

Dietrich Schlottmann

Auslegung von Konstruktionselementen

Sicherheit,
Lebensdauer und Zuverlässigkeit im Maschinenbau

mit 87 Abbildungen

Springer-Verlag

Berlin Heidelberg New York

London Paris Tokyo

Hong Kong Barcelona Budapest

Inhalt

1. Einleitung	1
2. Einordnung der Auslegung von Konstruktionselementen und Maschinen in den Konstruktionsprozeß	3
3. Auslegung von Konstruktionselementen durch Berechnung der "Sicherheit"	6
3.1. Auslegung, dargestellt am klassischen Sicherheitsbegriff	6
3.2. Berechnung der "vorhandenen" Spannungen	8
3.3. Versagen durch bleibende Verformung, Gewalt- und Schwingbruch	12
3.4. Bestimmung der Sicherheit bei Schwingbeanspruchung	16
3.5. Örtliche Spannungserhöhungen ; Konzept der Sicherheitsberechnung nach örtlichen Spannungen	19
3.6. Einflüsse auf die Schwingfestigkeit ; das Nennspannungskonzept	26
3.7. Zusammengesetzten oder kombinierte Beanspruchung stabförmiger Bauteile; Vergleichsspannung und Gesamtsicherheit	33
3.8. Vergleichsspannung und Sicherheitsnachweis für nichtstabförmige Bauteile, Grenzen des Konzepts der örtlichen Spannungen	40
3.9. Erforderliche Sicherheit ; Sicherheit unter wahrscheinlichkeitstheoretischem Aspekt	41
4. Schaden und Schädigung als stochastischer Vorgang; Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie	45
4.1. Mathematische Aufbereitung des statistischen Ausfallverhaltens	45
4.2. Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie	48
4.3. Verteilungsfunktion ; Anwendung spezieller Verteilungsfunktionen	51
4.4. Systemzuverlässigkeit	54
5. Schädigung und Versagen technischer Gebilde	59
5.1. Überblick	59
5.2. Schädigung durch Ermüdung	62
5.3. Schädigung durch Verschleiß	71
5.3.1. Problemstellung	71
5.3.2. Berechnungsansatz für das Versagen durch Verschleiß	75
5.4. Problemstellung	80
5.5. Mehrfache Schädigung	81
5.6. Komplexe Schädigung	83

5.6.1. Schädigung an Wälzlagern	83
5.6.2. Komplexer Schädigungsvorgang am System Laufbuchse/ Kolbenring - eine einfache Modellvorstellung	88
6. Beanspruchungsfunktionen; Beanspruchungskollektive	92
6.1. Übersicht	92
6.2. Beanspruchungskollektive	92
6.3. Kollektivermittlung bei stochastisch schwingender Beanspruchungsfunktion	96
7. Lebensdauerberechnung; Schadensakkumulation	99
7.1. Lebensdauer bei einem Beanspruchungshorizont	99
7.2. Lebensdauer bei Kollektivbeanspruchung	99
7.3. Lebensdauer bei Kollektivbeanspruchung im Langlebigkeits- bzw. Dauerfestigkeitsbereich	103
7.4. Äquivalente Beanspruchung bzw. Belastung	104
8. Lebensdauer und Sicherheit ; Lebensdauerreserve und aktuelle Zuverlässigkeit	107
8.1. Elementare Sicherheitsnachweis	107
8.2. Allgemeiner Zusammenhang zwischen Lebensdauer und Sicherheit im Kurzlebigkeitsbereich bei gleichbleibender Zuverlässigkeit	107
8.3. Zusammenhang Lebensdauerreserve und Zuverlässigkeit im Kurzlebigkeitsbereich	111
8.4. Zusammenhang zwischen Sicherheit und Schadens- wahrscheinlichkeit im Sinne des klassischen Sicherheitsbegriffes	112
9. Zuverlässigkeit und Instandhaltung	115
9.1. Grundbegriffe der Instandhaltungstheorie	115
9.2. Systemzuverlässigkeit mit Erneuerung	116
9.3. Funktionelle Verfügbarkeit technischer Gebilde	116
9.4. Ökonomische Optimierung der Nutzungsdauer	118
10. Zu einigen ungelösten Problemen und anstehenden Forschungsaufgaben	121
Literaturverzeichnis	123

Anhang A	Datensammlung	127
Tafel I.	Spannungszustände	129
II.	Festigkeitswerte (Tabellen)	134
III.	Schwingfestigkeit (Smithdiagramm)	138
IV.	Einflüsse auf die Schwingfestigkeit	143
V.	Sicherheiten	151
VI.	Sicherheiten im Kurzlebensbereich (Wöhlerdiagramme)	152
VII.	Verschleiß und andere flächenabtragende Prozesse	157
VIII.	Beanspruchungskollektive	158
IX.	Lebensdauerwerte, Ausfallraten, erforderliche Zuverlässigkeiten	160
X.	Verteilungsfunktionen	161
Anhang B	Beispiele	167
1.	Sicherheit gegen Streck- und Fließgrenzenüberschreitung, Einfluß der Vergleichspannungshypothesen	169
2.	Sicherheitsnachweis bei Schwingbeanspruchung	170
3.	Lebensdauerberechnung im Zeitfestigkeitsbereich bei einem Beanspruchungshorizont	172
4.	Lebensdauerberechnung mittels linearer Schadensakkumulationshypothese	173
5.	Verschleiß und Grenznutzungsdauer von Bremsbelägen	177
6.	Ausfallverhalten und Auslegung eines Hydraulikventils	181
7.	Systemzuverlässigkeit einer Zweikreisbremse	183
8.	Wälzlager - Systemzuverlässigkeit	185
9.	Zuverlässigkeit, ökonomische Nutzungsdauer	189
Sachwortverzeichnis		191