

INHALTSVERZEICHNIS

Formelzeichen, Abkürzungen	VIII
1 Einleitung und Zielsetzung	1
2 Risswachstum in homogenen und isotropen Materialien	4
2.1 Bruchmechanische Grundlagen	5
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
2.2 Bruchkriterien für homogene und isotrope Materialien	12
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
2.3 Vergleich der Bruchkriterien und experimentelle Verifikation	18
3 Funktional gradierte Materialien	22
3.1 Definitionen	22
3.1.1 Bruchmechanisch gradierte Materialien	23
3.1.2 Elastisch gradierte Materialien	23
3.1.3 Bruchmechanisch und elastisch gradierte Materialien	24
3.2 Historie, Anwendungsgebiete und Herstellung der FGM	24
3.2.1 Zeitliche Entwicklung	24
3.2.2 Vorteile und Anwendungsgebiete	25
3.2.3 Herstellung funktional gradierter Materialien und Strukturen	27
3.3 Funktional gradierte Materialien und Bruchmechanik	29
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

4	Risswachstum in bruchmechanisch gradierten Materialien	35
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 φ_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
5	Experimentelle Untersuchungen zur Rissausbreitung in gradierten Materialien....	69
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
6	Implementierung des TSSR-Konzepts in analytische und numerische Programme	85
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

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