

DLC-beschichtete Reibpaarungen in Verbrennungsmotoren zur Reibungs-, Verschleiß- und Korrosionsminderung

Problem

Weltweit zwingen neue Gesetze die Automobilhersteller, durch Weiterentwicklung der Fahrzeugtechnik den steigenden Anforderungen bezüglich minimierter Schadstoff- und Geräuschemissionen gerecht zu werden. Steigende Kraftstoffpreise und ein zunehmendes Kostenbewußtsein der Kunden erfordern die Verbesserung der Wirtschaftlichkeit der Fahrzeuge, um auf dem Markt konkurrenzfähig zu bleiben.

Ein Kernpunkt der notwendigen Forschung und Entwicklung ist die Optimierung der Verbrennungsmotoren. Durch die Verringerung des Reibwertes und die Steigerung der Temperaturbeständigkeit bei gleichzeitiger Minimierung von Verschleiß und Korrosion der tribologisch beanspruchten Motorkomponenten gilt es, folgende Zielstellungen zu erfüllen:

- Steigerung der Lebensdauer
- Reduzierung des Treibstoff- und Ölverbrauches
- Reduzierung der Schadstoff- und Geräuschemission
- Verbesserung des Kaltstartverhaltens und der Notlaufeigenschaften

Aufgabenstellung

Das Projekt hatte zum Ziel, DLC-Beschichtungen auf gegeneinander reibenden Komponenten von Verbrennungsmotoren zu realisieren und deren Auswirkungen auf die Motorleistung zu ermitteln. Durch bevorzugtes Beschichten jeweils beider Partner der in Frage kommenden Paarungen, insbesondere von Komponenten des Ventiltriebes und des Motorblocks, sollte eine merkliche Verminderung von Reibung und Verschleiß erreicht werden.

Darüber hinaus wurde mit der Hochskalierung des applizierten DLC-Verfahrens auf eine etwa 4-fache Chargenfläche begonnen, um künftig entweder Kleinteile in Serie oder Großteile einzeln beschichten zu können.

Realisierung

Gegenstand der Untersuchungen war ein Zylinderkopf mit DLC-Beschichtungen an folgenden Bauteilen:

1. Zylinderkopf, insbesondere Nockenwellen-Lagergasse
2. Nockenwelle, insbesondere Lagerzapfen und Nocken

3. Nockenwellen-Lagerdeckel
4. Tassenstößelboden
5. Ventilschaft

Die Auswahl der zu beschichtenden Motorkomponenten (Bild 1) und damit zu erprobenden DLC-DLC-Reibpaarungen (Tabelle 1) erfolgte in Abstimmung mit der IAV Ingenieurgesellschaft Auto und Verkehr GmbH, Betriebsteil Chemnitz, die auch Schleppmessungen ohne Befeuerung an einem unbeschichteten und einem DLC-beschichteten Zylinderkopf eines Pkw-Verbrennungsmotors (4-Zylinder-Viertakt-Otto) im gesamten Drehzahlbereich bei 3 verschiedenen Öltemperaturen (35, 90 und 135 °C Galerie Zylinderkopf) durchführte.

Reibpartner DLC1	Reibpartner DLC2
Nockenwelle Nockenwelle Nockenwelle Ventilschaft	Nockenwellenlagergasse Nockenwellenlagerdeckel Tassenstößelboden Ventilführung (unbeschichtet)

Tabelle 1: Reibpaarungen der eingesetzten Motorkomponenten



Ventil



Tassenstößel



Nockenwelle

Bild 1: Auswahl DLC-beschichteter Pkw-Motorkomponenten

Ergebnisse

Sowohl der unter Laborbedingungen an Vergleichsproben durchgeführte Stift-Scheibe-Tribotest als auch die Prüfstandversuche ergaben nach erfolgter DLC-Beschichtung eine moderate Verringerung der Reibungsverluste am Zylinderkopf, insbesondere bei mittleren

und hohen Öltemperaturen.

Während bei einer Öltemperatur von 35 °C keine signifikante Veränderung der relevanten Motorkennzahlen durch die DLC-Beschichtung feststellbar war, verringerten sich bei 90 und 135 °C das Verlustmoment um etwa 10-20 % (Bild 2) und die Verlustleistung um bis zu 25 % (Bild 3).

Allerdings wurde im Verlauf der Schleppversuche bei normalem Ölzuführungsdruck in allen Bereichen mit erwarteter Mischreibung nach maximal 50 Stunden der fast vollständige Verschleiß der DLC-Beschichtung und somit das vorzeitige Versagen der DLC-Schicht infolge mangelnder Adhäsion auf dem stählernen Grundwerkstoff festgestellt.

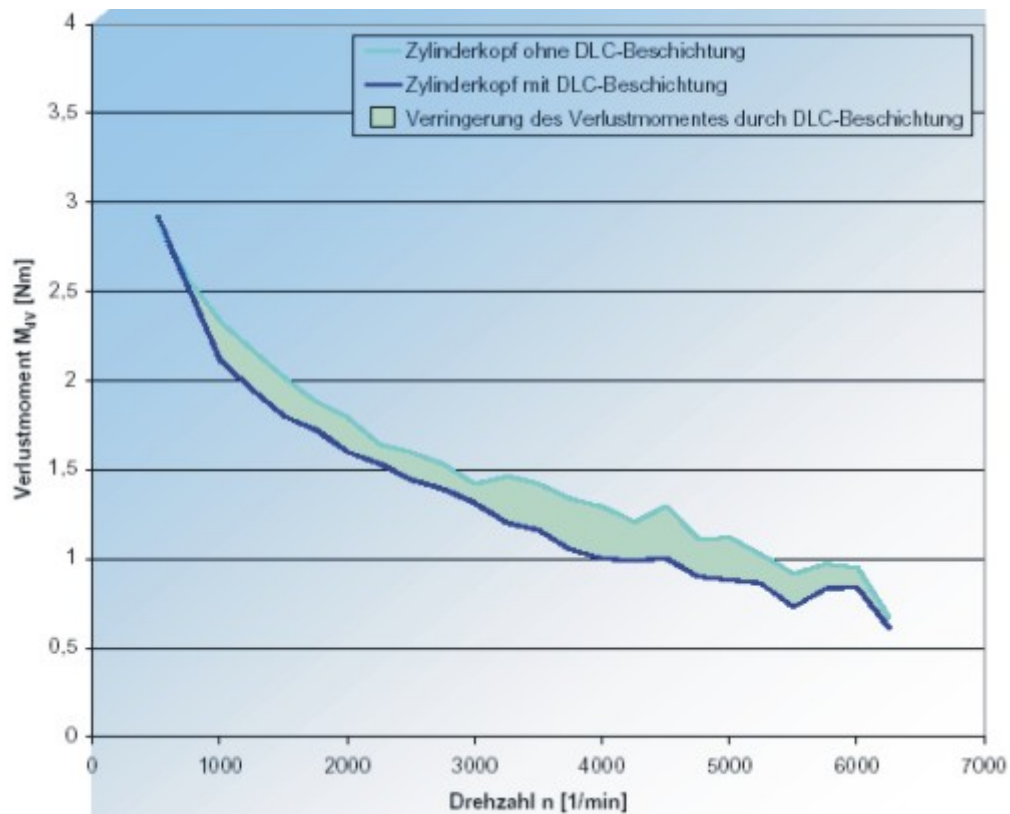


Bild 2: Verlustmoment bei 90 °C Öltemperatur in Abhängigkeit von der Motordrehzahl

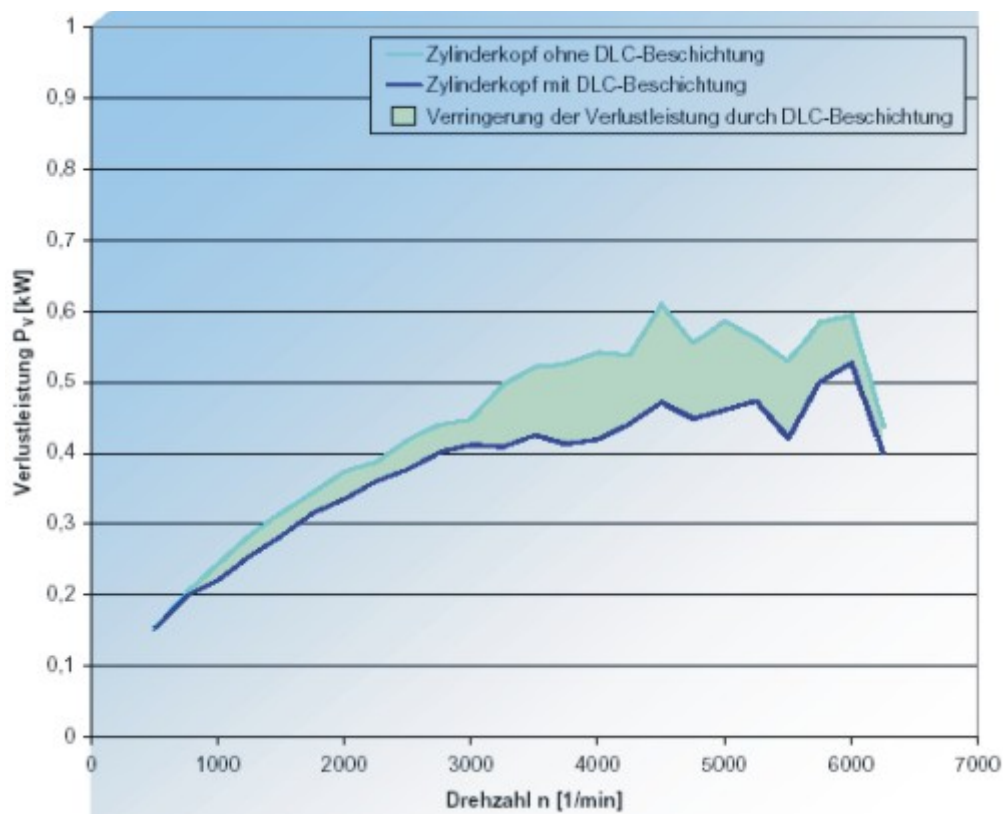


Bild 3: Verlustleistung bei 90 °C Öltemperatur in Abhängigkeit von der Motordrehzahl

Zusammenfassung

Die reibungsmindernde Applikation von DLC-Schichten in Verbrennungsmotoren erfordert noch deutliche Steigerungen ihrer Haftfestigkeit und Verschleißbeständigkeit.

Ansätze dafür bieten die bereits avisierte Verbesserung der Beschichtungstechnik und die stoffliche Modifizierung des amorphen Schichtsystems.

Danksagung

Dieses FuE-Projekt wurde unter dem Kennzeichen 152/01 durch das BMWA gefördert. Dafür sei hiermit ausdrücklich gedankt.

—

Ansprechpartner: Dipl.-Ing. T. Gura