Schriftenreihe des MAHLE Doktorandenprogramms

Band 2

Eike Stitterich

Experimentelle Untersuchung zur Wirkung von Kühlkanälen in Kolben von Pkw-Dieselmotoren

Shaker Verlag
Aachen 2012

Inhaltsverzeichnis ..... **I**
Abkürzungen und Formelzeichen ..... **III**
1 Einführung **1**
1.1 Notwendigkeit der Kolbenkühlung 1
1.2 Kolbenkühlungsarten 3
1.3 Entwicklungsstand von Kühlkanalkolben für Pkw-Dieselmotoren 5
1.4 Ziele und Aufgabenstellung 8
2 Physikalische Grundlagen zur Wärmeübertragung am Kolben **11**
2.1 Wärmestromwege am Kolben 12
2.1.1 Wärmeeintrag in den Kolben 13
2.1.2 Wärmeleitung im Kolben 17
2.1.3 Wärmeabfuhr vom Kolben an die Zylinderwand 17
2.1.4 Wärmeabfuhr vom Kolben an die Kurbelgehäuseatmosphäre 19
2.1.5 Wärmeabfuhr vom Kolben an das Kühlöl 19
2.2 Wärmeübertragung zwischen Kolbenwerkstoff und Öl 20
2.2.1 Strömungsformen 20
2.2.2 Grenzschichttheorie 29
2.3 Darstellung besonderer Kenngrößen 30
2.3.1 Spezifische Kühlölmenge 31
2.3.2 Fanggrad 31
2.3.3 Füllungsgrad 32
3 Versuchsparameter **34**
3.1 Analyse von Gleichungen zur Wärmeübertragung 34
3.2 Übertragung der Erkenntnisse auf den realen Motor 35
3.2.1 Mittlere Brennraumtemperatur 35
3.2.2 Brennraumseitiger Wärmeübergangskoeffizient 35
3.2.3 Wanddicke zwischen Brennraum und Kühlkanal 36
3.2.4 Kühlkanaloberfläche 36
3.2.5 Wärmeübergangskoeffizient am Kühlkanal 37
3.2.6 Öltemperatur im Kühlkanal 38
3.3 Zur Untersuchung notwendige Bauteilvarianten 38
3.3.1 Kolben mit unterschiedlichen Kühlkanallagen 39
3.3.2 Versuchsteile für die Variation der Kühlkanaloberfläche 40
3.3.3 Kühlöldüsen mit unterschiedlichen Mündungsdurchmessern 42
4 Versuchsdurchführung **43**
4.1 Kolbentemperaturmessung 43
4.1.1 Versuchsmotor 43
4.1.2 Motorprüfstand 44
4.1.3 Messtechnik und Messtechnikapplikation 46

4.1.4 Versuchsprogramm am Motorprüfstand ... 50
4.2 Shakeruntersuchung ... 52
4.2.1 Shakerprüfstand ... 52
4.2.2 Kolbenmodelle ... 53
4.2.3 Versuchsprogramm am Shakerprüfstand ... 54
4.3 Messungen an Kühlöldüsenprüfständen ... 55
4.3.1 Volumenstromermittlung ... 55
4.3.2 Rauheitsuntersuchung ... 56
5 Ergebnisse ... 58
5.1 Einfluss der Kühlkanallage auf die Kolbentemperatur ... 58
5.2 Einfluss der Kühlkanaloberfläche auf die Kolbentemperatur ... 65
5.2.1 Form des Kühlkanals ... 65
5.2.2 Kolben mit stark vergrößerter Kühlkanaloberfläche ... 70
5.2.3 Oberflächenrauheit des Kühlkanals ... 72
5.3 Beeinflussung des Wärmeübergangskoeffizienten am Kühlkanal ... 73
5.3.1 Kühlkanalgeometrie ... 73
5.3.2 Kühlölstrahlgeschwindigkeit ... 76
5.3.3 Kühlölviskosität ... 79
5.4 Einfluss der Motorkühlung auf die Kolbentemperatur ... 81
5.4.1 Kühlwassertemperatur ... 81
5.4.2 Kühlöltemperatur ... 83
5.4.3 Kühlölmenge ... 85
5.5 Einflüsse auf die Kolbentemperaturverteilung ... 89
5.5.1 Kühlwasserräume im Zylinderkurbelgehäuse ... 89
5.5.2 Lage der Einspritzstrahlen ... 92
5.5.3 Kolbenkühlung ... 93
5.6 Einordnung der Ergebnisse ... 94
5.6.1 Kolbenkonstruktion ... 94
5.6.2 Betriebsbedingungen ... 96
5.6.3 Motorauslegung ... 98
5.6.4 Bewertungsmatrix ... 98
6 Konzepte ... 101
6.1 Kolbenkonzept ... 101
6.1.1 Überlagerung wirksamer Maßnahmen ... 101
6.1.2 Ausarbeitung des Kolbenkonzepts ... 102
6.1.3 Validierung mittels Versuch ... 103
6.2 Bedarfsgerechte Kolbenkühlung ... 107
7 Zusammenfassung und Ausblick ... 110
Literaturverzeichnis ... VII