

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	X
1 Einleitung	1
2 Risswachstum unter Mixed-Mode-Beanspruchung	5
2.1 Grundlagen der linear-elastischen Bruchmechanik	5
2.1.1 Rissbeanspruchungsarten	5
2.1.2 Spannungsverteilung bei räumlichen Rissproblemen	6
2.1.3 Spannungsintensitätsfaktoren	9
2.1.3.1 Vergleichsspannungsintensitätsfaktoren	10
2.1.3.2 Numerische Ermittlung von Spannungsintensitätsfaktoren	10
2.1.4 Vorhersage des instabilen Risswachstums bei Mixed-Mode-Beanspruchung	12
2.1.5 Rissausbreitungsrichtung unter Mixed-Mode-Beanspruchung	13
2.1.6 Bruchmechanischer Festigkeitsnachweis	15
2.2 Ermüdungsrisswachstum unter Mixed-Mode-Beanspruchung	16
2.3 Bruchkriterien bei räumlicher Mixed-Mode-Beanspruchung	18
2.3.1 Kriterium der Verzerrungsenergiedichte	18
2.3.2 Kriterium nach POOK	21
2.3.3 σ_1^1 -Kriterium	21
2.3.4 Bruchkriterium nach RICHARD	23
2.3.5 MTU-Kriterium nach DHONDT	24
2.3.6 Vergleich der Bruchkriterien	24
2.3.6.1 Ablenkwinkel φ_0	25
2.3.6.2 Verdrehwinkel ψ_0	25
2.3.6.3 Bruchgrenzkurve	25
2.4 Simulation des Ermüdungsrisswachstums	29
3 Proben und Vorrichtungen für Mixed-Mode-Beanspruchungen	31
3.1 Anforderungen an Mixed-Mode-Proben	31
3.2 Vergleich verschiedener Probenkonzepte	33
3.2.1 Standardproben mit gedrehtem Anriss	33
3.2.1.1 3-Punkt-Biege-Probe mit schrägem Anriss	34
3.2.1.2 CT-Probe mit schrägem Anriss	35
3.2.1.3 SET-Probe mit schrägem Anriss	36
3.2.1.4 MT-Probe mit schrägem Anriss	36
3.2.2 Torsionsproben	37

3.2.2.1	Rundprobe unter Torsion und Zug	37
3.2.2.2	Torsionsstab mit Innenbohrung	38
3.2.2.3	Einseitig gekerbte Proben unter Torsion	39
3.2.2.4	4PB-Probe mit überlagerter Torsion	40
3.2.2.5	DEN-Probe unter Zug und Torsion	41
3.2.3	Rundproben unter Schub	41
3.2.4	SEN-Proben mit drehbarer Halterung	42
3.2.4.1	CTS-Probe	43
3.2.4.2	CTS-Probe mit gedrehtem Anriss	43
3.2.4.3	4PS-Probe	44
3.2.4.4	AFM-Probe	45
3.2.5	Bewertung der Probenkonzepte	46
3.3	Weiterentwicklung der AFM zur CTSR-Probe	48
3.3.1	Numerische Untersuchung der AFM-Probe	48
3.3.1.1	Randbedingungen	48
3.3.1.2	Ergebnisse Lastfall a	50
3.3.1.3	Ergebnisse Lastfall b:	52
3.3.1.4	Ergebnisse Lastfall c:	53
3.3.1.5	Beurteilung der Berechnungsergebnisse	55
3.3.1.6	Reduktion der Mode-Kopplung	56
3.3.2	CTSR-Probe	58
3.3.2.1	Anforderungen	58
3.3.2.2	Probenkonzept	58
3.3.2.3	Halterungskonzept	60
3.3.2.4	Parallelführung	63
3.3.2.5	Bewertung des Konzepts	64
3.3.2.6	Geometriefaktorbestimmung	65
3.3.3	Alternative Probenformen	65
3.3.3.1	MTSR-Probe	67
3.3.3.2	CTSR-N-Probe	68
4	Experimentelle Untersuchungen zum Risswachstum	69
4.1	Material	69
4.2	Versuchsaufbau und -durchführung	70
4.2.1	Risslängenmessung	71
4.2.1.1	Optische Risslängenmessung	71
4.2.1.2	Gleichstrompotentialmethode	72
4.2.2	Bestimmung der Risszähigkeit	73
4.2.3	Bestimmung der Thresholdwerte	75

4.2.4	Bestimmung der Rissablenkwinkel	79
4.3	Beschreibung der Versuchsreihen	81
4.4	Ergebnisse	82
4.4.1	Risszähigkeit PMMA	82
4.4.2	EN AW-7075-T651	84
4.4.2.1	Risszähigkeiten	86
4.4.2.2	Thresholdwerte	86
4.4.2.3	Abnickwinkel	87
4.4.3	Fehlerbetrachtung	87
5	Bewertung der bruchmechanischen Kriterien bei räumlicher Rissausbreitung	89
5.1	Risszähigkeit unter Mixed-Mode-Beanspruchung	89
5.2	Thresholdwert der Ermüdungsrissausbreitung	91
5.3	Abnickwinkel	92
5.4	Schlussfolgerungen	96
6	Rissausbreitungssimulation bei dreidimensionaler Belastung	97
6.1	Vergleich der gemessenen und simulierten Rissverläufe	97
6.2	Anpassung der Kriterien	101
7	Zusammenfassung und Ausblick	103
A	Technische Zeichnungen	106
	Vorveröffentlichungen	108
	Literaturverzeichnis	109