	62
7.4.4 Einfluss der Basislageneigenschaften auf die Ausdrückkraft $F_{A(pmin)}$	64
7.4.5 Einfluss der Basislageneigenschaften auf die bauteils. Reaktionskraft F_{BT1}	67
7.4.6 Fazit der Stahl-Basislagenuntersuchungen	68
7.5 Einfluss der Aluminium-Decklage auf die Fügeignung (lokale Betrachtung)	69
7.5.1 Einfluss der Decklageneigenschaften auf die geom. Fügstellenausbildung	70
7.5.2 Einfluss der Decklageneigenschaften auf die Bewertungs Kenngrößen	71
7.6 Einfluss der Aluminium-Decklage auf die Fügeignung (globale Betrachtung)	76
7.6.1 Einfluss der Decklageneigenschaften auf den Mindestfügedruck p_{min}	77
7.6.2 Einfluss der Decklageneigenschaften auf die Prozessfensterbreite B_{PF}	79

7.6.3	Einfluss der Decklageneigenschaften auf die Ausdrückkraft $F_{A(pmin)}$	82
7.6.4	Einfluss der Decklageneigenschaften auf die bauteils. Reaktionskraft F_{BT1}	85
7.6.5	Fazit der Aluminium-Decklagenuntersuchung	87
7.7	Bestimmung der Fügeignung und Fazit der Fügbarkeitsuntersuchung	88
7.8	Einsatzgrenzen beim Erstellen von Aluminium-Stahl-Mischverbindungen.....	91
8.	Erweiterung der Einsatzgrenzen für höchstfeste Stahlwerkstoffe durch partielle Modifikation der Setzbolzeneigenschaften.....	93
8.1	Einfluss der Setzbolzeneigenschaften auf die Setzbolzenverformung	97
8.2	Einfluss des Beschichtungsprozesses auf die Setzbolzeneigenschaften.....	102
8.3	Untersuchung alternativer Beschichtungssysteme und -verfahren	104
8.3.1	Charakterisierung der eingesetzten Setzbolzen-Beschichtungssysteme	106
8.3.2	Bewertung des Wasserstoffversprödungspotentials	108
8.3.3	Einfluss der partiellen Setzbolzenhärtung und des Beschichtungssystems auf den Fügeprozess, die Verbindungsausbildung und -festigkeit	114
8.3.4	Einfluss des Beschichtungssystems auf den Korrosionsschutz	120
8.3.5	Zusammenfassende Bewertung der Beschichtungssysteme	123
8.4	Potentiale des entwickelten Setzbolzens	124
9.	Erweiterung der Einsatzgrenzen für Werkstoffkombinationen mit eingeschränkter Prozessstabilität.....	127
9.1	Probleme beim Fügen „dünner“ und „weicher“ Basislagen	128
9.2	Konstruktiver Ansatz zur Erweiterung des Arbeitsbereichs.....	131
9.3	Anlagenseitiger Ansatz zur Erweiterung des Arbeitsbereichs	135
9.3.1	Ansatz zur Parametrierung mit verstellbarem Tiefenmaß T_{TK}	142
9.3.2	Weiterführender Ansatz mit modifizierten Puffereigenschaften.....	148
9.3.3	Potentiale durch das verstellbare Tiefenmaß T_{TK}	151
10.	Zusammenfassung	153
11.	Literaturverzeichnis.....	156