

Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|-----------|
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Problemstellung und Zielsetzung | 2 |
| 1.2 Vorgehensweise | 4 |
| 2 Erkenntnisstand von Wissenschaft und Technik | 7 |
| 2.1 Faserverbundkunststoffe | 7 |
| 2.1.1 Textile Verstärkungen | 7 |
| 2.1.2 Matrixpolymere | 9 |
| 2.1.3 FVK-Laminat und Leichtbauanwendungen | 11 |
| 2.2 Hybridbauweisen | 15 |
| 2.2.1 Allgemeine Betrachtung von Metall-FVK-Hybridstrukturen | 17 |
| 2.2.2 Karosserieleichtbau mit Metall-FVK-Hybridbauteilen | 19 |
| 2.3 Herstellung von FVK-Komponenten | 23 |
| 2.3.1 Verarbeitung von duroplastischen Matrixharzen | 24 |
| 2.3.2 Epoxidharze in der FVK-Fertigung | 26 |
| 2.3.3 Resin Transfer Moulding | 28 |
| 2.3.4 Prepreg-Verfahren | 29 |
| 2.3.5 Nasspressverfahren | 30 |
| 2.4 Herstellung von Metall-FVK-Hybridstrukturen | 32 |
| 2.4.1 Fügen von FVK-Komponenten | 32 |
| 2.4.2 Direkte Herstellungsverfahren für Metall-FVK-Hybridbauteile | 34 |
| 3 Modifiziertes Nasspressverfahren für Metall-FVK-Hybridbauteile | 41 |
| 3.1 Verfahrensbeschreibung | 41 |
| 3.2 Werkstoffe | 43 |
| 3.2.1 Textile Verstärkungsstruktur für nassgepresste Laminat | 43 |
| 3.2.2 Harzsysteme für nassgepresste Laminat | 45 |
| 3.2.3 Trennmittel | 46 |
| 3.2.4 Klebstoffe und Klebstofffilme | 47 |
| 3.2.5 Metallische Fügepartner | 48 |
| 3.2.6 Prepreg | 48 |

| | | |
|----------|--|-----------|
| 3.3 | Experimentelle Vorrichtungen | 49 |
| 3.3.1 | Regelbare Hydraulik-Pressvorrichtung | 49 |
| 3.3.2 | Nasspresswerkzeug für Prüfplatten | 50 |
| 3.3.3 | Presswerkzeug für hybride Metall-FVK-Hutprofile | 52 |
| 4 | Untersuchung von Matrixharzen und Klebstoffen | 55 |
| 4.1 | Verbindungseigenschaften von Matrixharzen und Klebstoffen | 55 |
| 4.1.1 | Anforderungen an stoffschlüssige Metall-FVK-Verbindungen für crashrelevante Karosseriekomponenten | 55 |
| 4.1.2 | Mechanische Untersuchungsmethoden für hybride Metall- FVK-Verbunde | 58 |
| 4.1.3 | Prüfmethode zur Bestimmung der Zugscherfestigkeit von Metall-Metall-Verklebungen | 61 |
| 4.1.4 | Ergebnisse der Zugscherprüfung von Metall-Metall- Klebstoffverbindungen | 63 |
| 4.1.5 | Prüfung des dynamischen Keil-Schlag-Widerstands | 69 |
| 4.1.6 | Diskussion der mechanischen Untersuchungen an Metall- Metall-Klebstoffverbindungen | 73 |
| 4.2 | Verarbeitungseigenschaften ausgewählter Polymersysteme | 74 |
| 4.2.1 | Untersuchung der thermischen Eigenschaften mittels dyna- mischer Differenzkalorimetrie | 76 |
| 4.2.2 | Rheometrische Untersuchung der Viskosität | 79 |
| 4.2.3 | Rheometrische Untersuchung der Gelzeit | 81 |
| 4.3 | Ableitung einer Verarbeitungsstrategie | 85 |
| 5 | Experimentelle Untersuchung des Nasspressverfahrens | 89 |
| 5.1 | Methoden zur Untersuchung des Nasspressverfahrens | 89 |
| 5.1.1 | Herstellung von Prüflaminaten im Nasspressverfahren | 89 |
| 5.1.2 | Porengehalt als Qualitätskriterium nassgepresster FVK- Laminat | 91 |
| 5.1.3 | Methode zur Quantifizierung des Porengehalts | 93 |
| 5.2 | Untersuchungen zum Einfluss des Fertigungsprozesses auf die Laminatqualität | 95 |
| 5.2.1 | Untersuchungen zur Vorverteilung des Matrixharzes | 96 |
| 5.2.2 | Untersuchung chemo-rheologischer und druckabhängiger Effekte beim Nasspressen | 99 |

| | |
|--|------------|
| 5.3 Untersuchungen zu den Verbindungseigenschaften von nassgepressten Stahl-GFK-Hybridlaminaten | 104 |
| 5.3.1 Herstellung von Stahl-GFK-Hybridproben für die Verbindungsprüfung | 104 |
| 5.3.2 Einfluss der Aushärtungsbedingungen auf Stahl-GFK-Hybridverbindungen | 107 |
| 5.3.3 Einfluss der Grenzschicht auf Stahl-GFK-Hybridverbindungen | 109 |
| 5.4 Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen an nassgepressten Hybridprüfplatten | 113 |
| 6 Untersuchungen an hybriden Metall-FVK-Hutprofilen | 115 |
| 6.1 Herstellung von hybriden Metall-FVK-Hutprofilen | 115 |
| 6.2 Laminatuntersuchungen an hybriden Metall-FVK-Hutprofilen | 118 |
| 6.3 Dynamische Biegeprüfung an hybriden Metall-FVK-Hutprofilen . . . | 121 |
| 6.4 Schlussfolgerungen aus den Untersuchungen an nassgepressten Hybridprofilen | 126 |
| 7 Zusammenfassende Diskussion und Ausblick | 129 |
| 7.1 Einflussfaktoren des Fertigungsprozesses und des Matrixharzes auf die Bauteilporosität im modifizierten Nasspressverfahren | 129 |
| 7.2 Einsatz von Klebstofffilmen zum Co-Bonding eines hybriden Bauteils | 131 |
| 7.3 Bewertung der untersuchten Werkzeug- und Prozesstechnik | 133 |
| 7.4 Ausblick | 136 |
| 8 Abkürzungen | 139 |
| 9 Formelzeichen | 141 |
| 10 Literatur | 143 |