
Technische Bruchmechanik

3., stark überarbeitete Auflage
Mit 209 Abbildungen und 48 Tabellen



Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig · Stuttgart

Inhaltsverzeichnis

Einführung	10
1. Versagen durch Bruch	13
1.1. Bemerkenswerte Schadensfälle	13
1.2. Bruchkriterien	15
1.2.1. Theoretische Bruchfestigkeit	15
1.2.2. Reißmodelle	17
1.2.3. Stadien des Bruchvorganges	19
1.3. Bruchmechanismen und Brucharten	21
1.3.1. Entstehen und Ausbreiten von Mikrorissen	21
1.3.2. Brucharten	23
1.3.3. Analyse von Bruchflächen	28
1.4. Risse in Halbzeugen und Bauteilen	29
1.4.1. Aussehen makroskopischer Risse	29
1.4.2. Reißentstehung während der Fertigung	30
1.4.3. Reißentstehung durch Betriebsbeanspruchung	34
1.4.4. Nachweis von Rissen und Werkstoffschädigungen	35
2. Konventionelle Bruchsicherheitsanalysen	39
2.1. Festigkeitsnachweis	39
2.2. Zähigkeitsnachweis	42
2.2.1. Zähigkeitsnachweis mit Hilfe von Übergangstemperaturen	42
2.2.2. Zähigkeitsnachweis mit Hilfe von Grenztemperaturen	44
2.3. Bruchsicherheits-Diagramme	49
3. Konzepte der Bruchmechanik	52
3.1. Linear-elastische Bruchmechanik	52
3.1.1. Konzept der Spannungsintensität	53
3.1.2. Ermittlung der Spannungsintensitätsfaktoren	58

3.1.3.	Konzept der Energiebilanz	63
3.1.4.	LEBM und Kleinbereichsfließen	64
3.1.5.	Rißwiderstandskurve der LEBM	66
3.2.	Fließbruchmechanik	67
3.2.1.	CTOD-Konzept	67
3.2.2.	<i>J</i> -Integral-Konzept	69
3.2.3.	Rißwiderstandskurve der Fließbruchmechanik	71
3.3.	Konzepte für stabiles Rißwachstum	74
3.3.1.	Rißwachstum bei schwingender Beanspruchung	74
3.3.2.	Rißwachstum bei thermischer Langzeitbeanspruchung	79
3.3.3.	Rißwachstum bei Spannungsrißkorrosion	80
3.4.	Konzepte der dynamischen Bruchmechanik	81
3.4.1.	Dynamische Rißeinleitung	81
3.4.2.	Dynamische Rißausbreitung	82
3.5.	Probabilistische Bruchmechanik	85
4.	Ermittlung bruchmechanischer Werkstoffkennwerte	86
4.1.	Kennwerte des LEBM-Konzeptes bei statischer Beanspruchung	86
4.1.1.	Ermittlung der Bruchzähigkeit K_{Ic}	86
4.1.1.1.	Probenherstellung und Probenform	86
4.1.1.2.	Versuchsdurchführung	92
4.1.1.3.	Versuchsauswertung	95
4.1.2.	Spezielle experimentelle Methoden und Probenformen zur Ermittlung von K_{Ic}	98
4.1.2.1.	Rißwiderstandskurve der LEBM	98
4.1.2.2.	Eindruck-Bruchmechanik	100
4.1.2.3.	Spezielle Probenformen	101
4.1.2.4.	Korrelationen zwischen der Bruchzähigkeit K_{Ic} und konventionellen Werkstoffkennwerten	106
4.2.	Kennwerte des Fließbruchmechanik-Konzeptes bei statischer Beanspruchung ..	108
4.2.1.	Ermittlung von Rißwiderstandskurve und Rißeinleitungszähigkeit	108
4.2.1.1.	Probenherstellung und Probenform	109
4.2.1.2.	Versuchsdurchführung und -auswertung	110
4.2.2.	Spezielle Verfahren	120
4.2.2.1.	Direkte CTOD-Messung	120
4.2.2.2.	Spezielle experimentelle Methoden	120
4.3.	Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte unter Medieneinfluß	122
4.3.1.	Probenform	122
4.3.2.	Versuchsdurchführung und -auswertung	122

4.4. Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte bei schwingender Beanspruchung . . .	124
4.4.1. Probenformen	124
4.4.2. Versuchsdurchführung und -auswertung	124
4.5. Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte bei thermischer Langzeitbeanspruchung	125
4.6. Ermittlung bruchmechanischer Kennwerte bei dynamischer Beanspruchung	126
4.6.1. Ermittlung der dynamischen Bruchzähigkeit für Risseinleitung	126
4.6.1.1. Probenformen	126
4.6.1.2. Versuchsdurchführung und -auswertung bei linear-elastischem Werkstoffverhalten	127
4.6.1.3. Versuchsdurchführung und -auswertung bei elastisch-plastischem Werkstoffverhalten	131
4.6.2. Ermittlung der dynamischen Bruchzähigkeit für Rißauffang	133
4.6.2.1. Probenform	133
4.6.2.2. Versuchsdurchführung und -auswertung	133
4.6.3. Korrelationen zwischen bruchmechanischen und konventionellen Kennwerten bei dynamischer Beanspruchung	136
5. Bruchmechanische Werkstoffkennwerte	138
5.1. Stähle	139
5.1.1. Maschinenbaustähle	139
5.1.2. Druckbehälterstähle	147
5.1.3. Hochfeste schweißbare Baustähle	154
5.1.4. Werkzeugstähle	163
5.2. Eisengußwerkstoffe	167
5.3. Leichtmetall-Legierungen	174
5.3.1. Aluminiumlegierungen	174
5.3.2. Titanlegierungen	178
5.4. Polymerwerkstoffe	179
5.5. Keramische Werkstoffe	182
5.6. Sinter- und Verbundwerkstoffe	186
5.7. Baustoffe	191
6. Bruchsicherheitskonzepte und Anwendungsbeispiele	193
6.1. Bewertung der Bruchsicherheit und Lebensdauerberechnung	193
6.1.1. Bruchsicherheitskonzepte der linear-elastischen Bruchmechanik	193
6.1.2. Bruchsicherheitskonzepte der Fließbruchmechanik	201

6.1.2.1. CTOD-Konzept	202
6.1.2.2. J -Integral-Konzept	205
6.1.3. Plastisches Grenzlastkonzept	208
6.1.4. »Failure-Assessment«-Diagramm (FAD)	209
6.1.5. Bruchkontrollpläne	211
6.2. Anwendungsbeispiele	214
6.2.1. Behälter- und Rohrleitungsbau	214
6.2.2. Maschinenbau	221
6.2.3. Stahlbau	225
6.3. Schadensfallanalyse	228
Literatur- und Quellenverzeichnis	231
Sachwörter- und Namensverzeichnis	241