



MTZ -Motortechnische Zeitschrift, 62 (2001) 5
von Armin Diez und Uwe Maier

Integrierte Dichtspaltsensorik bei der Zylinderkopfdichtung

Die Zylinderkopfdichtung als zentrales Funktionselement zwischen Zylinderkopf und Kurbelgehäuse wird zukünftig nicht nur Abdichtaufgaben, sondern auch bedeutende Zusatzaufgaben wahrnehmen. Dieser Beitrag von ElringKlinger zeigt



Bild 2: Zylinderkopfdichtung "Metaloflex" mit Piezosensoren
Figure 2: "Metaloflex cylinder head gasket with piezo sensors

auf, wie durch die Integration von Sensoren in die Zylinderkopfdichtung die Erfassung von Temperaturen und Verbrennungsparametern möglich wird und das dank integrierter Dichtspaltsensorik in unmittelbarer Nähe des Brennraums.

1 Einleitung

Die Entwicklung neuer Motorgenerationen erfordert die Realisierung höherer spezifischer Motorleistung bei gleichzeitiger Verbrauchs- und Emissionsreduzierung. Damit sind sowohl für Dieselmotoren als auch für Ottomotoren deutlich höhere Anforderungen an das Motormanagement verbunden. Außer der Fehlererkennung und der exakten Kennfeldregelung von Zündung und Gemischaufbereitung steht zukünftig auch die intelligente Regelung des Kühlsystems im Vordergrund.

Voraussetzung für die Optimierung des Motormanagements ist die exakte Erfassung der Betriebsparameter. Beim Dieselmotor sind hauptsächlich Größen wie Spitzendruck und Lage der Verbrennung von Interesse, während bei Ottomotoren Aussetzer- oder Klopfenerkennung von Bedeutung sind. Speziell bei hohen Motordrehzahlen oder der Verwendung elektromagnetischer Ventilsteuerung wird die Erfassung von Klopfsignalen mit

herkömmlichen Sensoren schwieriger.

Grundsätzlich wird die Signalqualität wesentlich durch die Sensoranordnung beeinflusst. Dies trifft sowohl für die Messung von örtlichen Bauteiltemperaturen als auch für Verbrennungsparameter zu. Moderne Motorkonstruktionen weisen durch Mehrventiltechnik und aufwändige Kanalführungen im Zylinderkopf kaum Einbauraum für zusätzliche Sensoren auf.

Die Zylinderkopfdichtung ist als ein zentrales Funktionselement zwischen Zylinderkopf und Kurbelgehäuse direkt am Brennraum und den thermisch kritischen Bereichen im Motor angeordnet. Auf diese Weise eröffnet die integrierte Dichtspaltsensorik (IDS) ein weites Feld für die Erfassung der Betriebsparameter im Serienmotor.

2 Kühlkreislaufüberwachung und -steuerung

2.1 Wirkungsweise mechanischer Kühlsysteme

Die derzeitige Motorengeneration ist mit thermostatgeregelten mechanischen Kühlsystemen ausgestattet. Der Kühlmittelstrom kann je nach Bedarf an einzelne Bereiche im Motor verteilt werden, der Gesamtdurchsatz an Kühlmittel wird jedoch von der Pumpenbeziehungsweise Motordrehzahl bestimmt. Im Gegensatz dazu ist der Wärmeeintrag ins Kühlsystem jedoch vor allem lastabhängig. Um der Überhitzung des Motors bei geringen Drehzahlen vorzubeugen, wird die Förderleistung mechanischer Kühlmittelpumpen für diesen Drehzahlbereich ausgelegt.

Beim Kaltstart wird zunächst nur der Heizungskreislauf vom Kühlmittel durchströmt. Nach Erreichen der Regeltemperatur wird kaltes Kühlmittel vom Kühler beigemischt. Die Zeitspanne bis zum Erreichen der optimalen Betriebstemperatur wird bei mechanischen Kühlsystemen vor allem durch das Fahrprofil, die Kühlmittelmenge und das Verhalten des Thermostats bestimmt. Der Motorblock und der Zylinderkopf werden üblicherweise, unabhängig vom tatsächlichen Kühlbedarf des jeweiligen Bauteils, von derselben Wassermenge durchströmt.

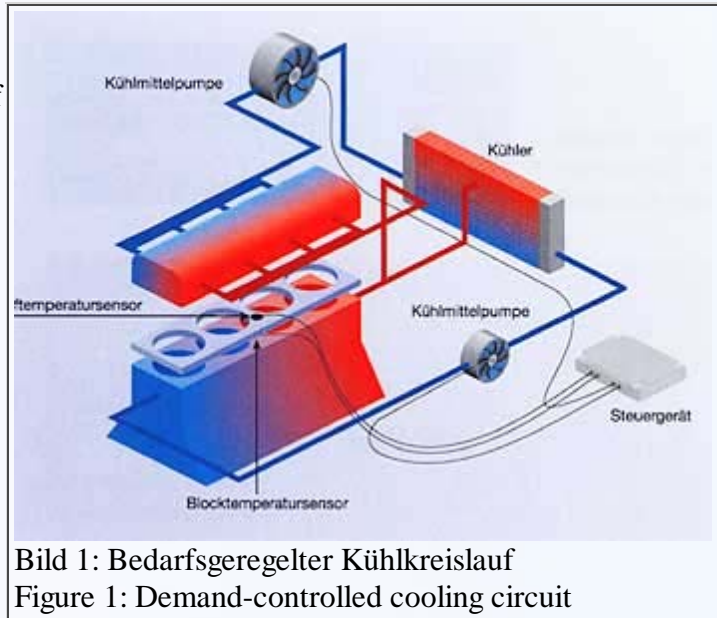
Motoren mit derartigen Kühlsystemen haben gravierende Nachteile:

- ungünstiges Emissionsverhalten während der langen Aufheizperiode
- der Kühlmitteldurchsatz ist nur für einen kleinen Drehzahl- und Lastbereich optimiert
- Motorleistung wird (für den Pumpenantrieb) unnötig und ineffizient eingesetzt
- Kühlung von Kopf und Block ist nicht individuell an den Bauteilbedarf angepasst.

2.2 Lösungsansätze

Ein Konzept zur Lösung dieser Problematik muss eine Pumpe enthalten, deren Fördermenge unabhängig vom Motor beeinflusst

werden kann.
Für die
Verteilung auf
die
Teilkreisläufe
bieten sich
elektrisch
ansteuerbare
Ventile an.
Bestimmt
man
zusätzlich in
der



Entwicklungsphase den genauen Kühlmittelbedarf des Motors in jedem Last- und Drehzahlpunkt und hinterlegt dieses "Kennfeld des Kühlmittelbedarfs" im Motorsteuergerät, dann lässt sich die ideale Kühlung über das gesamte Last- und Drehzahlpektrum realisieren.

Grundsätzlich bietet sich eine Trennung der Kühlkreisläufe für Kopf und Block aus Gründen der Werkstoffbelastung an. Bei Ottomotoren mit verbesserter Kühlung des Kopfs kann zudem die Klopfgrenze zu früheren Zündzeitpunkten hin verschoben werden. Auf diese Weise lassen sich Drehmoment- und Leistungssteigerungen sowie ein günstigerer Verbrauch und bessere Emissionswerte realisieren.

Die Aufheizperiode sollte aus Gründen des Emissionsverhaltens möglichst kurz sein. Dies kann man erreichen, wenn der Kühlmittelstrom beim Start des Motors möglichst gering ist. Das birgt natürlich Risiken für die Motorbauteile: Je nach Fahrprofil erwärmt sich der Motor unterschiedlich schnell. Eine lokale Überhitzung (hot spot) ist nur vermeidbar, wenn die Kühlung in der Lage ist, den sehr schnellen Temperaturanstiegen zu folgen. Um das zu gewährleisten, müssen bei der Temperaturmessung im Motor neue Wege beschritten werden: Der Messpunkt muss in der direkten Umgebung der eigentlichen Wärmequelle - also in Brennraumnähe - liegen.

Die heute üblichen Zylinderköpfe in Vierventiltechnik bieten keinen Einbauraum für einen Einschraubsensor, der direkt die Temperatur des Zylinderkopfs an geeigneter Stelle abgreifen könnte.

Die neue, für den Serieneinsatz konzipierte Zylinderkopfdichtung mit integrierter Temperatursensorik von ElringKlinger bietet die Möglichkeit, ohne Eingriffe an der Motorstruktur die Temperatur in Brennraumnähe zu messen. Die Temperaturmessung erfolgt mit Widerstandselementen, die sich durch günstige Kosten, einfache Signalverarbeitung, variable Einbaumaße, Robustheit und geringe elektrische Toleranzen auszeichnen. Mit diesen Elementen lässt sich eine präzise und verlässliche Messung der Zylinderkopf- und der Motorblocktemperatur während der gesamten Motorlebensdauer realisieren. Die Messung ist auch simultan an mehreren Stellen im

Dichtspalt möglich. Auf diese Weise kann - bei gleichzeitig optimalem Bauteilschutz - ein bedarfsoptimierter Kühlmitteldurchsatz garantiert werden, Bild 1.

3 Überwachung und Steuerung von Verbrennungsvorgängen

Neben der Kühlkreislaufsteuerung kommt der Überwachung und Steuerung von

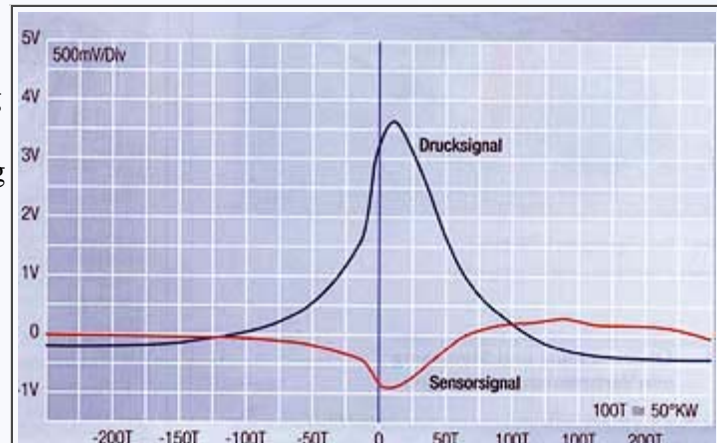


Bild 3: Verlauf des Indizierdrucksignals und des Piezosensorsignals im Dichtspalt

Figure 3: Graph of the index pressure signal and the piezo sensor signal in the sealing gap

Verbrennungsvorgängen für die Optimierung des Motormanagements entscheidende Bedeutung zu. Bei Ottomotoren ist die Klopfkennung und -regelung sowie die Aussetzererkennung wichtig, bei Dieselmotoren die möglichst exakte Erfassung des Spitzendrucks und des Druckverlaufs. Für diese Belange können zusätzlich oder alternativ zu Temperatursensoren Piezosensoren im Dichtspalt integriert werden.

Die Vorteile dieser Sensorik sind vielfältig. In Ottomotoren kann beispielsweise ein kombiniertes Klopfkennungs- und Aussetzer-Erkennungssystem mit ein- und demselben Sensor realisiert werden. Der Einsatz mehrerer Sensoren pro Dichtung ermöglicht die zylinderselektive Erfassung dieser Ereignisse. Die Klopfkennung bietet gegenüber derzeit üblichen Systemen vor allem den Vorteil eines günstigeren Signal/Störpegel-Abstands.

Besonders bei hohen Drehzahlen und komplexen Motorstrukturen, die die Klopfkennung per Körperschallsensor schwierig machen, sind weitere Vorteile zu erwarten.

Eine präzise Spitzendruckmessung in Dieselmotoren bietet unter anderem den Vorteil, dass der heute übliche "Sicherheitsabstand" des Spitzendrucks zur Belastungsgrenze der Motormechanik deutlich verringert werden kann. Dieser Abstand ist notwendig, um mechanischen Schäden durch Streuungen des Spitzendrucks vorzubeugen. ElringKlinger entwickelt auf der Basis von integrierten Dichtspaltsensoren eine präzise, schnelle Druckmessung, mit der die Einspritzparameter entsprechend korrigiert werden können, Bild 2.

Bild 3 zeigt, dass sich der Druckverlauf (blaue Kurve) im Signal des Piezosensors im Dichtspalt (rote Kurve) widerspiegelt. Für die präzise

Messung des Drucks muss außerdem die Zuordnung beider Signalausschläge zueinander für das gesamte Last- und Drehzahlpektrum in einem Kennfeld hinterlegt werden, da der Zusammenhang beider Signale vom inneren Aufbau des Motortyps abhängig ist.

4 Zusammenfassung

In künftigen Motorgenerationen werden ein wirkungsgradoptimiertes Wärmemanagement sowie die Verbrennungsüberwachungs- und -steuerungsfunktionen immer wichtiger. Die notwendige Sensorik zur Messung von Bauteiltemperaturen und zur Erfassung des Verbrennungsvorgangs muss in der direkten Umgebung des Brennraums untergebracht werden.

Die Nähe der Zylinderkopfdichtung zum Brennraum bietet die Integration von Sensoren an. Durch den modularen Aufbau der Metallagen-Zylinderkopfdichtung lässt sich ein integriertes System von Sensor, Gehäuse- und Abdichtungsfunktionen realisieren. Die sonst zusätzlichen und für die Motorstruktur problematischen Bohrungen können somit vermieden werden.

Die integrierte Dichtspaltsensorik ermöglicht neben der präzisen und schnell ansprechenden Bauteiltemperaturmessung für ein bedarfsoptimiertes Kühlsystem ein kombiniertes Klopf- und Aussetzer-Erkennungssystem sowie Verbrennungsdruckmessungen. Auf diese Weise leistet die IDS-Zylinderkopfdichtung von ElringKlinger in Zukunft über die reine Abdichtungsfunktion hinaus wesentliche Beiträge zur Verringerung des Schadstoffausstoßes und zum Schutz des Motors.