

Dipl.-Ing. Gerald Rausch, Bremen

**Faktoren der  
Hochtemperaturstabilität  
keramischer  
Faserverbundwerkstoffe  
unter oxidierenden  
Bedingungen**

Reihe **5**: Grund- und Werkstoffe

Nr. **501**

# Inhalt

<b>Formelzeichen</b>	<b>VIII</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>X</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
<b>2 Aufgabenstellung und Zielsetzung</b>	<b>3</b>
<b>3 Hochtemperatureinsatz keramischer Faserverbundwerkstoffe an Luft – Literaturüberblick</b>	<b>4</b>
3.1 Eigenschaften keramischer Fasern . . . . .	4
3.2 Hochtemperatureigenschaften keramischer Faserverbundwerkstoffe an Luft . . . . .	13
3.2.1 Werkstoffe ohne Oxidationsschutz . . . . .	13
3.2.2 Werkstoffe mit Oxidationsschutz . . . . .	16
<b>4 Werkstoffherstellung und Gefügeentwicklung</b>	<b>18</b>
4.1 Herstellung keramischer Verbundwerkstoffe durch Pyrolyse Silizium-organischer Polymere . . . . .	18
4.2 Schrumpfung und Porositätsentwicklung während der Pyrolyse von Polymer/Füller-Gemischen . . . . .	21
<b>5 Verbundwerkstoffe für den Hochtemperatureinsatz in oxidierender Atmosphäre</b>	<b>31</b>
5.1 Werkstoffkonzepte . . . . .	31
5.2 Untersuchte Werkstoffe . . . . .	32
<b>6 Prüfmethoden und Versuchsprogramm</b>	<b>39</b>
6.1 Zugversuch . . . . .	39
6.2 Biegeversuch . . . . .	40
6.3 Scherversuch . . . . .	41
6.4 SENB-Versuch . . . . .	42
6.5 Indenterversuch . . . . .	43
6.6 Versuchsprogramm und Probenabmessungen . . . . .	44
<b>7 Tyranno/Si-C-O ohne äußeren Oxidationsschutz</b>	<b>46</b>
7.1 Oxidation der Grenzschicht . . . . .	46

7.1.1	Charakterisierung der Grenzfläche im Ausgangszustand . . . . .	46
7.1.2	Oxidation der C-Grenzschicht und Auswirkungen auf die spezifische Grenzflächenenergie $\Gamma_i$ . . . . .	48
7.2	Oxidation der Matrix . . . . .	54
7.2.1	Charakterisierung der Matrixkomponenten . . . . .	54
7.2.2	Thermogravimetrische Analyse der Oxidation der Matrixkomponenten . . . . .	57
7.3	Auswirkungen der Grenzschicht- und Matrixoxidation auf die mechanischen Verbundeigenschaften . . . . .	63
7.4	Zusammenfassung . . . . .	76
<b>8</b>	<b>Oxid/Oxid-Verbundwerkstoffe am Beispiel Nextel/Mullit</b>	<b>77</b>
8.1	Einfluß der Faserfestigkeit auf die mechanischen Verbundeigenschaften . . . . .	77
8.1.1	Festigkeit der Nextel-Faser . . . . .	77
8.1.2	Korrelation Faserfestigkeit – Verbundfestigkeit . . . . .	81
8.1.3	Quantitative Beschreibung des Einflusses der Faserfestigkeit auf die Verbundfestigkeit. . . . .	84
8.2	Grenzflächeneigenschaften . . . . .	90
8.3	Kriechen . . . . .	100
8.4	Zusammenfassung . . . . .	110
<b>9</b>	<b>Hi-Nicalon/SiC mit Oxidationsschutz</b>	<b>112</b>
9.1	Prinzipielle Funktionsweise des Oxidationsschutzes . . . . .	112
9.2	Hochtemperatur-Kurzzeiteigenschaften und Kriecheigenschaften von Hi-Nicalon/SiC . . . . .	115
9.3	Berechnung der Spannungsumlagerung zwischen Faser und Matrix im Zugkriechversuch . . . . .	118
9.4	Zusammenfassung . . . . .	126
<b>10</b>	<b>Diskussion</b>	<b>128</b>
10.1	Oxidationsmechanismen in einem bedingt oxidationsstabilen 0°/90°-Verbundwerkstoff am Beispiel von Tyranno/Si-C-O . . . . .	128
10.2	Zur Problematik der Spannungsumlagerung im Zugkriechversuch an Faserverbundwerkstoffen . . . . .	134

<i>INHALT</i>	VII
<b>11 Schlußfolgerungen</b>	<b>139</b>
<b>A Zusammensetzung des Tyranno/Si-C-O Werkstoffs</b>	<b>141</b>
<b>B Berechnung des Last-Verschiebungs-Diagramms im     SENB-Versuch</b>	<b>143</b>
<b>Literatur</b>	<b>146</b>