

»TRIBOMAN«: REDUKTION VON REIBUNG UND VERSCHLEISS IN MOTOREN

Nachdem in den vergangenen Jahren hauptsächlich die Verbrennung im Mittelpunkt der Motor-Forschung stand, haben die Forderungen nach Kraftstoffeinsparung und Verringerung der CO₂-Emission in jüngster Zeit Reibungsphänomene wieder in den Fokus der Entwickler gerückt. Dabei haben sich zwei Problemkreise herauskristallisiert: Erstens kann nur eine ganzheitliche Optimierung des mechanischen Systems einen signifikanten Beitrag leisten und zweitens müssen dazu die physikalischen und chemischen Grundlagen verstanden sein.

Zur tribologischen Optimierung eines Motors sind grundsätzlich drei Stellhebel nutzbar. Als stärkster tribologischer Hebel ist der motorische Einlauf zu nennen. Hier können Reibung und Verschleiß durch eine Steuerung der Belastung, wie Drehzahl und Last, eingestellt werden. Der Hersteller hat hier leider wenig Handhabe, da die Belastungssteuerung hauptsächlich in den Händen des Autofahrers liegt. Der zweite Optimierungshebel ist die Auslegung des Öls und seiner Additive. Hierzu ist das Zusammenwirken der Motorhersteller mit den Öl- und Additivfirmen notwendig, was oftmals an Regelungen zur Geheimhaltung scheitert. Bleibt als dritter Hebel die mechanische Endbearbeitung, mit der eine Vorkonditionierung der Motorteile möglich ist.

Mechanische Endbearbeitung und Beschichtung

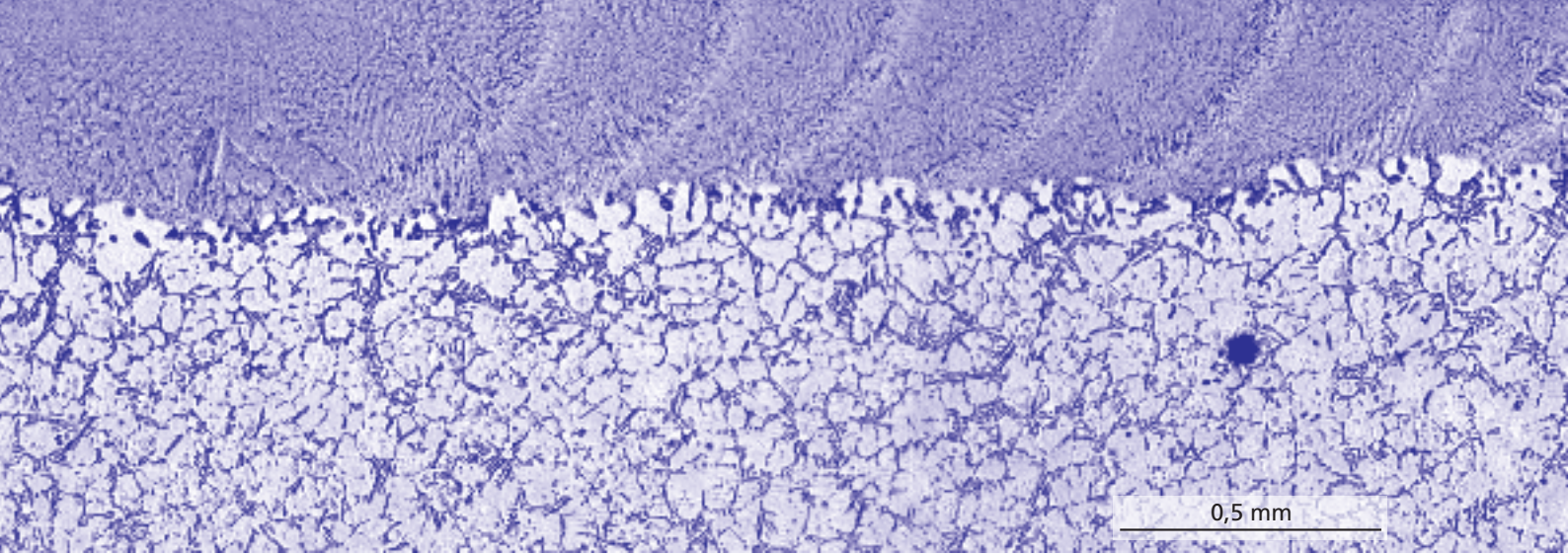
Der mechanischen Endbearbeitung haben sich fünf Fraunhofer-Institute in dem internen Projekt Triboman gewidmet. Das Fraunhofer IFAM hat für Aluminiumsilizium(AlSi)-Leichtbauzylinder eine neuartige untereutektische Legierung entwickelt. Das Material hat ein feinkristallines Gefüge, welches im Zuge des Einlaufs schnell und stabil nanokristallin wird und wenig

Reibung bei gleichzeitig geringem Verschleiß aufweist. Mithilfe der Kollegen des Fraunhofer IWU sollen die so gewonnenen Zylinder präzisionsendbearbeitet werden, um einerseits das Honen zu ersetzen und andererseits den Einlauf teilweise schon während der Fertigung vorwegzunehmen. Das Verfahren, das auch für Wellen entwickelt wurde, nennen wir »energetisch gesteuerte Endbearbeitung«. Alternativ zu spanender Endbearbeitung arbeitet das Fraunhofer IPT am Laserumschmelzen von Tribowerkstoffen. Auch hier soll nanokristallines Gefüge entstehen, das im Reibkontakt zügig zu geringer Reibung führt. Nicht alle Teile des Motors werden allerdings endbearbeitet, beispielsweise Kolbenringe. Zur Reibungsreduktion werden diese Teile daher am Fraunhofer IST mit diamantartigem Kohlenstoff (DLC) beschichtet.

Messung von Reibung und Verschleiß

Zum Nachweis der Reibungsreduktion erfolgen im MikroTribologie Centrum μ TC des Fraunhofer IWM Motorprüfstandsuntersuchungen, bei denen im laufenden Aggregat neben den Reibungsverlusten auch der Verschleiß der Bauteile gemessen wird. Abbildung 1 zeigt einen Einzylinderforschungsmotor, mit dem die Reibungsverluste bestimmt werden können. Durch Nutzung der Radionuklidtechnik kann ebenso der Verschleiß kontinuierlich gemessen werden. Die neuen AlSi-Legierungen ergaben Verschleißraten, die kleiner als 10 Nanometer pro Stunde sind.

Abbildung 2 zeigt die Laufspuren des Kolbenrings im AlSi-Zylinder. Das besondere daran ist, dass, anders als bei den herkömmlichen übereutektischen Legierungen, nicht der Einlauf



Laserumgeschmolzene AlSi-Legierung.

für die Herstellung der nanokristallinen Struktur notwendig ist. Das neue System ist also stabil und weniger empfindlich gegenüber äußeren Einflussgrößen. Greifen alle geplanten Maßnahmen, erwarten die Mikrotribologinnen und Mikrotribologen eine Reibungsverringerung von bis zu 10 Prozent.

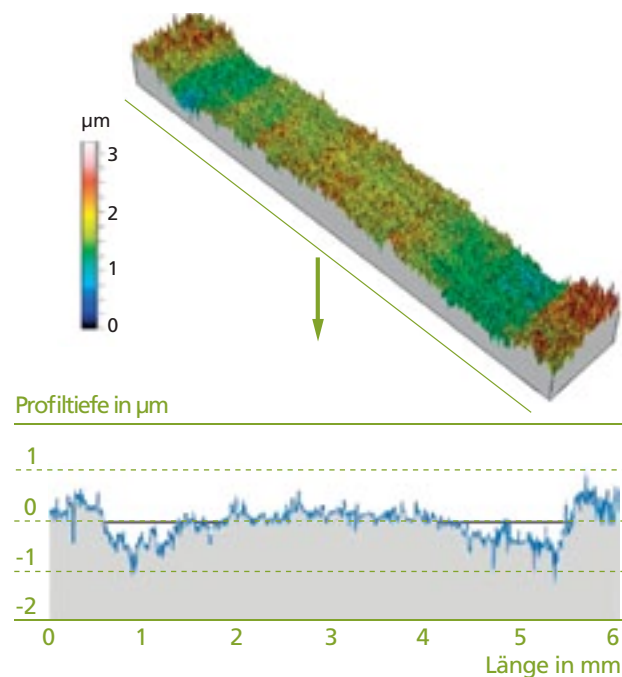
Zur Charakterisierung der tribologischen Eigenschaften setzen wir neben der hochgenauen Verschleißmessung auch

physikalisch-chemische Analytik ein. Systeme mit ultrakleinen Verschleißraten zeigen neben der nanokristallinen Struktur auch deutliche Veränderungen der chemischen Eigenschaften des oberflächennahen Materials, die auf Reaktionen der AlSi-Legierung mit Additivbestandteilen des Öls deuten. Derartige Änderungen wurden mit der Photoelektronenspektroskopie nachgewiesen.

Prof. Dr. Matthias Scherge



1 Einzylinderforschungsmotor zur Messung von Reibung und Verschleiß.



2 Dreidimensionale Darstellung der Verschleißspur des Kolbenrings. Ein Abtrag von rund 1,5 µm führt bei einer Laufzeit von 150 h zu einer Verschleißrate von 10 nm/h.