

Methodik zur numerischen Simulation der Kolbenkühlung im Hinblick auf Verbrauchspotentiale und erhöhte Leistungsdichte

Dissertation BTU Cottbus
vorgelegt von Dipl.-Ing.(FH) Johannes Lutz

In der Notwendigkeit einer weiteren Verbrauchssenkung in den vorgeschriebenen Fahrzyklen ist die Ottomotorenentwicklung aktuell auf eine zunehmende Steigerung der spezifischen Leistung durch Direkteinspritzung und Aufladung gerichtet. Trotz der resultierenden erheblichen Zunahme der mechanischen und thermischen Belastung des Kolbens, muss dessen Dauerhaltbarkeit durch intelligente Kühlkonzepte auch zukünftig sichergestellt werden. Darüber hinaus sind in Teillastbereichen durch eine reduzierte Kolbenkühlung noch zusätzliche Wirkungsgradpotentiale zu erschließen. Entscheidend dafür ist die genaue Kenntnis der thermischen Randbedingungen am Kolben zur Bestimmung der Bauteiltemperaturen.

Während auf der Verbrennungsseite schon gut validierte Methoden zur Simulation des Wärmeeintrags existieren, ist die Modellierung der Wärmeabfuhr noch mit erheblichen Unsicherheiten behaftet. Die Ursache liegt in den bisher nur unzureichend analysierten Wärmeübergangsverhältnissen an der Kolbeninnenkontur und Lauffläche, die sich bisher sowohl infolge des komplexen Charakters der Zweiphasenströmung der Spritzölkühlung, als auch aufgrund der starken Ringdynamik im Motorbetrieb einer detaillierten Analyse entzogen haben. Durch Einsatz der numerischen Strömungsmechanik zur Berechnung der Ölspritzkühlung und eines Matlab basierten Programms zur Bestimmung der Wärmeübergangsverhältnisse an der Kolbenseite, werden im Rahmen dieser Arbeit die thermischen Randbedingungen präzisiert und führen damit zu genaueren Kenntnissen des instationären und mittleren Wärmeflusses durch den Kolben und in die Zylinderbuchse. Diese Randbedingungen erlauben es nun, lastpunktabhängig Kolben- und Buchsentemperaturverteilungen simulativ zu bestimmen und schaffen die Grundlage zur präzisen mechanischen und thermischen Auslegung des Grundmotors.

A method for numerical simulation of piston cooling regarding fuel economy and increasing specific power

Dissertation BTU Cottbus
submitted by Dipl.-Ing.(FH) Johannes Lutz

To meet stringent emission regulations, peak cylinder pressures and specific power of petrol engines have increased dramatically in recent years, resulting in higher thermal loading of in-cylinder components. Despite these trends, durability and reliability of the engine piston must still be ensured by intelligent cooling concepts. In addition, reducing cooling at part load can help to gain efficiency and decrease fuel consumption. This requires exact knowledge of thermal boundary conditions and their influence on the piston temperature.

While good validated models for the combustion simulation already exist, the thermal cooling boundaries involve a greater level of uncertainty. The reason for this lies in the inadequately investigated heat transfer conditions on the piston undercrown and the running surface at present, due to complex fluid dynamics of the oil jet cooling and strong ring movements during a load cycle. Using a numerical approach to calculate oil jet piston cooling and a Matlab based program to determine heat transfer conditions at the piston side, this study refines the thermal boundary conditions and leads to precise knowledge of the transient and averaged heat flow through the piston and the cylinder liner. These boundaries enable a load point related determination of piston and liner temperatures and lay the foundation for the development of a robust mechanical and thermal basic engine design.