

Sonderdruck aus GIESSEREI 97 (2010), Heft 9, Seite 76–79.
Nachdruck verboten. © Giesserei-Verlag GmbH, Düsseldorf.



ASKCHEMICALS

Anorganische Sandkernfertigung: ein Verfahren mit Geschichte

Bei der BMW Group am Standort Landshut werden weltweit erstmals in einer Leichtmetallgießerei alle Volumenbauteile im Kokillengießverfahren mit anorganisch gebundenen Sandkernen hergestellt. Statt herkömmlicher, organischer Bindemittel wird das besonders umweltschonende, anorganische Bindersystem Inotec der ASK Chemicals GmbH, Hilden, eingesetzt. Dieses Bindemittel setzt nahezu keine umweltbelastenden Emissionen frei und ermöglicht dennoch die Herstellung von komplexen Sandkernen, wie sie für die Herstellung von hoch effizienten Otto- und Dieselmotoren für die Pkw-Produktion notwendig sind. Neben dem Umweltaspekt eröffnet dieses neue Fertigungsverfahren weitere Potentiale hinsichtlich Qualität, Kosten und Bauteileigenschaften.



Bild 1: Rauchentwicklung beim Abgießen eines Zylinderkopfes mit organisch gebundenen Sandkernen

Sandkerne für Motorenbauteile, die mit Hilfe anorganischer Binder hergestellt wurden.

VON THOMAS KAUTZ, EMMERICH WEISSENBEK UND WOLFGANG BLÜMLHUBER, LANDSHUT

Die anorganische Kernfertigung ist derzeit eine der größten Herausforderungen der Gießerei-Industrie. Neben positiven Auswirkungen auf Qualität, Kosten und Bauteileigenschaften sind es vor allem die Potentiale hinsichtlich einer nachhaltigen, umweltverträglichen Fertigung, die eine Umstellung der Sandkernfertigung für das Kokillengießen in den nächsten Jahren notwendig machen. Anorganische Bindersysteme werden unter dem Begriff Wassergläser bereits seit Anfang des 19. Jahrhunderts in einzelnen Gießereibereichen eingesetzt. Aufgrund hoher erforderlicher Taktzeiten und Schwierigkeiten bei der Darstellung von komplexen Bauteilen wurden diese Bindersysteme Anfang der 1970er-Jahre fast vollständig von organischen Coldbox-Systemen verdrängt. Durch die Weiterentwicklung der Silicatchemie seit dieser Zeit entstanden neue Ansätze, die sowohl von Universitäten als auch von einzelnen Anbietern aufgegriffen und vorangetrieben wurden.

Im Jahr 2004 wurde die Entwicklung anorganischer Sandkerne in der Leichtmetallgießerei der BMW Group mit dem Ziel der Serieneinführung begonnen. Nach einer umfangreichen Potentialanalyse der verschiedenen Anbieter wurde im Jahr 2005 ASK Chemicals [1] als Entwicklungspartner ausgewählt. Diese frühe Entscheidung hat die Entwicklungsgeschwindigkeit bei beiden Partnern deutlich erhöht – sowohl bei der Binderchemie und den Simulationsmethoden als auch bei der Werkzeug- und Anlagentechnik. Speziell die Einführung in einer Gießerei bei laufendem Betrieb, Brownfield-Ansatz genannt, erfordert eine umfangreiche An- und Auslaufplanung der einzelnen Bauteile. Um kurzfristige Produktionsspitzen durch Bauteilverlagerungen abdecken zu können, arbeitete die Gießerei mit dem ASK-Partnerunternehmen WD Gießereitechnik, Fuldaabrück-Bergshausen, zusammen.

Für die BMW Group ist die Gussteilproduktion mit anorganisch gebundenen Sandkernen ein wichtiger Beitrag zur Nachhaltigkeitsstrategie. Bei der effizienten Dynamik ihrer Fahrzeuge und der Umwelteffizienz ihrer Produktion sieht sich das Unternehmen in einer Vorreiterrolle (mehr hierzu im BMW Sustainable Value Report 2008 [2]).



Bild 2: Kondensatbildung organischer (links) und anorganischer (rechts) Kernsandmischungen beim Erhitzen.

Vorteile der anorganischen Bindemittel

In Bild 1 ist das Abgießen eines Zylinderkopfes mit organisch gebundenen Sandkernen dargestellt. Der dabei entstehende Rauch und der daraus resultierende gießereitypische Geruch entstehen durch die Verbrennung von organischen Bindemitteln in den Sandkernen.

Die organische Rauch- und Kondensatentwicklung hat negative Auswirkungen auf

- > die Arbeitsbedingungen der Mitarbeiter,
- > die Bauteilfestigkeit,
- > die Taktzeit,
- > die Anlagen- und Werkzeugverfügbarkeit sowie
- > die Abluftreinigung und den daraus resultierenden Energieverbrauch.

Bisher beruhte die Aushärtung von Sandkernen mit handelsüblichen organischen Bindersystemen auf katalytisch (Cold-Box durch Amine, EGH durch SO_2) oder thermisch (Warm-Box, Hot-Box) eingeleiteten Vernetzungsreaktionen.

Die harz umhüllten Quarzsandkörner werden bei der Sandkernfertigung durch kleberähnliche Binderbrücken miteinander verbunden. Der beim Gießen entstehende Kontakt mit der heißen Schmelze führt zu Zersetzungsreaktionen der organischen Binderanteile ähnlich einer Verbrennung.

Die neuen wasserglasbasierenden Silicabinder sind von ihrer chemischen Struktur dem Quarzsand sehr ähnlich. Die Aushärtung des Kernes erfolgt über eine Polykondensationsreaktion, bei der Wasser

abgespalten wird. Der Kernsand muss also nur durch das heiße Kernschießwerkzeug und eine Heißluftspülung getrocknet werden. Zur Unterstützung dieser Reaktion wird ein Katalysator verwendet. Dieses Additiv sorgt dafür, dass die Sandkerne die notwendige Festigkeit, Temperatur- und Feuchtestabilität erhalten.

Die unterschiedlichen Eigenschaften dieser beiden Bindersysteme unter Wärmeeinwirkung lassen sich durch einen Versuch im Reagenzglas darstellen. Bild 2 zeigt links den organischen Binder und rechts den neuen umweltfreundlichen anorganischen Binder. Die mit Binder vermischten Sande in beiden Reagenzgläsern wurden mit Hilfe eines Bunsenbrenners auf Gießtemperatur erhitzt. Der organische Rauch kondensiert an der Wand des Reagenzglases und führt zu einer sichtbaren Verfärbung. Das rechte Reagenzglas mit dem anorganischen Binder ist auch nach dem Erhitzen auf Gießtemperatur frei von Kondensatablagerungen.

Vorteile für den Mitarbeiter

Durch den Wegfall der Rauchentwicklung beim Gießen wird die direkte Arbeitsplatzbelastung durch störende Gerüche am Gießplatz deutlich geringer.

Beim Gießen mit organischen Sandkernen entstehen Kondensatablagerungen an den Gießwerkzeugen, die von den Gießereimitarbeitern durch CO_2 -Strahlen mit Trockeneis in regelmäßigen Abständen entfernt werden müssen. Bei der Arbeit am Gießwerkzeug sind die Mitarbeiter zudem einer physischen Belastung ausgesetzt, hinzu kommt die hohe Lärmbelastung für die Umgebung. Beim Gießen mit anorganisch gebundenen Kernen wird dieser kosten-

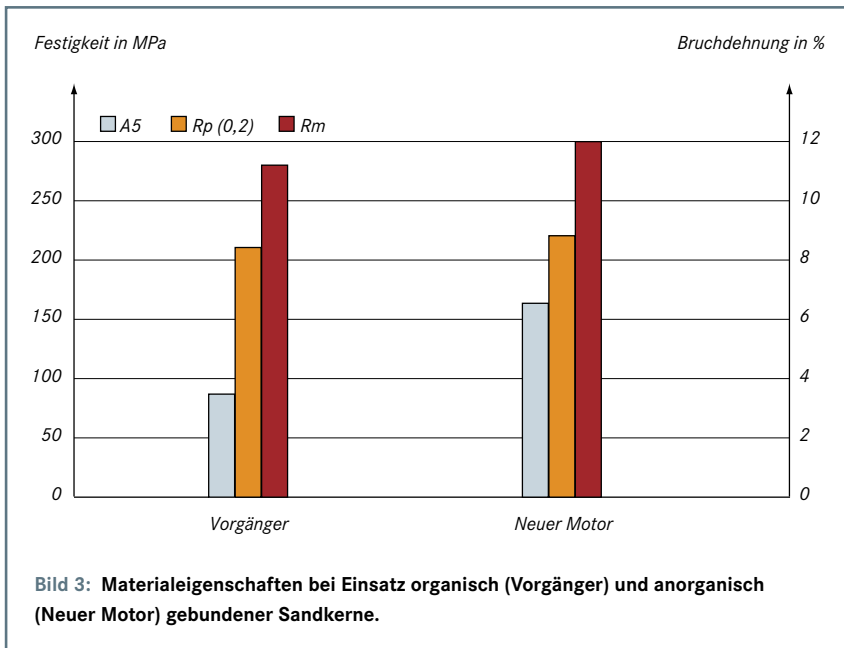


Bild 3: Materialeigenschaften bei Einsatz organisch (Vorgänger) und anorganisch (Neuer Motor) gebundener Sandkerne.

und energieintensive Reinigungsschritt dagegen um mehr als 75 % reduziert. Hierdurch verringert sich auch die Lärmbelastung entsprechend. Weiterhin entfällt die aufwendige Reinigung der Absaugungen. Auch der Einsatz von Gefahrstoffen in den Abluftreinigungsanlagen (z. B. Peroxid) ist nicht mehr notwendig.

Festigkeitsvorteile und Leichtbaupotential

Der starke Kondensatniederschlag an den Gießwerkzeugen, wie er beim Einsatz organischer Bindersysteme entsteht, behindert den Wärmeübergang vom Aluminium zur gekühlten Kokille und beeinflusst damit auch die Maßhaltigkeit des Gussteils. Aus diesem Grund muss durch eine relativ hohe Werkzeugtemperatur von größer als 200 °C ein zu starker Kondensataufbau im Werkzeug vermieden werden. Der primäre Parameter für die Festigkeit eines Gussteiles bei einer gut ausgelegten Erstarrungsteuerung ohne Lunker ist aber die Abkühlgeschwindigkeit. Als Grundsatz für ein- und dieselbe Aluminiumlegierung gilt: Je höher die Abkühlgeschwindigkeit, desto höher die Bauteilfestigkeit, die am Dendritenarmabstand im Bauteilgefüge gemessen wird.

Durch den Einsatz der anorganisch gebundenen Sandkerne kann nun mit deutlich kälteren Gießwerkzeugen (kleiner 100 °C statt größer 200 °C) produziert werden. Die hieraus resultierenden bis zu 20 % höheren Erstarrungsgeschwindigkeiten führen zu einer höheren Bauteilfestigkeit mit einem niedrigen Dendritenarmabstand. Da die Schmelze nun schneller erstarrt, verringert sich auch die erforderliche Taktzeit. Der Herstellungsprozess wird kostengünstiger.

Bild 3 stellt einen Vergleich der Bauteilfestigkeiten des neuen Zylinderkopfes im BMW 730d mit den Werten des Vorgängermotors dar, der mit organischen Kernen hergestellt wurde [3]. Die erhöhten Bauteilfestigkeiten sind notwendig, um neue Motoren mit höheren Zünddrücken und höheren Leistungsdichten bei gleichem oder geringerem Gewicht zu fertigen.

Durch die Entwicklung und den Serieneinsatz dieses innovativen Fertigungsverfahrens leistet die Leichtmetallgießerei einen Beitrag zur Produktion von hoch belasteten Bauteilen für die verbrauchsgünstigen und hoch aufgeladenen neuen Turbomotorgenerationen.

Energie- und Kostenvorteile

Soll der Einsatz anorganischer Bindersysteme in einer Gießerei bewertet und mit bestehenden Systemen verglichen werden, ist eine Betrachtung der gesamten Prozesskette unerlässlich. Der erhöhte Investitionsaufwand in der Kernfertigung durch den Einsatz beheizter Werkzeuge und die

erforderlichen Erweiterungen der Anlagentechnik mit Heizgeräten für Kernkästen sowie Spülluft werden in der Prozesskette kompensiert. Im Vergleich zu den aktuell eingesetzten Kernfertigungsverfahren, wie das EGH- und das Cold-Box-Verfahren, bewegen sich die Betriebs- und Instandhaltungskosten auf einem vergleichbaren Niveau (**Bild 4**) [4].

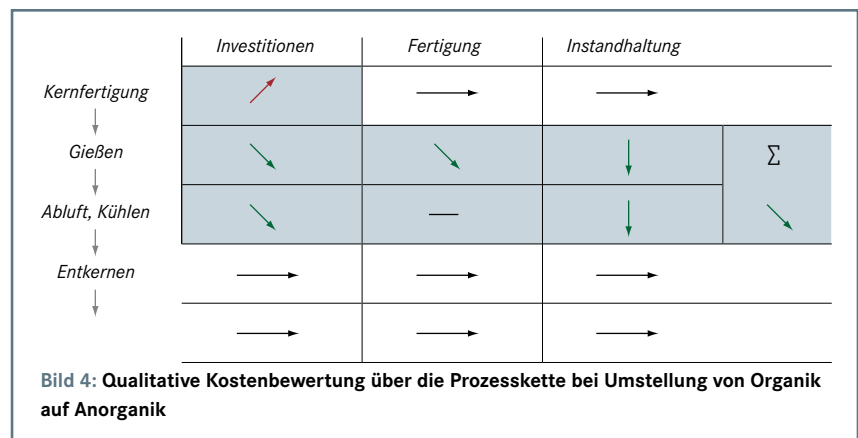
Eine deutlich höhere Wirtschaftlichkeit kann beim Gießen erzielt werden. Da keine organischen Bestandteile vorhanden sind, liegen zwei entscheidende Vorteile beim Gießen und Abkühlen der Bauteile vor:

Die Reinigungszyklen können deutlich verlängert werden, da nur noch geringe Ablagerungen durch einen minimalen Rest an Verbrennungsprodukten auf den Gießwerkzeugen (Kokillen) entstehen. Dies wirkt sich direkt auf die anfallenden Instandhaltungskosten aus. In der Fertigung bewirkt dies sowohl die Erhöhung der Standzeiten als auch die Steigerung der Verfügbarkeit der Kokillen.

Durch das beschriebene Absenken der Kokillentemperatur wird die Abkühlgeschwindigkeit der flüssigen Schmelze erhöht und die Taktzeit verkürzt. Darüber hinaus werden die mechanischen Eigenschaften der Gussteile verbessert.

Die Optimierungen bei den Prozessschritten Gießen und Kühlen gleichen den Mehraufwand in der Kernfertigung aus. Damit wird, über den gesamten Fertigungsprozess betrachtet, eine deutlich höhere Wirtschaftlichkeit erreicht. Bei einem Aufbau neuer Fertigungslinien ist die Kosteneinsparung noch deutlicher, da keine Investitionen für Abluftsysteme getätigt werden müssen.

Neben den Kostenpotentialen beim Gießen ist besonders der deutlich verringerte Energieeinsatz für die thermische Nachverbrennung, also die Nachbehandlung der Abluft, von Bedeutung. In der Leichtmetallgießerei der BMW Group wurden hierfür jährlich ca. 400 000 Euro ausgegeben. Dieser Kostenblock für Erdgas und der damit einhergehende CO₂



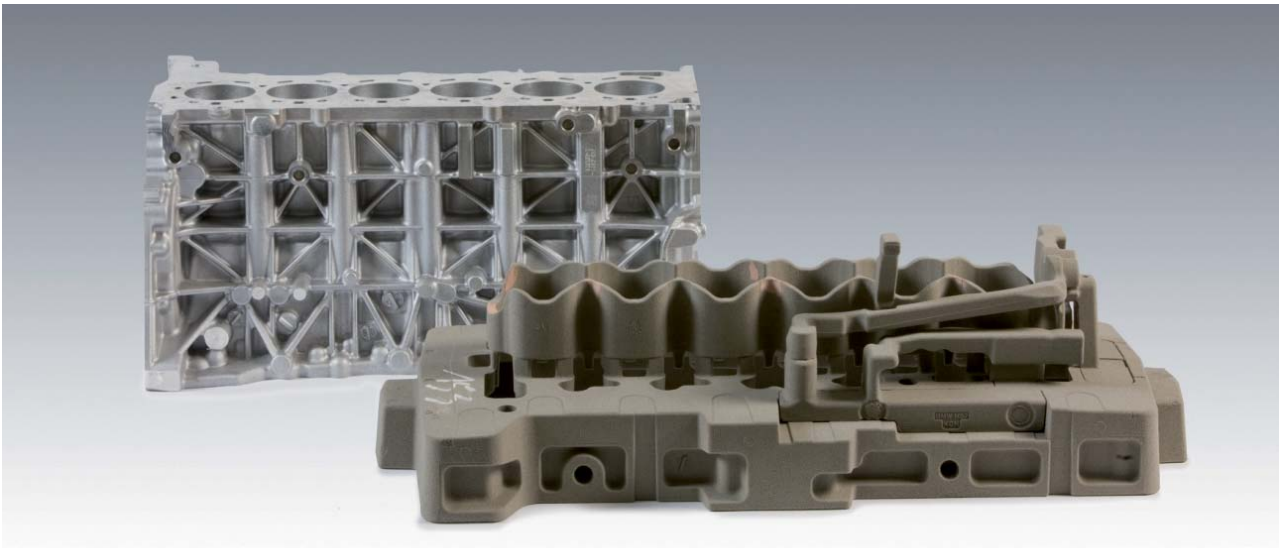


Bild 5: Kurbelgehäuse und zugehöriger anorganisch gebundener Sandkern des BMW 730d

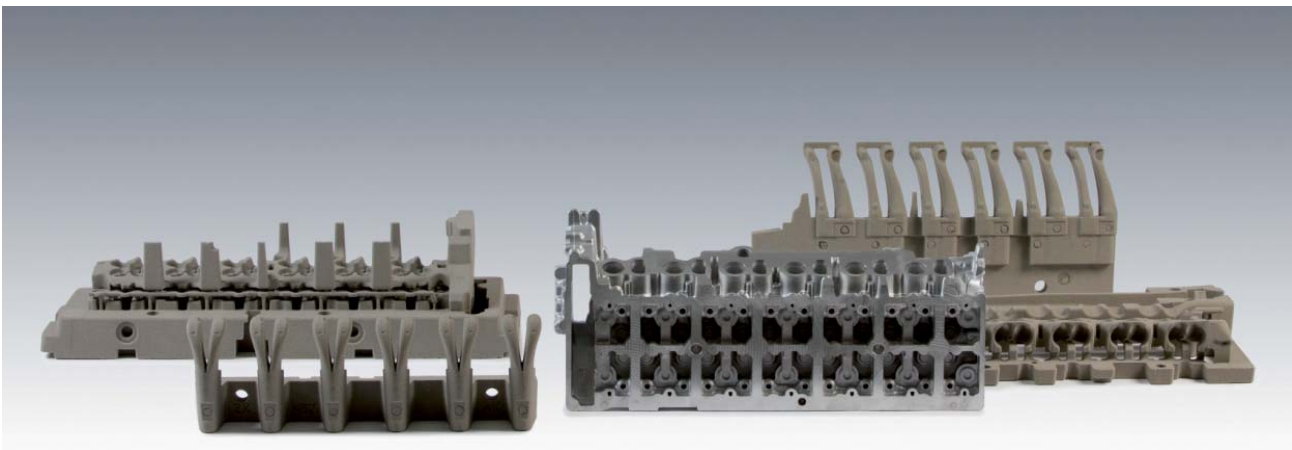


Bild 6: Zylinderkopf und zugehörige anorganisch gebundene Sandkerne des BMW 730d

Ausstoß sind mit der vollständigen Umstellung auf anorganische Kernfertigung entfallen.

Stufenprozess zur Serieneinführung

Als Pilotprojekt wurde ein neu anlaufendes Bauteil mit hohem (gieß-)technologischen Anspruch, mit einer geringen Kernanzahl sowie einer sehr transparenten Prozesskette innerhalb der Fabrik ausgewählt. Die Wahl fiel auf das Aluminium-Kurbelgehäuse des Sechszylinder-Dieselmotors, das seit Ende 2005 in der ganzen BMW-Fahrzeugpalette als Einheitsrohteil in Serie verbaut wird. Seit der Serienumstellung auf anorganische Sandkernfertigung im Jahr 2006 wurden ca. 550 000 Bauteile produziert [5].

Angesichts der Bauteilvielfalt der BMW-Leichtmetallgießerei, der technischen Machbarkeit hinsichtlich Werkzeugbeschaffung und der anorganischen Prozessentwicklung wurde die Entscheidung getroffen, abhängig von Fahrzeug- und Bauteillebenszyklen, die Fertigung modular für alle Neuprojekte auf anorganisch gebundene Kerne umzustellen.

Bis 2009 wurde die Kurbelgehäusefertigung vollständig auf anorganische Kerne umgestellt. Seit dem Neuanlauf des BMW 730d im Jahr 2008 werden erstmals beide Motorkernbauteile mit diesem Fertigungsverfahren hergestellt (Bilder 5 und 6). Damit startete zum ersten Mal die Serienproduktion eines hoch belasteten Großserienzylinderkopfes mit anorganischen Kernen. Mitte 2010 wurde die Umstellung der Zy-

linderkopffertigung der Leichtmetallgießerei der BMW Group abgeschlossen.

Der Fachartikel basiert auf einem Vortrag, auf dem Gießereitag in Dresden 2010.

Dr. Thomas Kautz, Dr. Emmerich Weissenbek und Dr. Wolfgang Blümhuber, Leichtmetallgießerei, BMW-Werk Landshut.

Literatur:

- [1] *Giesserei 95 (2008), Nr 1., S.44-48.*
- [2] *BMW Sustainable Value Report 2008.*
- [3] *Weissenbek, E., Blümhuber, W., u. a.: Anorganische Kernfertigung für hochbelastete Zylinderköpfe am Beispiel des neuen BMW Sechszylinder Dieselmotors, Magdeburger Symposium Gießtechnik im Motorenbau 2009.*
- [4] *Giesserei 96 (2009), Nr. 9, S. 52-56.*
- [5] *Giesserei 95 (2008), Nr. 6, S. 30-33.*