

Dietmar Gross

Bruchmechanik

Zweite neubearbeitete
und erweiterte Auflage

Mit 127 Abbildungen



Springer



Inhaltsverzeichnis

Einführung	1
1 Einige Grundlagen der Festkörpermechanik	4
1.1 Spannung	4
1.1.1 Spannungsvektor	4
1.1.2 Spannungstensor	6
1.1.3 Gleichgewichtsbedingungen	10
1.2 Deformation und Verzerrung	10
1.2.1 Verzerrungstensor	10
1.2.2 Verzerrungsgeschwindigkeit	13
1.3 Stoffgesetze	14
1.3.1 Elastizität	14
1.3.1.1 Linear elastisches Material	14
1.3.1.2 Formänderungsenergiedichte	15
1.3.1.3 Nichtlinear elastisches Material	15
1.3.2 Viskoelastizität	17
1.3.2.1 Linear viskoelastisches Material	17
1.3.2.2 Nichtlinear viskoelastisches Material, Kriechen	18
1.3.3 Plastizität	20
1.3.3.1 Fließbedingung	21
1.3.3.2 Inkrementelle Theorie	22
1.3.3.3 Deformationstheorie	24
1.4 Energieprinzipien	25
1.4.1 Energiesatz	25
1.4.2 Prinzip der virtuellen Arbeit	26
1.4.3 Satz von Clapeyron, Satz von Betti	27
1.5 Ebene Probleme	28
1.5.1 Allgemeines	28
1.5.2 Lineare Elastizität, Komplexe Methode	30
1.5.3 Ideal plastisches Material, Gleitlinienfelder	31
2 Klassische Bruch- und Versagenshypothesen	34
2.1 Grundbegriffe	34
2.2 Versagenshypothesen	35
2.2.1 Hauptspannungshypothese	36
2.2.2 Hauptdehnungshypothese	36
2.2.3 Formänderungsenergiehypothese	37
2.2.4 Coulomb–Mohr Hypothese	38

2.2.5	Drucker–Prager Hypothese	41
2.3	Deformationsverhalten beim Versagen	42
3	Ursachen und Erscheinungsformen des Bruchs	44
3.1	Mikroskopische Aspekte	44
3.1.1	Oberflächenenergie, Theoretische Festigkeit	44
3.1.2	Mikrostruktur und Defekte	46
3.1.3	Rißbildung	47
3.2	Makroskopische Aspekte	49
3.2.1	Rißausbreitung	49
3.2.2	Brucharten	50
4	Lineare Bruchmechanik	52
4.1	Allgemeines	52
4.2	Das Rißspitzenfeld	53
4.2.1	Zweidimensionale Rißspitzenfelder	53
4.2.2	Modus I Rißspitzenfeld	58
4.2.3	Dreidimensionales Rißspitzenfeld	60
4.3	K -Konzept	60
4.4	K -Faktoren	62
4.4.1	Beispiele	63
4.4.2	Integralgleichungsformulierung	69
4.4.3	Methode der Gewichtsfunktionen	71
4.4.4	Rißwechselwirkung	74
4.5	Die Bruchzähigkeit K_{Ic}	78
4.6	Energiebilanz	80
4.6.1	Energiefreisetzung bei Rißfortschritt	80
4.6.2	Energiefreisetzungsrates	82
4.6.3	Nachgiebigkeit, Energiefreisetzungsrates und K -Faktoren	83
4.6.4	Energiesatz, Griffithsches Bruchkriterium	85
4.6.5	J -Integral	89
4.6.5.1	Erhaltungintegrale vom J -Typ	89
4.6.5.2	Verallgemeinerte Kräfte	91
4.6.5.3	J -Integral als Rißbeanspruchungsparameter	93
4.7	Kleinbereichsfließen	96
4.7.1	Größe der plastischen Zone, Irwinsche Rißlängenkorrektur	96
4.7.2	Qualitative Bemerkungen zur plastischen Zone	98
4.8	Stabiles Rißwachstum	99
4.9	Gemischte Beanspruchung	102
4.10	Ermüdungsrißwachstum	108
4.11	Der Grenzflächenriß	109
5	Elastisch plastische Bruchmechanik	114
5.1	Allgemeines	114
5.2	Dugdale Modell	115
5.3	Rißspitzenfeld	119

5.3.1	Ideal plastisches Material	119
5.3.1.1	Longitudinaler Schub, Modus III	119
5.3.1.2	Ebener Verzerrungszustand, Modus I	121
5.3.2	Deformationstheorie, HRR-Feld	124
5.4	Bruchkriterium	129
5.5	Bestimmung von J	132
5.6	Bestimmung von J_c	133
5.7	Rißwachstum	137
5.7.1	J -kontrolliertes Rißwachstum	137
5.7.2	Stabiles Rißwachstum	139
5.7.3	Stationäres Rißwachstum	141
5.7.3.1	Rißöffnungswinkel	141
5.7.3.2	Rißspitzenfeld	142
5.7.3.3	Energiefluß und J -Integral	145
6	Kriechbruchmechanik	149
6.1	Allgemeines	149
6.2	Bruch von linear viskoelastischen Materialien	150
6.2.1	Rißspitzenfeld, elastisch-viskoelastische Analogie	150
6.2.2	Bruchkonzept	153
6.2.3	Rißwachstum	154
6.3	Kriechbruch von nichtlinearen Materialien	158
6.3.1	Sekundäres Kriechen, Stoffgesetz	158
6.3.2	Stationärer Riß, Rißspitzenfeld, Belastungsparameter	160
6.3.3	Kriechrißwachstum	164
6.3.3.1	Hui-Riedel-Feld	164
6.3.3.2	Kleinbreichskriechen	167
7	Dynamische Probleme der Bruchmechanik	171
7.1	Allgemeines	171
7.2	Einige Grundlagen der Elastodynamik	172
7.3	Dynamische Belastung des stationären Risses	174
7.3.1	Rißspitzenfeld, K -Konzept	174
7.3.2	Energiefreisetzungsrate, energetisches Bruchkonzept	174
7.3.3	Beispiele	176
7.4	Der laufende Riß	178
7.4.1	Rißspitzenfeld	178
7.4.2	Energiefreisetzungsrate	182
7.4.3	Bruchkonzept, Rißgeschwindigkeit, Rißverzweigung, Rißarrest	184
7.4.4	Beispiele	187
8	Schädigung	191
8.1	Allgemeines	191
8.2	Grundbegriffe	192
8.3	Spröde Schädigung	194
8.4	Duktile Schädigung	197

8.4.1	Porenwachstum	197
8.4.2	Schädigungsmodelle	200
8.4.3	Bruchkonzept	202
9	Probabilistische Bruchmechanik	203
9.1	Allgemeines	203
9.2	Grundlagen	204
9.3	Statistisches Bruchkonzept nach Weibull	206
9.3.1	Bruchwahrscheinlichkeit	206
9.3.2	Bruchspannung	209
9.3.3	Verallgemeinerungen	210
9.4	Probabilistische bruchmechanische Analyse	211
	Ausgewählte Literatur	214
	Sachverzeichnis	216