

Stahl verdrängt Alu bei Kolben für Dieselmotoren

Mercedes-Benz ersetzt weltweit als erster Hersteller die in Pkw-Dieselmotoren bislang üblichen Kolben aus Aluminium durch eine neu entwickelte Hightech-Kolbengeneration aus Stahl. In Kombination mit der Nanoslide-Zylinderlaufbahn-Technologie sind die Vorteile geringerer Verbrauch und damit weniger CO₂-Emissionen. Die neuen Kolben werden zunächst im Mercedes-Benz E 350 Bluetec, bald auch in den Vierzylinder-Dieselmotoren zum Einsatz kommen.

Damit drehen die Motoringenieure erneut an der Effizienzschraube. Im September 2014 laufen die ersten V6-Dieselmotor für den Mercedes-Benz E 350 Bluetec mit den Hightech-Kolben aus Stahl vom Band. Unter anderem wegen dieser Innovation verbraucht die Limousine bei gleicher Leistung von 190 kW / 258 PS nur noch um die 5,0 Liter Dieselkraftstoff auf 100 Kilometer. Der Spareffekt des Stahlkolbens liegt bei rund drei Prozent des Verbrauchs des bisherigen Motors.

Stahlkolben sind heute schon bei Nutzfahrzeug-Motoren in Kombination mit schweren Graugusskurbelgehäusen weit verbreitet, während sich bei Pkw-Dieselmotoren Aluminium-Kolben über die Jahre zum Standard entwickelt haben. Die nun von Mercedes-Benz neu entwickelten Stahlkolben passen gut zu den modernen, sehr viel leichteren Aluminium-Motorgehäusen und der mehrfach prämierten und von Mercedes-Benz entwickelten Nanoslide-Zylinderlaufbahn-Technologie.

Stahl und Aluminium unterscheiden sich in ihren Eigenschaften deutlich: Stahl dehnt sich bei Hitze weniger aus als Aluminium, leitet die Wärme schlechter und ist zunächst einmal schwerer. Das lässt die Kombination von Alugehäuse und Stahlkolben auf den ersten Blick schwierig erscheinen. Dennoch entdeckten die Ingenieure von Mercedes-Benz darin Zukunftschancen, indem sie die Unterschiede in den Materialeigenschaften besonders vorteilhaft einsetzten.

Dass sich ein Stahlkolben bei Wärme nur etwa ein Viertel so weit ausdehnt wie sein Pendant aus Aluminium, nutzten sie, um den Stahlkolben im Alugehäuse knapper zu

bemessen, so dass er zunächst sehr eng in der Zylinderlaufbahn sitzt. Steigt allerdings beim Betrieb die Temperatur, dehnt sich das Alugehäuse mehr aus als der Stahlkolben. Die Folge ist eine größere Toleranz des Kolbens im Zylinder und damit geringere Reibung. Da allein die Kolben-/Laufbahngruppe zwischen 40 bis 50 Prozent der mechanischen Reibung innerhalb eines Motors verursacht, erschließt sich hier ein wichtiges Effizienzpotenzial.

Die früher verwendeten Stahlkolben waren für eine Kombination mit Motorgehäusen aus Aluminium allerdings wenig geeignet. Vielmehr musste Mercedes-Benz die Kolben völlig neu konzipieren. Die moderne Ausführung der Stahlkolben werden aus hochwertigem, besonders festem Stahl geschmiedet. Für den Kolbenlieferanten bedeutet das eine Herausforderung, denn die neuen Stähle sind anspruchsvoll in der Fertigung.

Der Aufwand lohnt sich, denn die höhere Festigkeit erlaubt eine kompakte Bauweise der Kolben. Damit kann auch die etwa dreifach größere Werkstoffdichte nahezu kompensiert werden. Tatsächlich sind die Stahlkolben um bis zu 13 Millimeter niedriger als ihre Alu-Pendants (Alukolben im V6-Diesel ca. 71,6 Millimeter hoch, Stahlkolben nur noch ca. 58,6 Millimeter). Durch diese veränderte Geometrie und eine intelligente Konstruktion liegt das Gewicht von Kolben, Kolbenbolzen und Kolbenringen als Einheit auf dem Niveau der Ausführung mit Aluminium-Kolben. Damit konnte Mercedes-Benz den Gewichtsnachteil von Stahl fast kompensieren und sogar noch Festigkeitsreserven für zukünftig steigende Spitzendrücke bereitstellen.

Gleichzeitig verbessern die Stahlkolben den Wirkungsgrad, denn durch die geringere Wärmeleitfähigkeit von Stahl gegenüber Alu entstehen im Brennraum erhöhte Temperaturen. Damit steigt die Zündwilligkeit und die Brenndauer wird reduziert. Ergebnis: geringerer Verbrauch und Schadstoffausstoß. Der geringeren Wärmeleitfähigkeit von Stahl trug Mercedes-Benz durch konstruktive Anpassungen wie zum Beispiel modifizierte Kühlkanäle in den Kolben Rechnung.

Die Praxis beweist, dass die Stahlkolben das thermodynamische Verhalten optimieren und gleichzeitig die Reibung reduzieren. Messungen zeigten, dass vor allem in dem im Alltag wichtigen unteren und mittleren Drehzahlbereich deutliche Verbrauchsvorteile zu Buche stehen.

Der V6-Dieselmotor im E 350 Bluetec mit den neuen Stahlkolben profitiert von der Zylinderlaufbahn-Technologie Nanoslide, die AMG bereits seit 2008 im V8-Ottomotor verwendet und sich auch in den Formel-1-Motoren wiederfindet. Dabei werden mit Hilfe des Lichtbogen-Draht-Spritzens (LDS) Eisen-Kohlenstoffdrähte auf die Innenwand der Zylinder des Aluminium-Leichtbau-Kurbelgehäuses gespritzt. Durch eine sehr feine

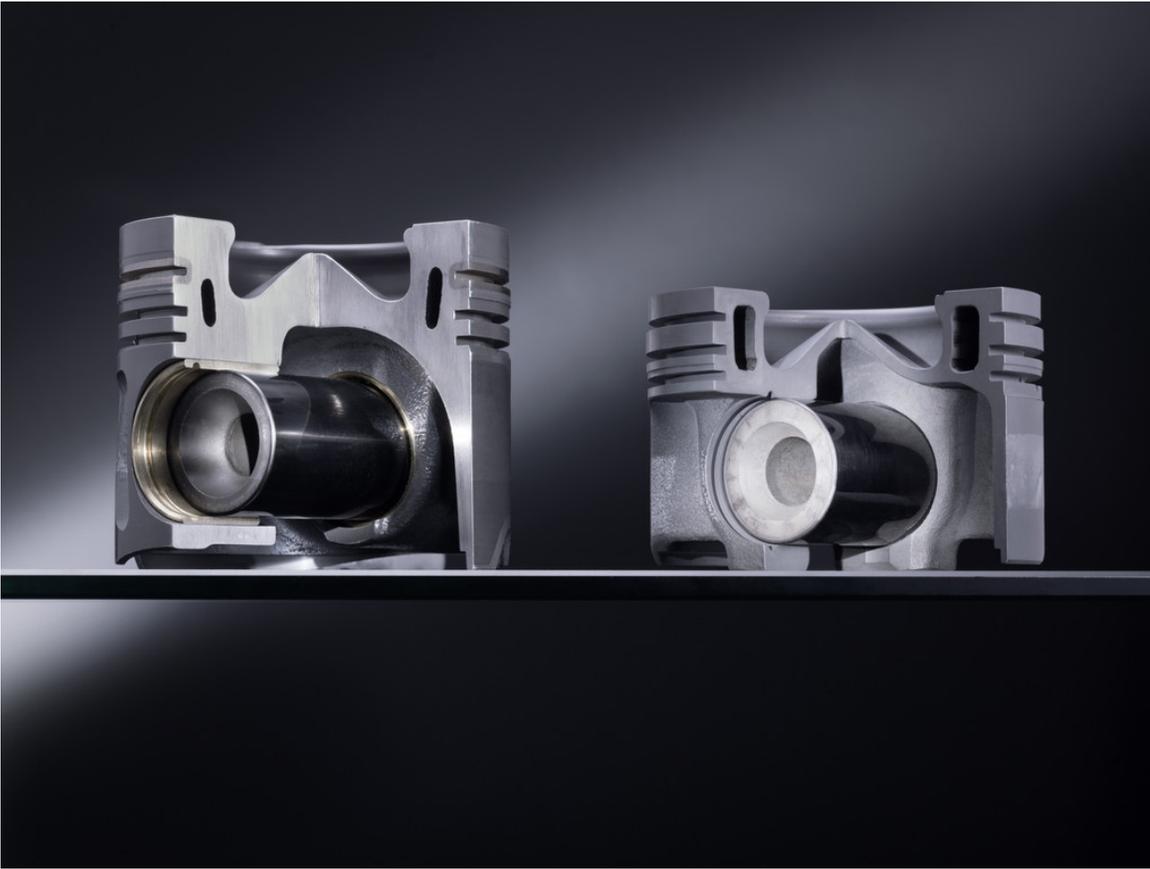
Endbearbeitung der so erzeugten nanokristallinen Eisenschicht entsteht eine fast spiegelglatte Oberfläche mit feinen Poren, die die Reibung zwischen Kolbengruppe und Zylinderlaufbahn gegenüber Graugussbuchsen deutlich reduziert und außerdem eine extrem hohe Verschleißbeständigkeit besitzt. Damit kann das Motorgewicht reduziert werden.

Insgesamt verursacht der V6-Diesel von Mercedes-Benz heute deutlich weniger CO₂-Emissionen als in seinen ersten Einsätzen in der E-Klasse. 2009 emittierte der E 320 CDI kombiniert 179 Gramm CO₂ pro Kilometer, in der weiterentwickelten E-Klasse 2013 waren es noch 144 Gramm kombiniert. Unter anderem durch den Einsatz des Stahlkolbens liegt der E 350 Bluetec nun deutlich unter 140 Gramm. Parallel dazu konnte die Leistung seit 2008 von 155 kW / 211 PS auf aktuell 190 kW / 258 PS angehoben werden. (ampnet/Sm)

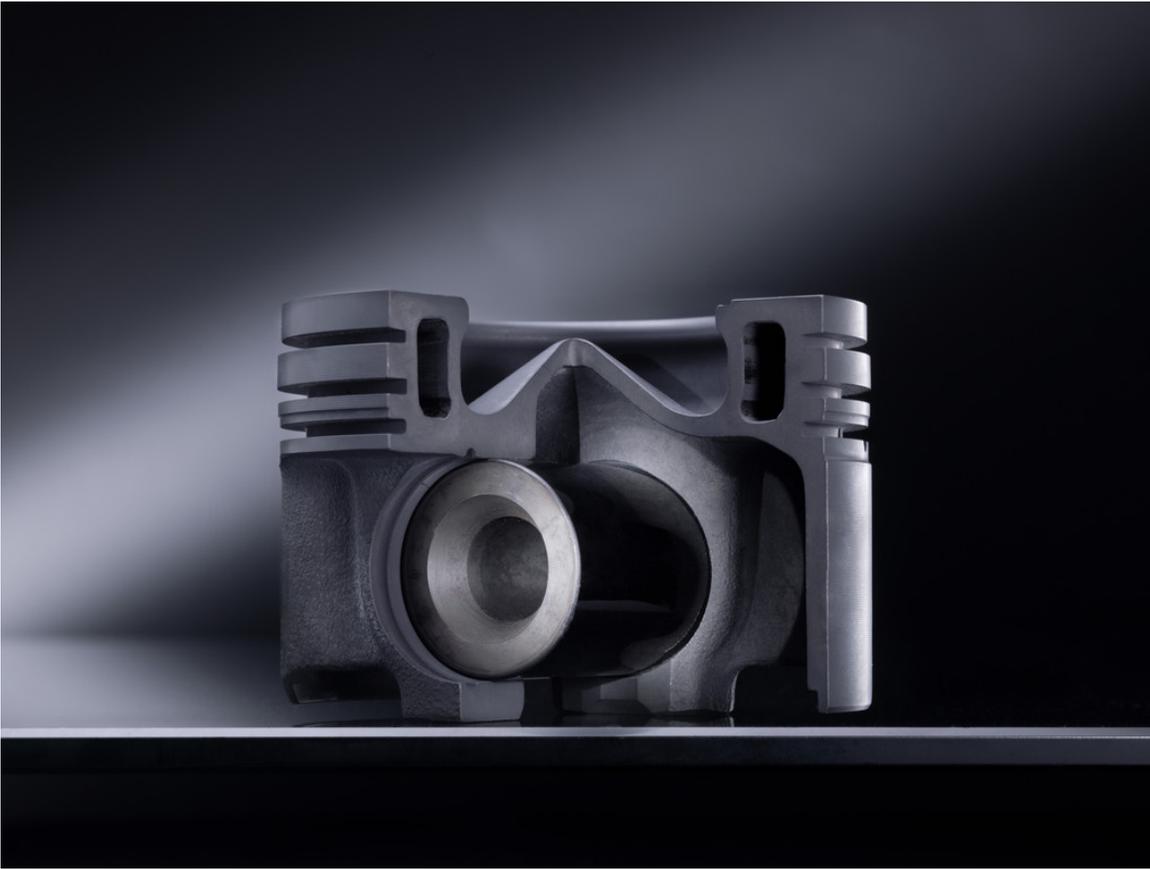
Bilder zum Artikel



Der neue Stahlkolben von Mercedes-Benz (rechts) und der bisherige Aluminiumkolben.



Der neue Stahlkolben von Mercedes-Benz (rechts) und der bisherige Aluminiumkolben.



Der neue Stahlkolben von Mercedes-Benz.
