

Dipl.-Ing. Frank Hoecker, Ludwigshafen

**Grenzflächeneffekte
in Hochleistungsfaser-
verbundwerkstoffen
mit polymeren Matrices**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **439**

INHALT

	<u>Seite</u>	
1	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG	1
1.1	Komponenten in Faserverbundkunststoffen	1
1.2	Ziel der Arbeit	4
2	GRUNDLAGEN	5
2.1	Grenzflächen / Grenzphasen	5
2.2	Theorie der Adhäsion	12
2.3	Einfluß der Grenzfläche auf das mechanische Eigenschaftsprofil	19
2.3.1	Problemkonstellation	19
2.3.2	Grundlagen zur mikromechanischen Modellierung von Faserverbundkunststoffen	21
2.3.3	Mikromechanische Verbundcharakterisierung	24
2.3.3.1	Überblick über mikromechanische Versuchsmethoden	24
2.3.3.2	Einzelfaserfragmentierungsversuch	26
2.3.3.3	Matrixtropfenabscherversuch	29
2.3.4	Makromechanische Verbundcharakterisierung	31
2.3.4.1	Allgemeines	31
2.3.4.2	Festigkeitsrelevante Kennwerte	32
2.3.4.3	Zähigkeitsrelevante Kennwerte	40
2.3.4.4	Dynamisch-mechanische Analyse	47

3	EXPERIMENTELLES	53
3.1	Werkstoffe und Herstellung der Proben	53
3.1.1	Vorbemerkungen	53
3.1.2	Duromere Systeme	54
3.1.2.1	Werkstoffe	54
3.1.2.2	Herstellung der Proben und Qualitätssicherung	56
3.1.2.2.1	Mikroverbunde	56
3.1.2.2.2	Makroverbunde	57
3.1.3	Thermoplastische Systeme	60
3.1.3.1	Werkstoffe	60
3.1.3.2	Herstellung der Proben und Qualitätssicherung	60
3.1.3.2.1	Mikroverbunde	60
3.1.3.2.2	Makroverbunde	63
3.2	Charakterisierung von Verbund und Komponenten	65
3.2.1	Oberflächenenergetische Charakterisierung der Fasermaterialien	65
3.2.2	Mikromechanische Verbundcharakterisierung	68
3.2.2.1	Vorbemerkungen	68
3.2.2.2	Faserzugfestigkeit	69
3.2.2.3	Grenzflächenscherfestigkeit	69
3.2.2.3.1	Einzelfaserfragmentierungsversuch	69
3.2.2.3.2	Abscherversuche	70
3.2.3	Makromechanische Verbundcharakterisierung	71
3.2.3.1	Vorbemerkungen	71
3.2.3.2	Festigkeitsrelevante Kennwerte	71
3.2.3.3	Zähigkeitsrelevante Kennwerte	72
3.2.3.4	Dynamisch-mechanische Analyse	75
3.2.4	Versuchsbegleitende und -ergänzende Untersuchungen	76

4	ERGEBNISSE UND DISKUSSION	77
4.1	Faseroberflächenenergien	77
4.2	Mikromechanische Verbundcharakterisierung	81
4.2.1	Faserzugfestigkeit	81
4.2.2	Grenzflächenscherfestigkeit	84
4.2.2.1	Duromere CF/EP und GF/EP - Verbunde	84
4.2.2.2	Thermoplastische GF/PP - Verbunde	97
4.3	Makromechanische Verbundcharakterisierung	106
4.3.1	Festigkeitsrelevante Kennwerte unidirektionaler Verbunde	106
4.3.1.1	Festigkeiten in Faserrichtung	106
4.3.1.2	Festigkeiten senkrecht zur Faserrichtung	111
4.3.1.3	Scherfestigkeiten	115
4.3.1.4	Festigkeiten bei multiaxialer Belastung	120
4.3.2	Festigkeitsrelevante Kennwerte multidirektionaler Verbunde	125
4.3.3	Zähigkeitsrelevante Kennwerte	127
4.3.4	Dynamisch-mechanische Analyse	139
4.4	Korrelationsmöglichkeiten und Bewertung	144
5	ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK	150
6	ANHANG	154
7	LITERATURVERZEICHNIS	168