

# Inhaltsverzeichnis

Abkürzungen und Formelzeichen .....	8
1 Einleitung.....	11
2 Aufgabenstellung .....	13
3 Stand der Technik .....	15
3.1 Kunststoffe im Automobilbau.....	15
3.1.1 Herstellverfahren für Bauteile aus thermoplastischen FVK .....	16
3.1.1.1 Pressen von glasmatteverstärkten Thermoplasten (GMT).....	17
3.1.1.2 Spritzgießen.....	21
3.1.2 Alterung und Abbau von thermoplastischen Kunststoffen .....	23
3.2 Metallische Werkstoffe im Automobilbau.....	24
3.3 Der Lackierprozeß in der automobilen Serienfertigung.....	25
3.4 Fügeverfahren für Verbindungen zwischen FVK und beschichteten Metallen nach dem Stand der Technik .....	26
3.4.1 Injection-moulding-assembly-Fügeverfahren .....	27
3.4.2 Fügen nach dem Herstellprozeß des thermoplastischen Fügeteils .....	27
3.4.2.1 Zusammenfassung und Bewertung der Füge- und Erwärmverfahren zum thermischen Nieten nach dem Stand der Technik .....	43
4 Probengeometrien, Versuchswerkstoffe und Versuchseinrichtungen .....	45
4.1 Probengeometrien .....	45
4.1.1 Grundwerkstoffproben .....	45
4.1.2 Einelementproben.....	45
4.1.3 Mehrelementproben.....	46
4.2 Prüfeinrichtungen und Prüfverfahren.....	47
4.2.1 Zugprüfmaschinen für statische und dynamische Kennwertermittlungen .....	47
4.2.2 Auflichtmikroskop zur Beurteilung von Schlifflen.....	49
4.2.3 Röntgenanlage zur Ermittlung von Glasfaserschwankungen .....	49
4.2.4 DSC-Analysen zur Untersuchung von fügeprozeßresultierenden Veränderungen an den Matrixwerkstoffen .....	50
4.2.5 Infrarotspektroskopie zur Untersuchung von fügeprozeßresultierenden Veränderungen an den Matrixwerkstoffen .....	52
4.3 Versuchswerkstoffe.....	55
4.3.1 Polymerwerkstoffe .....	55
4.3.2 Stahlwerkstoffe .....	59
5 Aufbau eines Modellversuchsstandes für das Warmluftnieten .....	61

6	Einfluß variierender Prozeßparameter bei der Herstellung der polymeren Fügepartner auf den Fügeprozeß und die erreichbaren Verbindungsfestigkeiten .....	65
6.1	Glasmatteverstärkte Thermoplaste .....	65
6.1.1	Relevante Parameter für Fügeprozeß und übertragbare Verbindungsfestigkeit .....	65
6.1.1.1	Auswirkungen verschiedener Herstellverfahren des GMT-Halbzeuges auf die übertragbaren Verbindungsfestigkeiten gefügter Proben .....	67
6.1.1.2	Auswirkungen der Variation der Einlegeposition des GMT-Laminates auf die übertragbaren Verbindungsfestigkeiten gefügter Proben .....	73
6.1.1.3	Auswirkungen variierender Glasfasergehalte im GMT-Laminat auf die übertragbaren Verbindungsfestigkeiten gefügter Proben .....	77
6.2	Faserverstärkter Spritzguß .....	78
6.2.1	Variation der Herstellprozeßparameter .....	78
6.2.1.1	Auswirkungen variierender Materialchargen auf die Verbindungsfestigkeit .....	79
6.2.1.2	Auswirkungen variierender Staudrücke auf die Verbindungsfestigkeit .....	80
6.2.1.3	Auswirkungen variierender Schneckendrehzahlen auf die Verbindungsfestigkeit .....	81
6.2.1.4	Auswirkungen variierender Einspritzgeschwindigkeiten auf die Verbindungsfestigkeit .....	81
6.2.1.5	Auswirkungen variierender Werkzeugtemperaturen auf die Verbindungsfestigkeit .....	82
6.2.1.6	Auswirkungen variierender Herstellprozeßparameter auf die Fügekraft-Stempelweg-Verläufe .....	83
6.2.1.7	Versagensverhalten .....	84
7	Einfluß variierender Fügeprozeßparameter auf den Fügeprozeß und die Verbindungsfestigkeit .....	88
7.1	Warmluftnieten von faserverstärktem Spritzguß .....	88
7.1.1	Einfluß variierender Erwärmparameter auf die Prozeßdauer und die Verbindungsfestigkeit .....	88
7.1.2	Abbau des Matrixwerkstoffes .....	91
7.1.3	Übertragbare Verbindungsfestigkeiten nach Wärmealterung .....	94
7.1.4	Variation des Spritzgußmaterials .....	97
7.2	Warmluftnieten von GMT .....	102

7.2.1	Einfluß variierender Erwärmparameter und Nietgeometrien auf die Prozeßdauer und die Verbindungsfestigkeit .....	102
7.2.2	Einfluß variierender Nietdomgeometrien auf die Prozeßdauer und die Verbindungsfestigkeit .....	102
7.2.3	Abbau des Matrixwerkstoffes .....	108
7.2.4	Übertragbare Verbindungsfestigkeiten nach Wärmealterung .....	111
8	Übertragbare Verbindungsfestigkeiten warmluftgenieteter Verbindungen bei schwingender Belastung .....	113
9	Korrosionsuntersuchungen an warmluftgenieteten Proben .....	120
10	Vergleich des Warmluftnietens mit ausgewählten mechanischen und klebtechnischen Fügeverfahren nach dem Stand der Technik .....	121
10.1	Blindnieten .....	121
10.1.1	Vergleich der Verbindungsfestigkeiten blindgenieteter und warmluftgenieteter Verbindungen .....	122
10.1.2	Korrosionsverhalten blindgenieteter Verbindungen .....	125
10.2	Direktverschrauben in Metalle .....	126
10.2.1	Vergleich der Verbindungsfestigkeiten direktverschraubter FVK-Metall-Verbindungen und warmluftgenieteter Verbindungen .....	127
10.2.2	Korrosionsverhalten direktverschraubter Verbindungen bei Fügerichtung FVK-Metall .....	128
10.3	Direktverschrauben in FVK .....	130
10.3.1	Vergleich der Verbindungsfestigkeiten direktverschraubter Metall-FVK-Verbindungen und warmluftgenieteter Verbindungen .....	131
10.3.2	Korrosionsverhalten direktverschraubter Verbindungen bei Fügerichtung Metall-FVK .....	134
10.4	Kleben .....	135
10.4.1	Vergleich der Verbindungsfestigkeiten geklebter und warmluftgenieteter Verbindungen .....	136
10.4.2	Korrosionsverhalten geklebter Verbindungen .....	137
10.5	Stanznieten mit Halbhohlstanzniet .....	138
11	Umsetzung der Ergebnisse .....	139
12	Zusammenfassung .....	142
13	Literatur- und Quellenverzeichnis .....	145