

# INHALTSVERZEICHNIS

<b>Formelzeichen, Abkürzungen .....</b>	<b>VIII</b>
<b>1 Einleitung und Zielsetzung .....</b>	<b>1</b>
<b>2 Risswachstum in homogenen und isotropen Materialien .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 Bruchmechanische Grundlagen .....</b>	<b>5</b>
2.1.1 Spannungsverteilung und Spannungsintensitätsfaktoren .....	5
2.1.2 Rissbeanspruchungsarten .....	6
2.1.3 Risswachstum infolge statischer Belastung .....	7
2.1.4 Risswachstum infolge zyklischer Belastung .....	8
<b>2.2 Bruchkriterien für homogene und isotrope Materialien .....</b>	<b>12</b>
2.2.1 Bruchkriterium nach GRIFFITH .....	12
2.2.2 <i>K</i> -Konzept zur Vorhersage des instabilen Risswachstums .....	13
2.2.3 Kriterium der maximalen Tangentialspannung nach ERDOGAN und SIH .....	13
2.2.4 Bruchkriterium nach RICHARD .....	15
2.2.5 Bruchkriterium nach NUISMER .....	16
2.2.6 Bruchkriterium nach AMESTOY, BUI und DANG VAN .....	17
2.2.7 Bruchkriterium der Verzerrungsenergiegedichte nach SIH .....	17
2.2.8 Weitere Rissausbreitungskriterien .....	18
<b>2.3 Vergleich der Bruchkriterien und experimentelle Verifikation .....</b>	<b>18</b>
<b>3 Funktional gradierte Materialien .....</b>	<b>22</b>
<b>3.1 Definitionen .....</b>	<b>22</b>
3.1.1 Bruchmechanisch gradierte Materialien .....	23
3.1.2 Elastisch gradierte Materialien .....	23
3.1.3 Bruchmechanisch und elastisch gradierte Materialien .....	24
<b>3.2 Historie, Anwendungsgebiete und Herstellung der FGM .....</b>	<b>24</b>
3.2.1 Zeitliche Entwicklung .....	24
3.2.2 Vorteile und Anwendungsgebiete .....	25
3.2.3 Herstellung funktional gradierter Materialien und Strukturen .....	27
<b>3.3 Funktional gradierte Materialien und Bruchmechanik .....</b>	<b>29</b>
3.3.1 Auswirkungen einer Materialgradierung auf das bruchmechanische Verhalten .....	30
3.3.2 Materialfunktionen zur Beschreibung gradierter Materialien .....	32
3.3.3 Offene Fragestellungen .....	33

<b>4</b>	<b>Risswachstum in bruchmechanisch gradierten Materialien .....</b>	<b>35</b>
4.1	Einfluss einer bruchmechanischen Materialgradierung auf die Rissausbreitung .....	36
4.2	TSSR-Konzept zur Vorhersage der Rissausbreitung .....	42
4.2.1	Beginn des Risswachstums und Rissausbreitungsrichtung.....	44
4.2.2	Vorgehensweise zur Ermittlung des weiteren Risswachstums .....	48
4.2.3	Eintritt des instabilen Risswachstums.....	50
4.3	TSSR-Konzept für verschiedene Anwendungs- und Sonderfälle .....	51
4.3.1	Verschiedene Gradierungswinkel $\varphi_M$ .....	51
4.3.2	Verschiedene Belastungssituationen.....	54
4.3.3	Unterschiedliche Materialkennwerte .....	57
4.3.4	Kontinuierliche Materialübergänge .....	60
4.4	Erweiterung des TSSR-Konzepts auf dreidimensionale Problemstellungen.....	65
<b>5</b>	<b>Experimentelle Untersuchungen zur Rissausbreitung in gradierten Materialien....</b>	<b>69</b>
5.1	Proben und Materialien.....	69
5.2	Versuche zur bruchmechanischen Charakterisierung der Materialbereiche .....	71
5.2.1	Versuchsaufbau.....	71
5.2.2	Versuchsdurchführung.....	72
5.2.3	Versuchsauswertung .....	74
5.3	Experimentelle Untersuchungen zur Rissausbreitung in gradierten Materialien .....	76
5.3.1	Einfluss der bruchmechanischen Materialgradierung auf die Rissgeschwindigkeit.....	76
5.3.2	Einfluss der bruchmechanischen Materialgradierung auf die Rissausbreitungsrichtung .....	81
<b>6</b>	<b>Implementierung des TSSR-Konzepts in analytische und numerische Programme</b>	<b>85</b>
6.1	Analytische und numerische Programme zur Vorhersage der Rissausbreitung .....	86
6.1.1	Programmsystem FRANC/FAM .....	87
6.1.2	Programmsystem ADAPCRACK3D .....	88
6.2	Umsetzung des TSSR-Konzepts in ein analytisches Berechnungstool .....	89
6.2.1	Scharfer Materialübergang .....	90
6.2.2	Kontinuierlicher Materialübergang.....	91
6.3	Implementierung des TSSR-Konzepts in das numerische Rissausbreitungssimulationsprogramm FRANC/FAM.....	92
6.3.1	Schaltfläche AUTOMATIC.....	94
6.3.2	Durchführung der Simulation .....	95

<b>7</b>	<b>Simulation der Rissausbreitung in bruchmechanisch gradierten Bauteilen und Strukturen .....</b>	<b>97</b>
7.1	<b>2D-Rissausbreitungssimulationen in bruchmechanisch gradierten Bauteilen.....</b>	<b>98</b>
7.1.1	Rissausbreitung bei Mode I Belastung .....	99
7.1.2	Rissausbreitung bei Mixed Mode Belastung .....	101
7.2	<b>3D-Rissausbreitungssimulationen in bruchmechanisch gradierten Bauteilen und Strukturen .....</b>	<b>103</b>
7.2.1	3D-Risswachstumssimulationen in einer Flanschswelle.....	104
7.2.2	3D-Risswachstumssimulation in einer Flachprobe .....	108
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>111</b>
	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>114</b>