

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. Zusammengesetzte 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 |

| | |
|---|------------|
| Inhalt | IX |
| 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 Kurzlebigkeitsbereich (Wöhlerdiagramme) | 152 |
| VII. Verschleiß und andere flächenabtragende Prozesse | 157 |
| VIII. Beanspruchungskollektive | 158 |
| IX. Lebensdauerwerte, Ausfallraten, erforderliche Zuverlässigkeit | 160 |
| X. Verteilungsfunktionen | 161 |
| Anhang B Beispiele | 167 |
| 1. Sicherheit gegen Streck- und Fließgrenzenüberschreitung, Einfluß der Vergleichsspannungshypothesen | 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 |