

Dipl.-Phys. Thomas Fend, Köln

**Interlaminare Scherfestigkeit
und Ermüdungsverhalten
zweidimensional verstärkter
Kohlenstoffaser/Kohlenstoff-
matrix (C/C)-Verbundwerkstoffe**

Reihe **18**: Mechanik/
Bruchmechanik

Nr. **196**

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	1
2 Der Hochtemperatur-Leichtbauwerkstoff C/C	5
2.1 Grundlegende Eigenschaften	5
2.2 Eigenschaften der Verbundwerkstoff-Komponenten	7
2.3 Elastische Konstanten und Symmetrieeigenschaften eines zweidimensional ver- stärkten Laminatwerkstoffs	11
2.4 Untersuchter Werkstoff CF222	13
2.5 Gefüge	17
2.5.1 Laminataufbau	17
2.5.2 Schwachstellen im Grobgefüge	18
2.5.3 Mikrostruktur der Matrix im Intrabündelbereich	23
3 Experimentelle Untersuchungen	25
3.1 Ziel der experimentellen Untersuchungen	25
3.2 Biegeversuche	25
3.2.1 Monotone Biegebeanspruchung	25
3.2.1.1 Kurzbiegeversuch zur Bestimmung der Interlaminaren Scherfestigkeit (ILS)	25
3.2.1.2 Experimenteller Aufbau	28
3.2.1.3 Weibull-Statistik zur Darstellung der Versuchsergebnisse ...	29
3.2.2 Bestimmung der elastischen Eigenschaften	30
3.2.2.1 Experimentelle Methoden	30
3.2.2.2 Bestimmung von G_{13} und E_{11} aus den Biegeversuchen	31
3.2.3 Bestimmung der zyklischen Biegeeigenschaften Kurzbiegeversuchen ..	33
3.2.3.1 Versuchsaufbau	33
3.2.3.2 Meßdatenspeicherung	33
3.2.4 Untersuchung des Kriechverhaltens	34
3.3 Fraktographische Untersuchungen	35

VI

3.3.1	Probenpräparation zur besseren Erkennbarkeit der Schädigungsprozesse	35
3.3.2	Aufbau einer speziellen Belastungsvorrichtung für in-situ Untersuchungen	35
4	Ergebnisse der experimentellen Untersuchungen	38
4.1	Monotone Biegebeanspruchung	38
4.1.1	Last-Durchbiegungs-Verhalten und Versagensmechanismen	38
4.1.2	Interlaminare Scherfestigkeit (RT)	41
4.1.3	Interlaminare Scherfestigkeit bei (-196°C)	44
4.1.4	Probenformabhängigkeit der ILS	45
4.1.5	Zusammenhang zwischen der Tangentensteigung der Last-Durchbiegungskurve im nicht linear-elastischen Bereich und der Maximallast	49
4.2	Elastische Eigenschaften	52
4.2.1	Der Interlaminare Schermodul G_{13}	52
4.2.2	Der E-Modul in Faserrichtung	54
4.3	Zyklische Biegebeanspruchung	56
4.3.1	Last-Durchbiegungskurven	56
4.3.2	Beobachtete Steifigkeitsverläufe	60
4.3.3	Energieabsorption	66
4.3.4	Lebensdauerdiagramme	69
4.3.5	Fraktographische Untersuchungen	74
4.4	Konstante Biegebeanspruchung	78
5	Berechnung der Spannungsverteilung in der Biegeprobe	80
6	Diskussion der Untersuchungsergebnisse	86
7	Zusammenfassung	95
Literatur	97