

Dipl.-Ing. Martin Knopf, Baden-Baden

Bewertung der Zuverlässig- keit des tribologischen Systems Kolbenring – Zylinderlaufbuchse

Reihe **1**: Konstruktionstechnik/
Maschinenelemente

Nr. **266**

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	1
2. Problemstellung	3
2.1 Modellierung des tribologischen Systems Kolbenring - Zylinderlaufbuchse	4
2.2 Literaturübersicht	7
2.3 Zielsetzung der Arbeit	10
3. Mechanisches und gasdynamisches Modell des Kolbenringsystems	13
3.1 Beschreibung der Kolbenringdynamik	13
3.2 Durchströmung des Kolbenringsystems	15
3.2.1 Ersatzmodell der eindimensionalen Stromfadentheorie	15
3.2.2 Berechnung der Gasdruckverteilung nach der Stromfadentheorie	17
3.2.3 Vergleich zwischen Labyrinth- und Stromfadenmodell	19
3.3 Randbedingung Zylinderdeformation	23
3.3.1 Einflüsse auf das Ringformfüllungsverhalten	23
3.3.2 Berechnung der Ringformfüllung	25
4. Tribologie des Kolbenringsystems	29
4.1 Berechnung der Hydrodynamik unter Mischreibungseinfluß	29
4.1.1 Formulierung der statistischen Reynold'schen DGL	32
4.1.2 Einfluß der Oberflächenstruktur	36
4.1.3 Lösungsrandbedingungen	42
4.2 Berechnung der Kontaktverhältnisse unter Mischreibungsbedingungen	43
4.2.1 Analyse des tribologischen Systems	43
4.2.2 Berechnung des Festkörperkontaktes für raue Oberflächen	45
5. Konzept zur Zuverlässigkeitsbewertung	53
5.1 Zusammenhang Festkörperkontakt und Verschleißkenngrößen	55
5.2 Ermittlung der Lebensdauer aus Verschleißkenngrößen	58
6. Verifikation der Berechnungsmodelle und Parameterstudien	62
6.1 Überprüfung des gasdynamischen Modells	62
6.1.1 Druck- und Axialbewegungsmessungen im Ringsystem	62
6.2.2 Vergleich von Rechnung und Messung	63

6.2 Einfluß der Zylinderdeformation auf das Kolbenringverhalten	68
6.2.1 Überprüfung des Berechnungsmodells	68
6.2.2 Parameterstudien zur Ringformfüllung	69
6.2.2.1 Variation der Kolbenringhöhe bzw. -breite	70
6.2.2.2 Einfluß des Zylinderdruckes bei unterschiedlichen Stoßlagen des Kolbenringes	72
6.2.2.3 Einfluß der Stoßlage des Kolbenringes auf die radiale Kolbenringbelastung	73
6.3 Einfluß der Oberflächenstruktur der Zylinderlauffläche auf das tribologische System Kolbenring - Zylinderlaufbuchse	75
6.3.1 Überprüfung des tribologischen Modells	75
6.3.2 Parameterstudien zum Einfluß unterschiedlicher Oberflächen- topographien	77
6.3.2.1 Vergleich Einstufen- / Zweistufen-Honung	79
6.3.2.2 Variation der Oberflächenorientierung	81
6.3.2.3 Variation des geometrischen Mittenrauhwertes	83
7. Analysen zur Zuverlässigkeitsbewertung des tribologischen Systems Kolbenring - Zylinderlaufbuchse	85
7.1 Auswertung der Verschleißmeßdaten von Kolbenringen	85
7.2 Verifikation des Verschleißmodells	95
7.3 Einfluß der Motorbetriebswerte und des Lastprofils	100
8. Zusammenfassung	106
9. Anhang	108
A.1 Motordaten und Kolbenringausrüstung	108
A.2 Meßdaten Zylinderdeformation	110
A.3 Koeffizienten der Druck- und Scherflußfunktionen	112
A.4 Parameter des Kontaktmodells	116
A.5 Numerische Lösungsalgorithmen	118
10. Literaturverzeichnis	119