

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einleitung</b> .....	<b>1</b>
<b>2. Problemstellung und Zielsetzung</b> .....	<b>3</b>
<b>3. Stand der Technik</b> .....	<b>8</b>
<b>3.1. Keramische Faserverbundwerkstoffe</b> .....	<b>8</b>
3.1.1. Zähigkeitssteigernde Mechanismen .....	10
3.1.2. Herstellung nichtoxidischer keramischer Faserverbundwerkstoffe .....	12
3.1.3. Anwendungen.....	21
<b>3.2. MAX-Phasen</b> .....	<b>22</b>
<b>3.3. MAX-Phase im System Ti-Si-C: Ti<sub>3</sub>SiC<sub>2</sub></b> .....	<b>24</b>
3.3.1. Die Synthese von Ti <sub>3</sub> SiC <sub>2</sub> .....	25
3.3.2. Eigenschaften.....	27
<b>4. Experimentelles</b> .....	<b>30</b>
<b>4.1. Ausgangsmaterialien</b> .....	<b>30</b>
4.1.1. Kohlenstoffpulver.....	30
4.1.2. Siliziumpulver .....	31
4.1.3. Titanpulver .....	31
4.1.4. Titankarbidpulver .....	31
4.1.5. Phenolharz.....	31
4.1.6. Kohlenstofffasergewebe .....	31
4.1.7. Siliziumgranulat .....	32
<b>4.2. Herstellung der Presslinge für Reaktivitätsuntersuchungen</b> .....	<b>32</b>
<b>4.3. Herstellung der keramischen Verbundwerkstoffe</b> .....	<b>33</b>
4.3.1. CFK-Fertigung .....	33
4.3.2. Pyrolyse .....	35
4.3.3. Silizierung.....	36

<b>4.4. Charakterisierungsmethoden .....</b>	<b>39</b>
4.4.1. Lichtmikroskopische Untersuchungen .....	39
4.4.2. Rasterelektronenmikroskopische Untersuchungen und Energiedispersive Röntgenspektroskopie .....	39
4.4.3. Röntgenographische Untersuchungen .....	40
4.4.4. Ermittlung des Faservolumengehalts.....	41
4.4.5. Ermittlung der Dichte und offenen Porosität.....	41
4.4.6. Messung der Längenänderung.....	42
4.4.7. Ermittlung der thermischen Eigenschaften.....	43
4.4.8. Ermittlung der Biegefestigkeit.....	44
<b>5. Ergebnisse und Diskussion .....</b>	<b>46</b>
<b>5.1. Bildungsbedingungen der MAX-Phase <math>Ti_3SiC_2</math> .....</b>	<b>46</b>
5.1.1. Abhängigkeit von der Auslagerungstemperatur .....	47
5.1.2. Variation der Auslagerungsdauer .....	54
5.1.3. Variation der Kohlenstoffart.....	55
5.1.4. Siliziuminfiltration in Titan-Kohlenstoff-Körper .....	58
5.1.5. Substitution von Titan durch Titankarbid.....	59
5.1.6. Schlussfolgerungen für die MAX-Phasenbildung in Verbundwerkstoffen.....	61
<b>5.2. Phänomenologische Beschreibung der Rissentstehung während der Pyrolyse .....</b>	<b>63</b>
5.2.1. Thermisches Verhalten der Einzelkomponenten .....	63
5.2.2. Rissentstehung in Matrixproben.....	66
5.2.3. Rissentstehung in Verbundwerkstoffen.....	69
5.2.4. Modell zur Rissentstehung in Abhängigkeit vom Titankarbidgehalt.....	72
<b>5.3. Herstellung von Matrixmischungen mit unterschiedlichem Titankarbidgehalt.....</b>	<b>74</b>
5.3.1. Thermische Eigenschaften der Matrixmischungen .....	75
5.3.2. Mikrostruktur.....	81
<b>5.4. Herstellung von keramischen Verbundwerkstoffen mit MAX-Phasenhaltiger Matrix .....</b>	<b>83</b>
5.4.1. CFK-Herstellung .....	84
5.4.2. Pyrolyse der CFK-Körper.....	88

5.4.3. Silizierung der C/C-TiC-Körper .....	97
5.4.4. Biegefestigkeit .....	103
<b>6. Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>109</b>
<b>7. Summary and Outlook.....</b>	<b>113</b>
<b>8. Anhang.....</b>	<b>117</b>
8.1. Literaturverzeichnis .....	117
8.2. Abbildungsverzeichnis.....	127
8.3. Tabellenverzeichnis .....	132
8.4. Eigene wissenschaftliche Veröffentlichungen .....	134