Inhaltsverzeichnis

Formelzeichen, Abkürzungen, Einheiten IV

Abbildungsverzeichnis / Tabellenverzeichnis IX

1 Einleitung 1

1.1 Problemstellung 1

1.2 Stand der Forschung 2

1.2.1 Ermüdung wälzbeanspruchter Kontakte 2

1.2.1.1 Empirische Lebensdauermodelle 3

1.2.1.2 Phasen der Materialermüdung 5

1.2.1.3 Schadensmechanismen der Materialermüdung gehärteter Stähle 6

1.2.1.4 Ursprung der Materialermüdung 12

1.2.1.5 Grübchenbildung und Tragfähigkeitsberechnung von Zahnrädern 13

1.2.2 Beanspruchung von Wälzkontakten 15

1.2.2.1 Der Spannungstensor 16

1.2.2.2 Das Makrospannungsfeld 18

1.2.2.3 Das Mikrospannungsfeld 20

1.2.2.4 Oberflächenschubspannungen und Schlupf 21

1.2.2.5 Eigenspannungen in der Oberfläche von hochfesten Stählen 23

1.2.2.6 Oberflächenschäden durch Verunreinigungen und Eindrücke 28

1.2.3 Lebensdauermodelle für Grübchenschäden 28

1.2.3.1 Empirische Lebensdauermodelle 28

1.2.3.2 Physikalische Lebensdauermodelle 32

1.3 Fazit aus dem Stand der Forschung und abgeleiteter Forschungsbedarf 34

1.4 Zielsetzung und Inhalt der Arbeit 35

2 Theoretische Betrachtungen 37

2.1 Lebensdauerberechnung von Wälzkontakten für HCF 37

2.1.1 Das Weibull'sche Fehlstellenmodell 37

2.1.2 Das Lebensdauermodell von Lundberg und Palmgren 41

2.1.3 Das Lebensdauermodell von Ioannides und Harris 44

2.2 Festigkeitshypothesen für die Wälzkontaktermüdung 47

2.2.1 Die Wechselschubspannungshypothese (WSH) 48

2.2.2 Die Schubspannungshypothese (SH) 49

2.2.3 Die Gestaltänderungsenergiehypothese (GEH) / oktaedrische Schubspannung 49

2.2.4 Das Dang Van-Kriterium 51

2.2.5 Die Schubspannungsintensitätshypothese (SIH) 54

Bibliografische Informationen
http://d-nb.info/1220306304

digitalisiert durch DEUTSCHE NATIONAL BIBLIOTHEK

2.3 Die Dauerfestigkeitsgrenze bei Wälzkontaktermüdung 58
2.3.1 Die Dauerfestigkeitsgrenze als Systemgröße 58
2.3.2 Die Höhe der Dauerfestigkeitsgrenze 60
2.3.3 Kritik am Konzept einer Dauerfestigkeitsgrenze für Wälzkontakte 61
2.4 Volumen- und Größeneinfluss auf die Ermüdung 62
2.4.1 Das Ermüdungsgefährdete Volumen im Makro- und Mikrospannungsfeld 62
2.4.2 Größeneinfluss auf die Ermüdungslebensdauer 63
3 Simulationsmodell 65
3.1 Grundlagen der TEHD-Simulation 65
3.1.1 Hydrodynamik 65
3.1.3 Kontaktdruckberechnung rauer Oberflächen 67
3.1.4 Mikrohydrodynamik 68
3.1.5 Rheologisches Verhalten des Schmierstoffes im TEHD-Kontakt 69
3.1.6 Reibungsmodell für Mischreibung 71
3.2 Grübchenlebensdauermodell 72
3.2.1 Grundlegender Berechnungsansatz 72
3.2.2 Erweiterter Berechnungsansatz 75
3.2.3 Berechnung der Schadenswerte im Makro- und Mikrospannungsfeld 78
3.2.4 Die Dauerfestigkeitsgrenze im Makrospannungsfeld eines Wälzkontaktes 82
3.2.5 Die Dauerfestigkeitsgrenze im Mikrospannungsfeld eines Wälzkontaktes 83
4 Experimentelle Untersuchungen 91
4.1 Wälzkontaktversuche am Zweischeibenprüfstand 91
4.1.1 Aufbau und Funktionsweise des Zweischeibenprüfstandes 92
4.1.2 Prüfkörper und Versuchsvorbereitung 94
4.1.3 Versuchsplanung 97
4.1.4 Versuchsauswertung 99
4.2 Versuche am Zahnradverspannungsprüfstand 104
4.2.1 Aufbau und Funktionsweise des Zahnradverspannungsprüfstand 105
4.2.2 Prüfkörper und Versuchsvorbereitung 106
4.2.3 Versuchsplanung 108
4.2.4 Versuchsauswertung 108
5 Vergleich von Simulations- und Untersuchungsergebnissen 112
5.1 Simulationsablauf 112
5.2 Simulationsergebnisse für den Zweischeibenkontakt 115
5.2.1 Fluss-, Schubspannungsfaktoren und Festkörperkontaktdrücke 116
5.2.2 Ergebnisse TEHD-Simulation 117

5.2.3 Kopplung von Makro- und Mikroebene 119
5.2.4 Ergebnisse der Spannungsberechnung 121
5.3 Simulationsergebnisse Zahnflankenkontakt 124
5.3.1 Fluss-, Schubspannungsfaktoren und Festkörperkontaktdrücke 125
5.3.2 Ergebnisse TEHD-Simulation 126
5.3.3 Kopplung von Makro- und Mikroebene 128
5.3.4 Ergebnisse der Spannungsberechnung 131
5.4 Ergebnisse der Lebensdauerberechnung 133
5.4.1 Lebensdauerberechnung der Zweischeibenkontakte 134
5.4.1.1 Lebensdauer des Tiefenvolumens 134
5.4.1.2 Lebensdauer des Oberflächenvolumens 136
5.4.2 Lebensdauerberechnung der Zahnradpaarungen 145
5.4.2.1 Lebensdauer des Tiefenvolumens 145
5.4.2.2 Lebensdauer des Oberflächenvolumens 146
6 Zusammenfassung und Ausblick 156
Literaturverzeichnis 159
Selbstständigkeitserklärung .....
Anhang .....