

Inhalt

Nomenklatur	VIII
Kurzfassung	XIV
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung und Motivation	1
1.2 Ziele und Aufbau der Arbeit	4
2 Grundlagen	6
2.1 Phänomenologische Beschreibung der Ermüdung metallischer Werkstoffe	6
2.1.1 Rissentstehung	6
2.1.2 Rissausbreitung	8
2.1.3 Riss schließen	16
2.2 Ermüdungsverhalten von Duplexstählen	20
2.2.1 Charakterisierung der mechanischen Werkstoffeigenschaften	21
2.2.2 Gefügecharakterisierung	21
2.2.3 Rissinitiation und -ausbreitung	23
2.2.4 Riss schließen	24
2.3 Modelle zur Rissentstehung	26
2.3.1 Phänomenologische Modelle	26
2.3.2 Mechanismenorientierte Modelle	27
2.4 Kurzrissausbreitungsmodelle	28
2.4.1 Modell von Wilkinson und Roberts	28
2.4.2 Modell von Taira, Tanaka und Nakai	29
2.4.3 Modell von Navarro und de los Rios	31
2.5 Langrissausbreitungsmodelle	36
2.5.1 Konzept der Energiefreisetzungsrates	36
2.5.2 K-Konzept	37
2.5.3 J-Konzept	42
2.5.4 CTOD-Konzept	43
2.5.5 Dugdale-Rissmodell	43
2.6 Modelle zum Riss schließen	47
2.6.1 Geometrisch induziertes Riss schließen	47
2.6.2 Plastisch induziertes Riss schließen	49
2.7 Generierung synthetischer Gefüge	51
2.7.1 Voronoi-Algorithmus	52
2.7.2 Modellierung zweiphasiger Mikrostrukturen	56

2.7.3	Kornorientierung.....	60
2.8	Elastizitätstheoretische Grundlagen	61
2.8.1	Gleichgewichtsbedingung	61
2.8.2	Zusammenhang von Verschiebung und Verzerrung.....	62
2.8.3	Verträglichkeitsbedingung	62
2.8.4	Stoffgesetz.....	62
3	Mikrostrukturbestimmtes Rissmodell.....	64
3.1	Mathematische Beschreibung von Rissen als Randwertproblem	64
3.2	Modellaufbau	66
3.2.1	Grundprinzip der Randelementemethode.....	66
3.2.2	Spannungsfeld eines Verschiebungssprungs.....	69
3.2.3	Aufbau der Einflussfunktion und des Gleichungssystems	71
3.2.4	Formulierung der Randbedingungen.....	72
3.2.5	Lösungsverfahren.....	73
3.2.6	Rissfortschritt	75
3.2.7	Berücksichtigung der Barrierewirkung von Korngrenzen	75
3.3	Verifikation	78
3.3.1	Vergleich mit analytischen Lösungen	78
3.3.2	Vergleich mit experimentell beobachteten Rissen.....	78
4	Simulation der mikrostrukturbestimmten Kurzrisausbreitung	81
4.1	Anpassung der Modellparameter	81
4.2	Rissinitiierung	85
4.3	Stadium Ia-Rissausbreitung in mehrphasigen Werkstoffen	86
4.4	Übergang vom Stadium Ia zum Stadium Ib	89
4.4.1	Einfluss des Korndurchmessers	94
4.4.2	Einfluss der möglichen Gleitbandwinkel.....	96
4.4.3	Einfluss des Risswinkels zur globalen Beanspruchungsrichtung.....	98
4.5	Rissausbreitung im Stadium Ib	99
4.5.1	Rissfortschritt	100
4.5.2	Berechnung der gleichzeitigen Abgleitung auf zwei Gleitbändern.....	102
4.5.3	Riss schließen	103
4.5.4	Einfluss der Rissgeometrie.....	107
4.5.5	Einfluss der Gleitbandwinkel	108
4.5.6	Einfluss der Gleitbandlänge.....	109
4.5.7	Einfluss der Kornphase	110

5	Übergang zur mikrostrukturunabhängigen Langrissausbreitung.....	112
5.1	Wechsel vom Stadium Ib zum Stadium II	112
5.2	Kurzrisswachstum im Stadium II	112
5.2.1	<i>Modellaufbau</i>	113
5.2.2	<i>Verifikation</i>	118
5.2.3	<i>Modellierung des plastisch induzierten Risssschließens</i>	121
5.2.4	<i>Rissfortschritt</i>	122
5.2.5	<i>Rissausbreitungsgeschwindigkeit mit und ohne Risssschließen</i>	125
5.2.6	<i>Zug- und Drucküberlasten</i>	129
5.2.7	<i>Vergleich mit Hypothese von Palgren und Miner</i>	131
5.2.8	<i>Zufällige Lastreihenfolge</i>	132
5.2.9	<i>Einfluss des Lastverhältnisses</i>	134
5.3	Langrissausbreitung	135
5.3.1	<i>Modellaufbau</i>	136
5.3.2	<i>Verifikation</i>	140
5.3.3	<i>Rissfortschritt</i>	142
5.4	Wechselwirkung mehrerer Risse.....	143
5.4.1	<i>Risskoaleszenz</i>	145
5.4.2	<i>Rissabschirmung</i>	149
6	Anwendungsbeispiele	154
6.1	Vergleich mit experimentell beobachteten Rissen.....	154
6.2	Rissausbreitung in virtuellen Mikrostrukturen.....	157
6.2.1	<i>Definition des Anfangsrisses</i>	157
6.2.2	<i>Rissausbreitung im Stadium Ia</i>	159
6.2.3	<i>Rissausbreitung im Stadium Ib</i>	163
6.2.4	<i>Rissausbreitung im Stadium II</i>	165
6.2.5	<i>Simulationsergebnisse</i>	165
6.3	Lebensdauerberechnung.....	172
6.4	Rissausbreitung in Bauteilen.....	176
7	Zusammenfassung, Diskussion und Ausblick.....	180
8	Literatur	191