

5. Mechanik und Elektrotechnik

5.1 Universell und doch speziell – Keramik im Automobil

- Elke Vitzthum
CeramTec AG
Lauf a. d. Pegnitz

Die Folien finden Sie ab Seite 359.

Sicher von A nach B kommen oder einfach nur Spaß am Fahren haben. Mobilität ist ein Menschheitstraum. Dabei übernimmt Hochleistungskeramik im Automobil wichtige Aufgaben und sichert das Zusammenspiel von Bauteilen, auch unter höchsten Belastungen und in Grenzbereichen.

Die Anforderungen bewegen sich hin zu reduziertem Verschleiß, Vermeidung von Korrosion, verbessertem Fahrkomfort, reduziertem Verbrauch und erhöhter Sicherheit. Eine Antwort dazu geben gezielt eingesetzte Werkstoffe/Werkstoffkombinationen wie Keramik.

Der Einsatzbereich von Keramik im Automobil ist vielfältig, deshalb kann hier nur ein Auszug aufgezeigt werden.

Hochleistungskeramik bietet als innovativer und leistungsfähiger Werkstoff eine Vielzahl an Möglichkeiten. Keramik verleiht Produkten und Komponenten einen echten Mehrwert durch bessere Funktionalität, höhere Zuverlässigkeit und Verlängerung der Lebensdauer.

Einsatzbeispiele finden sich im Motormanagement, in der Fahrzeugelektronik und auch in der Lichttechnik.

Im folgenden sollen einige ausgesuchte Beispiele den breiten Einsatzbereich von Keramik im Automobil aufzeigen.

Sehen und gesehen werden spielt für die Sicherheit eine wesentliche Rolle. Starke Temperatureinwirkungen über lange Betriebszeiten unter UV-Belastung erfordert in hochwertigen Halogenlampen die Verwen-

dung keramischer **Sockel und Halterungen**. Keramik garantiert somit für lange Lebensdauer und Wirtschaftlichkeit.

Piezokeramische Sensoren übernehmen im Automobil wichtige Mess- und Steuerfunktionen.

Eine enorme Hilfe beim Einparken bieten **Abstandssensoren**. Ein piezokeramischer Wandler sendet einen kurzen Luft-Ultraschallimpuls, der vom Hindernis reflektiert und vom gleichen Piezowandler wieder empfangen wird. Über die Laufzeitmessung kann die Entfernung zum Hindernis bestimmt werden.

Klopfsensor: Bereits geringste Veränderung im Motorbetrieb gegenüber dem zulässigen Bereich in der Motorcharakteristik werden vom piezokeramischen Sensor erkannt. Beginnt der Motor zum Klopfen, regelt die Elektronik den Zündzeitpunkt nach. Durch diese intelligente Motorsteuerung kann die Verbrennung immer sehr nah an der Klopfgrenze betrieben werden. Das Ergebnis ist eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs.

Im Motorenbereich sind Komponenten höchsten Belastungen wie Temperaturschwankungen und Erschütterungen ausgesetzt. In den **Kraftstoffpumpen** kommen Seitenplatten, G-Rotor oder Peripheralräder aus Al_2O_3 zum Einsatz. Denn chemische Beständigkeit, Verschleiß- und Temperaturbeständigkeit und auch gute tribologische Eigenschaften spielen hier für die optimale Funktion eine wesentliche Rolle.

Moderne **Dieselschitektur** ist ohne Common-Rail nicht mehr denkbar. In der Hochdruckpumpe arbeiten keramische Ventilplatten aus Siliziumnitrid unter einem wechselnden Druck von bis zu 1.500 bar. Sie garantieren für höchste Verschleiß- und Formbeständigkeit und reduzieren der bewegten Massen.

Keramik findet sich auch in der **Abgasregelung**. Über die Abgasklappen wird speziell in der Warmlaufphase des Motors die Bypassmenge des Abgasströme reguliert. Die Betriebstemperatur beträgt dabei ca. 500°C. Für die Abgasklappe kommt eine keramische Lagerbuchse zum Einsatz, da herkömmliche Werkstoffe in diesem Umfeld versagen. Der

Werkstoff Zirkonoxid mit seinen hervorragenden thermischen Eigenschaften und seiner Korrosionsbeständigkeit bot die Lösung zur einwandfreien Lagerung der Abgasklappe.

Ein breites Feld der Anwendung auch im Automobil finden Gleitringe aus Keramik. Gerade in der **Kühlwasserpumpe** steigen die Anforderungen der Hersteller hinsichtlich Funktionssicherheit, Lebensdauer und Dichtigkeit. Nur mit der Gleitpaarung Keramik/Kohle konnten die Anforderungen erfüllt werden. Je nach Applikation kommen die Werkstoffe Siliziumcarbid oder Aluminiumoxid zum Einsatz.

Leichtbaumaterialien gewinnen in unserer modernen Welt, insbesondere in der Verkehrstechnik, eine immer größere Bedeutung und öffnen neuen und innovativen Produkten den Weg in den Markt. Allerdings stößt der Leichtbau dort an seine Grenzen, wo er hohen tribologischen, mechanischen oder thermischen Belastungen standhalten muss. Die Lösung liegt in der Verstärkung von Leichtmetallbauteilen an genau den Stellen, die am stärksten beansprucht werden. Lokales Werkstoffengineering ist das Schlagwort, die entstehenden Werkstoffe werden Metal-Matrix Composites (MMCs) genannt. Ein Beispiel dafür stellt die **Zylinderlauffläche** des Porsche Boxsters und Porsche 911 dar. Die Zylinderlauffläche wird mit Siliziumpartikel verstärkt, um die Laufeigenschaften zwischen Kolben und Zylinderlaufwand zu optimieren (siehe auch Vortrag MMCs).

Ein weiteres Anwendungsfeld für Piezotechnik bietet die **Dieseldirekteinspritzung**. Dort kommen Piezo-Aktoren zum Einsatz. Mit Kräften im kN-Bereich und möglichen Ansprechzeiten von 1 ms sind sie anderen Antrieben weit überlegen. Durch die hohe Energiedichte des Werkstoffs kann die hohe Leistung bereits mit kleinsten Aktorvolumen erreicht werden.

Durch die Presse sind keramische **Bremsen** als neue Errungenschaft ist in aller Munde. Die Vorteile liegen auf der Hand. Die keramische Bremsscheibe ist nicht nur härter als die herkömmliche Grauguss-scheibe, sondern auch leichter und korrosionsfrei. Zusätzlich bleibt der

Reibwert über die Zeit konstant, was zu gleichmäßigem guten Bremsverhalten führt und damit insgesamt die Fahrsicherheit erhöht!.

Warum also Keramik im Automobil ?

Keramik ist härter als Metall oder Kunststoff, daneben chemisch stabil und korrosionsbeständig. Keramik ist leichter als Stahl und zeigt deutlich bessere Temperaturbeständigkeit gerade dann, wenn es heiß wird.

Keramik bietet somit für weitere fortschrittliche Lösungen in der Zukunft hervorragende Perspektiven.

Die verwendeten Vortragsfolien (Nr. 1 bis 21) finden sich auf den folgenden Seiten.

Seminarreihe Technische Keramik in der Praxis



Mechanik und Elektronik

Universell und doch speziell - Keramik im Automobil

Dipl.-Ing. Elke Vitzthum
CeramTec AG
Lauf a.d. Pegnitz



Warum Keramik im Automobil ?

Markttrend und
Anforderung sind

Keramik ist eine Antwort,
weil

reduzierter Verschleiß

harter Werkstoff

keine Korrosion

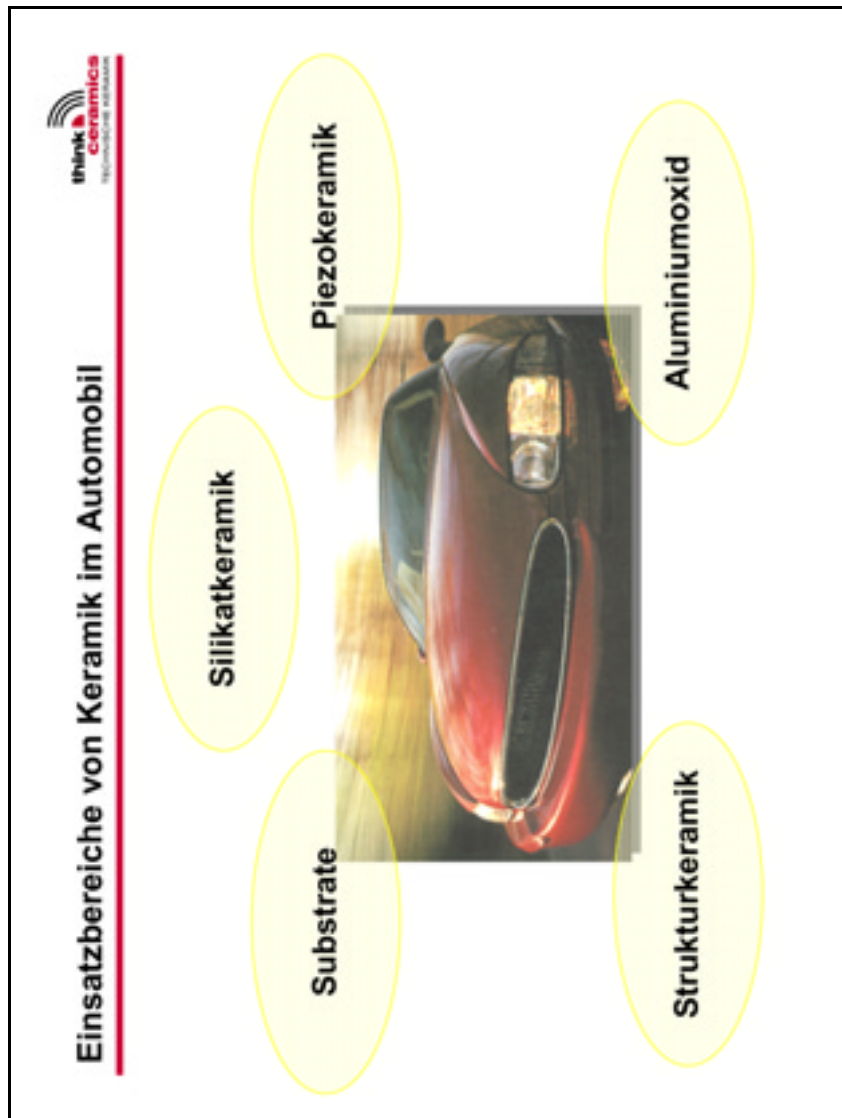
chem. stabiler Werkstoff

verbesserter Fahrkomfort
reduzierter Verbrauch

leichter Werkstoff

Ökologie + Umweltschutz

z.B. Reduktion von
Kühlschmierstoffen



Folie 4

Substrate im Automobil

- Heizer für Lambda-Sonde (metallisierte Substrate)
- Substrate für Hybridschaltungen bei
 - Motorsteuerung
 - Einspritzsteuerung
 - ABS-Steuerung
 - Airbag-Steuerung



Silikatkeramik im Automobil

- Wabenkörper für Katalysatoren
- Sockel für Halogenlampen
- Isolierröhrchen für Xenonlicht



Piezokeramik im Automobil



- Klopfsensor
- Rückfahrsensor
- Crash-Sensor
(zur Auslösung Airbag)
- Aktuatoren
(zur Steuerung von diversen Funktionen)

Aluminiumoxid im Automobil

- Stäbe für Widerstände (in Hybridschaltungen)
- Zündkerze
- Seitenplatten (Benzinpumpe)
- Gehäuse (Öldruck-Sensor)
- Zündbrückenträger (in Airbag-Generatoren)
- Gleitring (Kühlwasserpumpe)
- Prall-Plättchen für Einspritzpumpe (Gemischmengenregler)
- Heizer λ -Sonde
- Isolierung für Hochleistungsbatterien



Strukturkeramik im Automobil



- Gleitringe für
 - Kühlwasserpumpe
 - CO₂-Kompressoren
 - Benzindirekteinspritzung
- Portliner
- Common-Rail-Hochdruckpumpe (Ventilplatte)
- Katalysator-Ring
- Zylinderlaufbüchse in MMC-Technologie
- Lagerbüchse (für Abgasklappe)
- Bremsscheiben und Bremskolben
- Dieseldirekteinspritzung (Ventilplatte)
- Shims (im Ventiltrieb)

Piezokeramik für Kfz - Sensoren



Sensor als Einparkhilfe

Funktionsweise:

Piezokeramischer Wandler sendet einen kurzen Luft-Ultraschallimpuls, der vom Hindernis reflektiert und vom gleichen Piezowandler wieder empfangen wird. Laufzeit ergibt den Abstand zum Hindernis

Einparkhilfe für PKW + LKW



Klopfsensor

Funktionsweise:

Piezokeramische Sensor erkennt bereits geringste Veränderungen in der Motorcharakteristik. Beginnt der Motor zu „Klopfen“, regelt die Elektronik den Zündzeitpunkt nach. Die Verbrennung kann somit nahe an der Klopfgrenze betrieben werden.

Senkung des Kraftstoffverbrauchs



Kfz - Lichttechnik



**Besseres Licht bedeutet
mehr Sicherheit !**

Sockel, Halterung und Isolierkomponenten von Halogenlampen sind starker Temperatureinwirkung und Dauerbelastung ausgesetzt

Vorteile von Silikatkeramik:

- lange Lebensdauer
- hohe Wirtschaftlichkeit
- bessere Verarbeitbarkeit



Komponenten in der Kraftstoffversorgung (1)



Seitenplatten für elektrische Kraftstoffpumpe
mit integrierter Kohlenstoff-
buchse zur Lagerung der
Motorwelle

Werkstoff: ca. 96% Al_2O_3

Vorteile: Verschleißbeständigkeit,
Gleitfähigkeit,
chemische Beständigkeit

Komponenten in der Kraftstoffversorgung (2)



G-Rotor Satz für elektrische Kraftstoffpumpe/
Innenzahnradpumpe

Werkstoff: ca. 99,5% Al_2O_3

Vorteile: Verschleißbeständigkeit,
chemische Beständigkeit

Komponenten in der Kraftstoffversorgung (3)

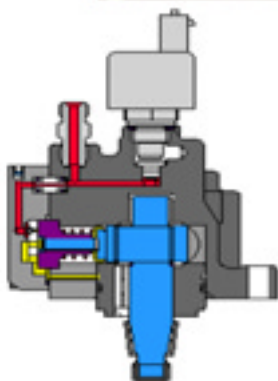


Peripheralrad Elektrische Benzinpumpe

Werkstoff ca. 99% Al_2O_3

Vorteile: Verschleißbeständigkeit,
Gleitfähigkeit,
chemische Beständigkeit

Keramik für Common Rail Hochdruckpumpe



Vorteile:

- Verschleißbeständigkeit
- Formbeständigkeit
- Gewichtsreduzierung
- Lebensdauer bei Betriebsdrücke um 1500 bar

Werkstoff: SL 200 (Si_3N_4)

Ansatzpunkte für weitere keramische Komponenten in der Diesel- oder Benzin-Hochdruckeinspritzung
Injektornadel, Kolben für Kolbenpumpe, Ventilkugel, Steuerscheibe, Exzenter, Gleitring für Gleitringdichtung

Komponenten in der Abgasregelung



Lagerbuchse für Abgasventill zur Regulierung des Abgasstroms

Vorteile:

- Temperaturbeständigkeit
 - Korrosionsbeständigkeit
 - Wärmeausdehnungskoeffizient
 - gutmütiges tribologisches Verhalten gegenüber der Stahlwelle
 - schmierungsfreies Lagerung
- Werkstoff: ZrO_2 - MgO (ZN 40)



Ansatzpunkte für weitere Komponenten in der Abgasregelung sind Drehschieberventile und Auslassventile aus SiC

Gleitringe in Kühlwasserpumpen



Vorteile:

- Verschleißbeständigkeit
- chemische Beständigkeit
- gutmütiges tribologisches Verhalten

Werkstoff:

- Al_2O_3 (ca. 96%)
- SSIC

Keramik im Motorblock

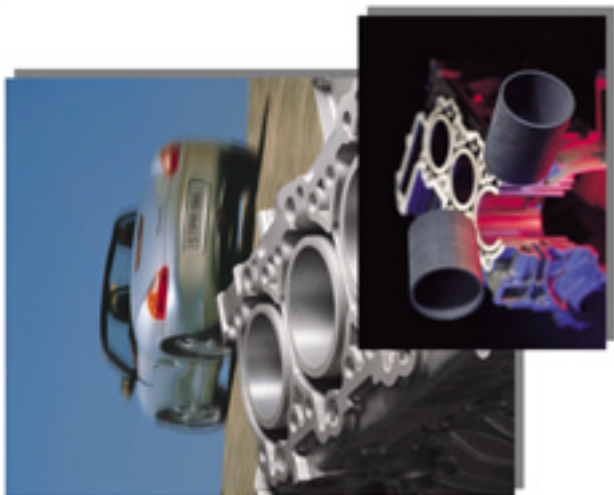
Leichtmetallbauweise mit Al oder Mg stößt oft an die Grenze von mechanischer und thermischer Belastbarkeit

Lösung:

Verstärkung der beanspruchten Leichtbauteile mit Keramik; z.B. Zylinderlaufflächen im Motorblock als Metall-Keramik-Verbundwerkstoff

Vorteile:

- ➔ Verschleiß reduziert
- ➔ geringerer Ölverbrauch
- ➔ niedrigere Emissionen



Hochleistungskeramik Grauguss



„hart“

korrosionsfrei

leicht
2,2 g/cm³

konstant



„weich“

korrodierend

schwer
7,1 g/cm³

schwach wachsend



Dieseldirekteinspritzung mit Piezo-Aktoren



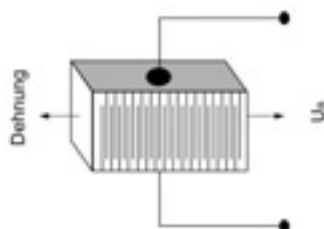
Piezo-Aktor (PA) vs. Magnetventil (MV)

- Schaltzeit PA mit hoher Wiederholgenauigkeit
4x schneller als MV



- Konsequenzen (Kundennutzen)

- Reduzierung Abgasemission (NO_x , HC, Ruß); (2005: EURO 4)
- Verminderung des Geräuschpegels
- Verbrauchsreduzierung
- Verbesserung Durchzugsverhalten



Warum Keramik im Automobil ?



Schwächen von Metall
oder Kunststoff, weil...

Lösung mit Keramik,
weil...

verschleißanfällig

verschleißbeständig

korrosionsanfällig

korrosionsbeständig

höheres Gewicht z.B. Stahl

leichter Werkstoff

geringere
Temperaturbeständigkeit

hohe
Temperaturbeständigkeit