

Dipl.-Ing. Dirk Hertel, Nürtingen

Bewertung bruchstatistischer Auslegungsmethoden mittels Festigkeits- und Lebensdauer- messungen an gekerbten Keramikproben

Reihe **18**: Mechanik/
Bruchmechanik

Nr. **195**

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
2 Grundlagen und Literaturstand	3
2.1 Bruchmechanische Grundlagen	3
2.1.1 Das Konzept des Spannungsintensitätsfaktors	3
2.1.2 Spannungsintensitätsfaktoren von Rissen an Kerben	3
2.1.3 R-Kurven-Verhalten	5
2.1.4 Unterkritisches Rißwachstum	6
2.1.5 Methoden zur Bestimmung der Rißwachstumsgeschwindigkeiten	7
2.2 Grundlagen zur Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit keramischer Bauteile	10
2.2.1 Ausfallwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Fehlergröße	11
2.2.2 Ausfallwahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von der Spannung	12
2.2.3 Bestimmung der Weibull-Parameter	14
2.2.4 Vorhersage der Bauteilfestigkeit	15
2.2.5 Streuung der Lebensdauer	16
2.3 Ermüdungsverhalten keramischer Werkstoffe	17
2.3.1 Literaturüberblick	17
2.3.2 Zyklische Ermüdung von Al_2O_3	18
3 Versuchsprogramm und Prüfstände	22
3.1 Versuchsprogramm	22
3.2 Werkstoffe und Probenpräparation	23
3.3 Bestimmung bruchmechanischer Werkstoffkenngrößen	24
3.3.1 Messung der Biegefestigkeit	24
3.3.2 Messung der Rißzähigkeiten	25
3.3.3 Messung der R-Kurven	26
3.4 Lebensdauermessungen unter zyklischer Last	26
3.5 Lebensdauermessungen unter statischer Last	28
3.6 Festigkeitsmessungen an gekerbten Proben	28
3.7 Fraktographische Untersuchungen	28
4 Numerische Berechnungen	30
4.1 Berechnung von Kerbformzahlen.....	30
4.1.1 Finite-Element-Methode.....	31
4.1.2 Boundary-Element-Methode (BEM)	31
4.1.3 Vergleich der Ergebnisse mit bekannten Lösungen.....	32
4.2 Berechnung von Spannungsintensitätsfaktoren mit BEM.....	34
4.2.1 Methodik.....	34
4.2.2 Vergleich der Ergebnisse mit bekannten Lösungen.....	35
4.2.3 Spannungsintensitätsfaktoren von Rissen an Kerben	36
4.3 Berechnung der effektiven Volumina.....	39

5 Untersuchungen am feinkörnigen Al₂O₃	43
5.1 Bruchmechanische Charakterisierung	43
5.2 Biegefestigkeit gekerbter Proben	45
5.2.1 Ergebnisse der Biegefestigkeitsmessungen.....	45
5.2.2 Ergebnisse der Festigkeitsvorhersagen	45
5.2.3 Vergleich und Diskussion der Festigkeitsvorhersagen.....	52
5.3 Langzeitstabilität gekerbter Proben	54
5.3.1 Zyklische Lebensdauermessungen.....	54
5.3.2 Statische Lebensdauermessungen	56
5.3.3 Vergleich der Rißwachstumskurven	58
5.3.4 Einfluß der zyklischen Druckbelastung von Kerben	59
5.4 Auswertung der fraktographischen Untersuchungen.....	61
6 Untersuchungen am grobkörnigen Al₂O₃	65
6.1 Bruchmechanische Charakterisierung	65
6.2 Biegefestigkeit gekerbter Proben	67
6.2.1 Ergebnisse der Biegefestigkeitsmessungen.....	67
6.2.2 Ergebnisse der Festigkeitsvorhersagen.....	69
6.2.3 Vergleich und Diskussion der Festigkeitsvorhersagen.....	75
6.3 Langzeitstabilität gekerbter Proben	78
6.3.1 Zyklische Lebensdauermessungen.....	78
6.3.2 Statische Lebensdauermessungen	81
6.3.3 Vergleich der Rißwachstumskurven	82
6.3.4 Einfluß der zyklischen Druckbelastung von Kerben	83
6.4 Auswertung der fraktographischen Untersuchungen.....	85
7 Untersuchungen am ZrO₂	89
7.1 Bruchmechanische Charakterisierung	89
7.2 Biegefestigkeit gekerbter Proben	90
7.2.1 Ergebnisse der Biegefestigkeitsmessungen.....	90
7.2.2 Ergebnisse der Biegefestigkeitsvorhersagen	91
7.2.3 Vergleich und Diskussion der Festigkeitsvorhersagen.....	95
7.3 Langzeitstabilität gekerbter Proben	96
7.3.1 Zyklische Lebensdauermessungen.....	96
7.3.2 Vergleich der Rißwachstumskurven	98
7.4 Auswertung der fraktographischen Untersuchungen.....	99
8 Diskussion und Schlußfolgerungen	101
8.1 Bewertung der bruchstatistischen Festigkeitsvorhersagen.....	101
8.2 Einfluß von Kerben auf das Ermüdungsverhalten.....	105
9 Zusammenfassung	113
10 Anhang	115
11 Literaturverzeichnis	122