

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	VII
Tabellenverzeichnis	XVII
Formelzeichen und Abkürzungen	XIX
Kurzfassung	XXV
Abstract	XXVII
1 Einleitung	1
1.1 Motivation	1
1.2 Zielsetzung und Vorgehensweise	3
2 Stand der Forschung und Technik	7
2.1 Kleben auf kontaminierten Bauteiloberflächen	7
2.2 Induktive Klebstoffschnellhärtung	10
2.3 $\Delta\alpha$ -Problematik im Trocknungsprozess der kathodischen Tauchlackierung	14
3 Verwendete Materialien und Versuchswerkstoffe	23
3.1 Klebstoffsysteme	23
3.2 Fügeartikelwerkstoffe	24
3.3 Schmierstoffe	26
4 Verwendete Prüfmethode und Versuchseinrichtungen	27
4.1 Einrichtungen zur induktiven Klebstoffhärtung	27
4.2 Dynamische Wärmestrom-Differenzkalorimetrie	29
4.3 Dynamisch-mechanische Analyse	31
4.4 Rheologische Untersuchungen im Oszillationsmodus	33
4.5 Quasistatischer Zugscherversuch	35
4.6 Keil-Schlag-Versuch	36
4.7 Hochgeschwindigkeits-Zugscherversuch	38
4.8 Dauerschwingversuch	39
4.9 Schliffherstellung	39

4.10	Mikroskopische Klebschicht- und Bruchflächenanalyse.....	40
4.11	Mikroskopische Dünnschnittuntersuchungen.....	41
4.12	Untersuchungen zur Feuchtigkeitsbeständigkeit von Klebverbindungen ...	42
4.13	Untersuchungen zum Alterungsverhalten der Klebverbindungen	42
4.14	Optische Verformungsmessung.....	43
5	Untersuchung des Einflusses von Fertigungs- und Prozessbedingungen auf das Eigenschaftsprofil von 2K-Klebstoffen	45
5.1	Schnellhärtbarkeit der Klebstoffsysteme.....	47
5.1.1	Einfluss der Heizrate auf das reaktionskinetische Klebstoffverhalten	47
5.1.2	Einfluss einer induktiven Vorhärtung auf die Anfangsfestigkeit	52
5.1.3	Einfluss einer induktiven Vorhärtung auf die Klebschichtmorphologie	56
5.1.4	Einfluss einer induktiven Vorhärtung auf die viskoelastischen Klebstoffeigenschaften.....	59
5.1.5	Einfluss einer induktiven Vorhärtung auf die Klebstoffeigenschaften nach Endaushärtung	63
5.2	Klebstoffeigenschaften bei betriebsrelevanten Temperaturen.....	70
5.3	Klebstoff- und Klebverbindungseigenschaften im Fertigungsprozess.....	74
5.4	Kontaminationstoleranz der Klebstoffsysteme	79
5.4.1	Einfluss der Härtungshistorie auf die Kontaminationstoleranz.....	80
5.4.2	Zusammenhang zwischen Vernetzungsgrad und Kontaminationstoleranz.....	83
5.4.3	Einfluss des Kontaminationsgrades auf die Verbindungseigenschaften.....	85
5.5	Alterungsbeständigkeit der Klebstoffsysteme	86
5.6	Kennwertermittlung zur mathematischen Beschreibung des Klebstoffverhaltens.....	90
5.6.1	Bestimmung der Reaktionskinetik zur Beschreibung der Klebstoffvernetzung	90
5.6.2	Bestimmung der vernetzungsgradabhängigen Glasübergangstemperatur	92
5.6.3	Bestimmung des Gelpunkts.....	93

5.6.4	Bestimmung der viskoelastischen Klebstoffkennwerte.....	93
5.7	Fazit.....	96
6	Entwicklung einer Methodik zur Nachbildung der Beanspruchungen im KTL-Trocknungsprozess	98
6.1	Komponenten der Prüfmethodik	99
6.2	Steuerungs- und Messtechnik	101
7	Untersuchung des Einflusses von Gleitungsbeanspruchungen im KTL-Trocknungsprozess auf das Eigenschaftsprofil von 1K- und 2K-Klebstoffen	103
7.1	Klebstoffeigenschaften während des KTL-Trocknungsprozesses	105
7.2	Herstellung gleitungsbeanspruchter Klebverbindungen und Bewertung ihrer Eigenschaften während des KTL-Trocknungsprozesses.....	106
7.2.1	Gleitungsbeanspruchungen während der Aufheizphase.....	107
7.2.2	Gleitungsbeanspruchungen während der Abkühlphase.....	109
7.2.3	Gleitungsbeanspruchungen während der Aufheiz- und Abkühlphase	111
7.3	Untersuchung der Eigenschaften gleitungsbeanspruchter Klebschichten	112
7.3.1	Morphologische Eigenschaften gleitungsbeanspruchter Klebschichten	113
7.3.2	Feuchtigkeitsaufnahme gleitungsbeanspruchter Klebschichten.....	114
7.4	Untersuchung der Eigenschaften gleitungsbeanspruchter Klebverbindungen.....	116
7.4.1	Gleitungsbeanspruchungen während der Aufheiz- oder Abkühlphase	116
7.4.2	Gleitungsbeanspruchungen während der Aufheiz- und Abkühlphase	121
7.5	Untersuchung der Alterungsbeständigkeit gleitungsbeanspruchter Klebverbindungen.....	128
7.5.1	Verbindungseigenschaften nach einer Alterung im Kondenswasser-Konstantklima	128
7.5.2	Verbindungseigenschaften nach einer Alterung im Korrosionswechselklima	129
7.6	Fazit.....	132

8 Analyse und Bewertung des Einsatzpotenzials von induktiv vorgehärteten 2K-Klebstoffen und modifizierten 1K-Klebstoffen	136
8.1 Bewertung des Einflusses des Induktionsprozesses auf das Eigenschaftsprofil von 2K-Klebverbindungen und Festlegung von Prozessfenstern	137
8.2 Untersuchung und Bewertung des Einflusses der Eigenschaften modifizierter 1K-Klebstoffe auf die Toleranz gegenüber Gleitungsbeanspruchungen	140
9 Verifizierung der Ergebnisse an bauteilähnlichen Prüfkörpern und Bauteilen	148
9.1 Untersuchungen zur Reduzierung von Bauteilverzügen durch die Verwendung von 2K-Klebstoffen	148
9.1.1 Optische Verformungsmessungen an bauteilähnlichen Falzproben	148
9.1.2 Experimentelle Untersuchungen an Frontklappen	150
9.1.3 Verzugssimulation an Frontklappen	155
9.2 Untersuchungen zur Zulassung von Bauteilrelativverschiebungen durch die Verwendung von modifizierten gleitungstoleranten 1K-Klebstoffen....	156
9.2.1 Untersuchungen an U-Profilen	156
9.2.2 Untersuchungen an einem in eine Stahlstruktur geklebten Aluminiumdach	158
10 Zusammenfassung und Ausblick	162
11 Literaturverzeichnis	165
Anhang	XXIX
Eigene Veröffentlichungen	XLV
Lebenslauf	XLVII