

Inhaltsverzeichnis

Nomenklatur	IV
1 Einleitung	1
1.1 Problemstellung	1
1.2 Ziel und Lösungsansatz	1
1.3 Gliederung der Arbeit	2
2 Kenntnisstand	4
2.1 Ermüdungsvorgänge in Wälzlagerstählen	4
2.1.1 Hertzsche Kontakttheorie	5
2.1.2 Ermüdungsvorgänge unter Wälzbeanspruchung	7
2.1.3 Gefügeveränderungen unter Wälzbeanspruchung	11
2.2 White Etching Cracks	21
2.2.1 Eigenschaften	21
2.2.2 Auftreten und Erkennung	27
2.2.3 Hypothesen zum Bildungsmechanismus	29
2.2.4 Einflüsse auf die WEC-Bildung	33
2.2.5 Kennwerte und quantitative Untersuchungen	37
2.2.6 Reproduktion von WECs in Prüfstandsversuchen	44
2.2.7 Präventionsmaßnahmen	47
2.3 Multiaxiale Ermüdung	48
2.3.1 Herausforderungen bei der Beschreibung	48
2.3.2 Critical-Plane-Ansatz	49
2.3.3 Kriterium nach Dang Van	54
3 Werkstoff und Versuchstechnik	57
3.1 Werkstoff und Probenfertigung	57
3.2 Versuchstechnik	61
3.2.1 Ermüdungsversuche	61
3.2.2 Mikroskopie	61
3.2.3 Härteprüfung	63

3.2.4	Sonstige Versuchstechnik	63
3.3	Versuchsprogramm	64
3.3.1	Ermüdungsversuche mit gleichphasiger Belastung	65
3.3.2	Ermüdungsversuche mit phasenverschobener Belastung	66
3.3.3	Ermüdungsversuche unter Temperatureinfluss	68
3.3.4	Aufbrechen der Proben nach dem Ermüdungsversuch .	68
4	Ergebnisse und Diskussion der Ermüdungsversuche	69
4.1	Ergebnisse der gleichphasigen Versuche	69
4.1.1	Wechselverformungsverhalten	69
4.1.2	Riss- und Bruchflächenuntersuchung	70
4.1.3	Veränderungen der Mikrostruktur	73
4.2	Ergebnisse der phasenverschobenen Versuche	76
4.2.1	Wechselverformungsverhalten	76
4.2.2	Riss- und Bruchflächenuntersuchung	77
4.2.3	Veränderungen der Mikrostruktur	79
4.3	Diskussion der Ergebnisse aus den Ermüdungsversuchen bei Raumtemperatur	80
4.3.1	Verhalten im Versuch	80
4.3.2	Ermüdungsschäden	82
4.3.3	Erzeugung von WECs	84
4.3.4	Folgerungen für den WEC-Mechanismus	88
4.4	Ergebnisse der Versuche bei erhöhten Temperaturen	89
4.4.1	Wechselverformungsverhalten	89
4.4.2	Rissuntersuchung	91
4.4.3	Veränderungen der Mikrostruktur	92
4.5	Diskussion der Ergebnisse der Versuche bei erhöhten Tempe- raturen	95
4.5.1	Verhalten im Versuch	95
4.5.2	Veränderung der Mikrostruktur	96
4.5.3	Folgerungen für den WEC-Mechanismus	97

5	Ergebnisse und Diskussion zur multiaxialen Ermüdung ...	99
5.1	Ergebnisse und Diskussion des Kriteriums nach Dang Van ...	99
5.1.1	Ergebnisse des Kriteriums	99
5.1.2	Diskussion der Ergebnisse	100
5.2	Ergebnisse der Critical-Plane-Analyse	101
5.2.1	Überblick	101
5.2.2	Auswertung der einzelnen Kriterien	104
5.2.3	Einfluss der Phasenverschiebung	108
5.2.4	Bruchmechanische Auswertungen	111
5.3	Diskussion der Critical-Plane-Ergebnisse	116
5.3.1	Anwendbarkeit	116
5.3.2	Normal- und Schubspannungsamplituden	118
5.3.3	Schadensparameter der Critical-Plane-Kriterien	118
5.3.4	Einfluss der Phasenverschiebung	120
5.3.5	Bruchmechanische Auswertungen	120
5.3.6	Folgerungen für den WEC-Mechanismus	123
6	Überlegungen zum Mechanismus der WEC-Bildung	124
6.1	Risswachstum und Mikrostrukturveränderung	124
6.1.1	Vergleich von WEC und FGA	124
6.1.2	Identifikation des Bildungsmechanismus für WECs ...	128
6.2	Mechanismus der WEC-Bildung	130
6.2.1	Bildungsmechanismus von WEC und FGA	130
6.2.2	Besonderheiten im WEC-Fall	133
6.2.3	Grenzen des Bildungsmechanismus	134
6.3	Folgerungen für die Prävention von WECs	135
7	Zusammenfassung	136
	Literaturverzeichnis	139