

Neue Aluminium-Gießtechnik für Dieselkolben

von Karlheinz Bing, Udo Rotmann und Wilfried Sander, Stuttgart

Der anhaltende Trend zu noch höheren spezifischen Motorleistungen und verschärften Emissionsanforderungen führt zu weiter steigenden mechanischen und thermischen Belastungen des Kolbens, besonders im Dieselmotor.



Aluminiumkolben für Automobile sind hochentwickelte Gusserzeugnisse, die aus speziellen Werkstoffen und mit besonderen Verfahren hergestellt werden.

Bisher ist diese Problematik unter anderem mit neuen Aluminiumlegierungen gelöst worden, die durch mehr festigkeitssteigernde Elemente im Vergleich zu den bisherigen Legierungen deutliche Festigkeitsvorteile bei hohen Temperaturen bieten, wie die M174+ von Mahle (**Bild 1**).

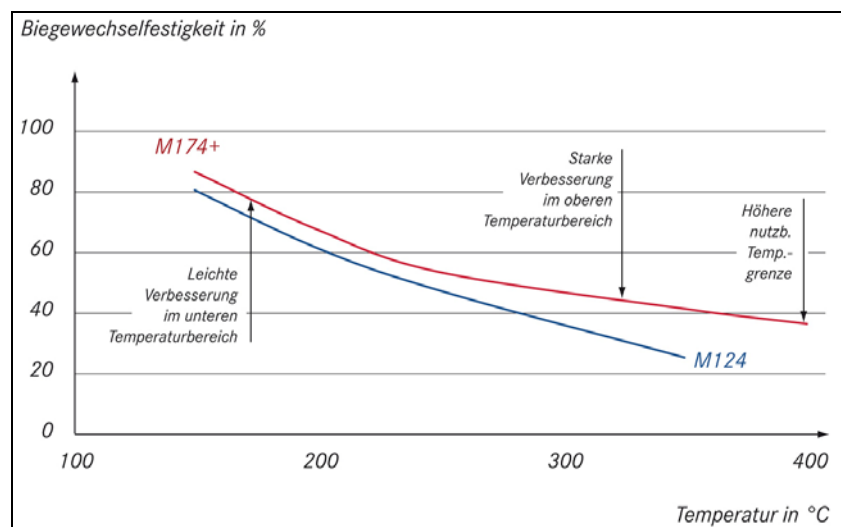


Bild 1: Temperaturabhängige Biegewechselfestigkeit im Vergleich

Um den auch zukünftig weiter ansteigenden Belastungen gerecht zu werden, bedarf es sowohl einer hohen Fehlstellenfreiheit (Werkstoffinhomogenitäten wie etwa Lunker) und einer optimalen Mikrostruktur des Gussgefüges, besonders in den hoch beanspruchten Bereichen. Zu diesem Zweck hat Mahle den gesamten Gießprozess überarbeitet.

Neue Techniken steuern die Erstarrung besser und beschleunigen sie in kritischen Zonen wesentlich. Dieses inzwischen zur Serienreife entwickelte neue Gießverfahren nennt Mahle ADC (Advanced Diesel Casting). Es reduziert unter anderem Mikroporositäten im Bereich der Verbrennungsmulde. Parallel dazu entsteht ein feineres Gefüge, sowohl was die intermetallischen Phasen als auch das Primärsilicium betrifft (**Bild 2**).

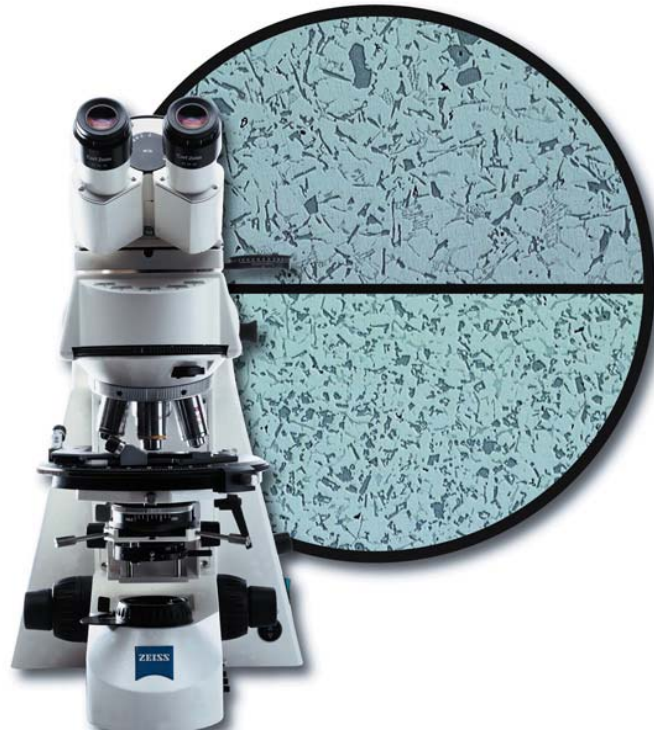


Bild 2: Mikrogefüge am Muldenrand eines Dieselkolbens aus der Mahle-Kolbenlegierung M 174+

Um den Einfluss unterschiedlich feinen Gussgefüges auf die Werkstoffeigenschaften zu ermitteln, wurden Versuche an gesondert gegossenen Probestäben aus der warmfesten Mahle-Kolbenlegierung M174+ durchgeführt. Die Spannungs-Dehnungs-Kennlinien aus dem Zugversuch bei 350 °C (**Bild 3**) zeigen eine deutlich höhere Festigkeit bei feinerem Gussgefüge und zugleich eine Zunahme der Bruchdehnung, also der Duktilität.

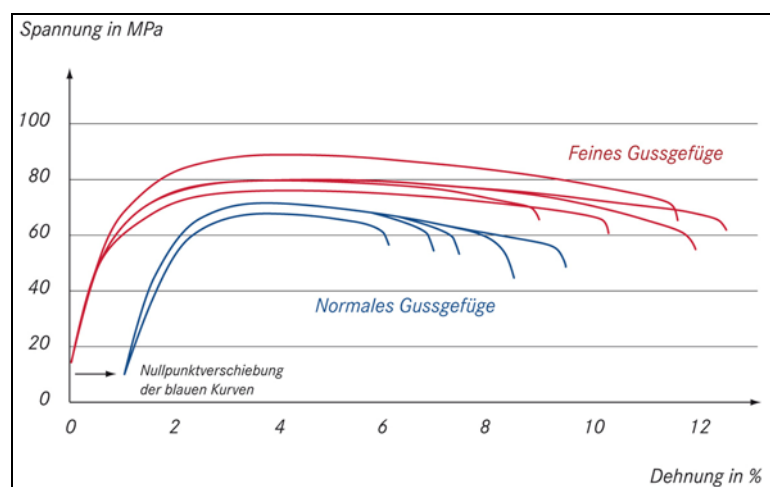


Bild 3: Spannungs-Dehnungs-Kennlinie aus Zugversuchen, Legierung M 174+

Diese Eigenschaftskombination ist besonders für das thermische Ermüdungsverhalten des Werkstoffs günstig. Dies bestätigt der Versuch mit wechselnder Temperaturbelastung (150 bis 350 °C) bei voller Dehnungsbehinderung.

Die Bruchlast-Spielzahlen der Proben mit sehr feinem Gefüge liegen im Mittel etwa 40 % über denen mit durchschnittlich feinem Gefüge (**Bild 4**).

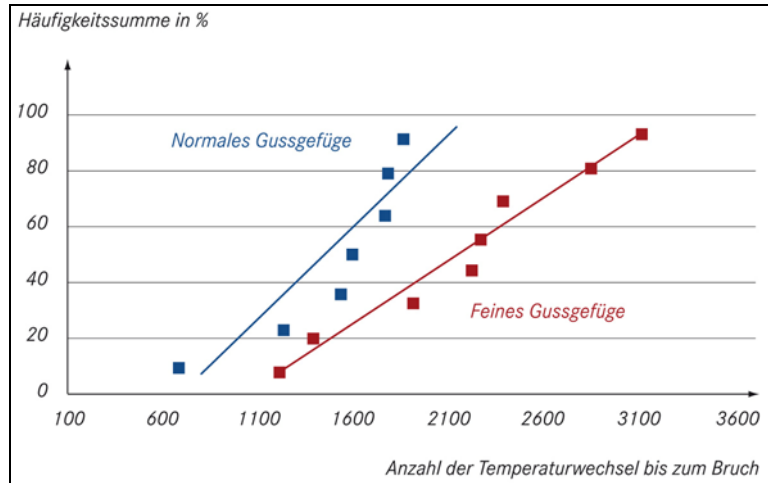


Bild 4: Ermüdungsprüfung bei 150 bis 350 °C, Legierung M 174+

Auch weitere Werkstoff- und Bauteilprüfungen zeigen die durchweg positive Auswirkung feineren Gussgefüges auf die mechanischen Eigenschaften. Für Fälle besonders hoher Muldenrandbelastung hat sich die Verstärkung des Muldenrands mit keramischen Kurzfasern bewährt. Dabei wird ein Faserformteil (sogenanntes Preform) im Flüssigpressverfahren in der Kokille unter sehr hohem Druck mit Schmelze infiltriert. Der Nachteil dieses Verfahrens sind die hohen Fertigungskosten. Mahle hat deshalb schon vor Jahren das RMD-Gießverfahren zur Herstellung faserverstärkter Kolben entwickelt und setzt es für die Produktion von Nkw-Kolben ein. Hierbei wird das Preform im Schwerkraft-Kokillengießverfahren mit deutlich niedrigeren Drücken infiltriert.

Für Kolben aus den neuen, warmfesten Legierungen wurde dieses Verfahren weiterentwickelt und ist jetzt auch für größere Stückzahlen – etwa bei Pkw-Dieselskolben – sehr wirtschaftlich. Im Pulsatorversuch (**Bild 5**) mit rein mechanischer Belastung bei erhöhter Temperatur liegt die schadensfreie Belastungsgrenze für den Kolben nach dem ADC-Gießverfahren um 7 % höher und für den RMD-Kolben mit faserverstärktem Muldenrand um 15 % höher als bei herkömmlichen Gusskolben.

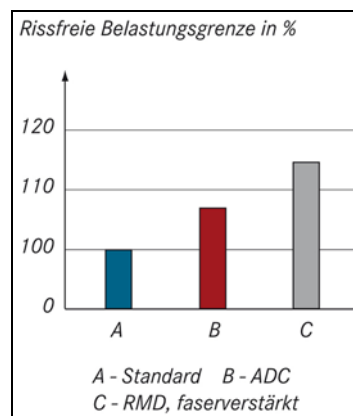


Bild 5: Pulsatorversuche bei 350 °C an verschiedenen Pkw-Kolbenauführungen

Im Motorversuch unter Überlastbedingungen (**Bild 6**) ergeben sich für die drei Kolbenvarianten hinsichtlich der Laufzeit bis zum ersten Muldenrandanriss die gleichen Rangfolgen wie bei der Pulsatorprüfung.

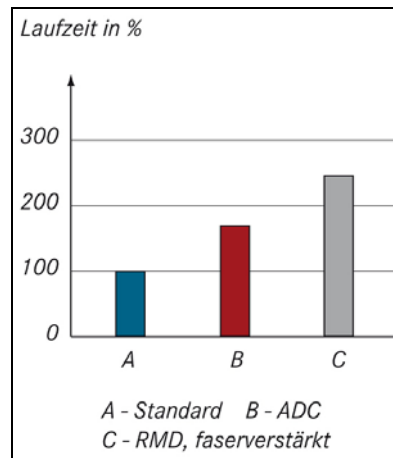


Bild 6: Motorlastversuche bei Wechsel-
last an verschiedenen Pkw-Kolbenaus-
führungen

Inzwischen liegen erste Ergebnisse aus der praktischen Erprobung vor. So wurde beispielsweise in einem Nkw-Motor ein 2000-Stunden-Testlauf unter Extrembedingungen mit einem im neuen ADC-Gießverfahren hergestellten Kolben erfolgreich abgeschlossen. Testläufe mit Kolben in herkömmlicher Gießtechnik kommen hier nicht über 800 Stunden hinaus.

Dipl.-Ing. Karlheinz Bing, Dipl.-Ing. Udo Rotmann und Dipl.-Ing. Wilfried Sander, Mahle AG, Stuttgart

www.mahle.com