

Entwicklung eines anorganischen Bindersystems für die GJL-Bremsscheibenfertigung



ASKCHEMICALS
We advance your casting



FOTO: ASK CHEMICALS

Bei der SHW Automotive GmbH in Tuttlingen mit einem Inotec-Kern gefertigte Bremsscheibe.

STEFFEN SASSE UND JÖRG KNECHTEN, TUTTLINGEN, JÖRG BROTZKI, CAROLIN WALLENHORST UND ANDRÉ GERHARDS, HILDEN, SOWIE HEINZ-JOSEF WOJTAS, DUISBURG

Die Bremsscheibenfertigung bei SHW

Bei der SHW Automotive GmbH, Werk Ludwigtal, in Tuttlingen wird ein breites Spektrum von Bremsscheiben produziert. Es werden sowohl Rohguss-Bremsscheiben für die Erstausrüstung führender Automobilhersteller (z. B. Porsche, VW, Audi, BMW, Lamborghini, Bentley, Brembo etc.) als auch einbaufertige Bremsscheiben für die Fahrzeugmontage und den Ersatzteilmarkt hergestellt. Einen weiteren Produktzweig stellt die Fertigung von Verbundbremsscheiben dar.

Die Bewertung des anorganischen Bindersystems Inotec im Vergleich zum Serienbinder PUR-Cold-Box wurde anhand einer speziellen Versuchsbremsscheibe durchgeführt (Bild 1). Bei der Werkstoffqualität dieser innenbelüfteten Bremsscheibe handelt es sich um einen abgewandelten EN-GJL-200. Ausgewählt wurde dieses Modell wegen seiner Gussteil- bzw. der sich ergebenden Kerngeometrie (Bild 2).

Der dünne Querschnitt (4 mm) am Übergang vom „Topf“ der Bremsscheibe hin zu den Kühlkanälen stellt hohe Anforderungen an den Kern bzw. an das Kernbindersystem. Durch die Kühlkanäle und die Kernmarke im äußeren Durchmesser ergeben sich – bedingt durch das Handling – sowohl bei der Kernherstellung als auch beim Abguss Spannungsbelastungen, denen dieser Übergang standhalten muss.

Das Inotec-Kernbindersystem

Das anorganische Bindemittel Inotec setzt sich aus einer modifizierten Silicatbinderlösung und mineralischen Additiven, den sogenannten Promotoren, zusammen. Die Härtung der Kerne ist eine Kombination aus einem Trocknungsvorgang und einer über Wärme initiierten Vernetzungsreaktion. Realisiert wird dies über die Einwirkung von Wärme mittels beheizbarer Werkzeuge und durch das Durchspülen des Kerns mit Heißluft.

Die eingesetzten Sandkerne sollen zur Verbesserung der Gussoberfläche geschlichtet werden. Es versteht sich von selbst, dass ein anorganisches Kernbindersystem mit Wasserschlichte behandelt wird, damit keine Emissionen durch die Verwendung von Alkoholschlichten freigesetzt werden. Gerade der oben beschriebene 4 mm dünne

Querschnitt am Übergang zu den Kühlkanälen stellt eine große Herausforderung hinsichtlich der Wasserschichtestabilität der anorganisch gebundenen Sandkerne dar. Bedingt durch den Fertigungsprozess bei SHW kommt die Anwendung der Kerne in einer Disamatic-Formanlage mit vertikal geteiltem Ballen hinzu. Die Parameter der anorganischen Kernfertigung mit dem Inotec-Bindemittel sind auf die Kerngeometrie, den Schlichteprozess, die Formanlage und auf den Werkstoff abgestimmt worden.

Untersuchungen

Vorversuche

Zu Beginn der diesem Beitrag zugrundeliegenden Bachelorarbeit wurden zunächst die entsprechenden Fertigungsparameter zur Herstellung von schlichtestabilen Inotec-Kernen mit ausreichenden Festigkeiten evaluiert. Die Versuche fanden aufgrund der ähnlichen Herstellungstechnik an einer Hot-Box-Kernschießmaschine statt. Hierbei wurden die Werkzeuge und deren Entlüftung entsprechend angepasst, um ein optimales Füllen zu erreichen. Des Weiteren wurden die Taktzeit und die Temperatur der Werkzeuge untersucht, verschiedene Binder- und Promotorkombinationen analysiert und eine entsprechende Schlichte festgelegt. Die Kerne wurden nach dem Schlichten getrocknet. Hierzu wurde ein Durchlauftrockenofen mit einer Temperatur von 150 °C benutzt. **Bild 3** zeigt einen geschichteten Inotec-Sandkern. Anschließend wurden die Kerne abgegossen.

In den folgenden Abschnitten werden nun einzelne Prüfmerkmale (**Bild 4**) aufgeführt, die es erlauben, mit Inotec-Kernen gefertigte Bremsscheiben und mit PUR-Cold-Box-Kernen serienmäßig hergestellte Bremsscheiben direkt miteinander zu vergleichen.

Verhalten beim Abguss

Bei dieser Untersuchung handelt es sich um eine rein visuelle Beurteilung des Verhaltens beim Abguss. Entscheidend ist hierbei vor allem die Entwicklung von Rauch und Gieß- bzw. Kerngasen.

Bild 5a zeigt das Verhalten von PUR-Cold-Box-gebundenen Kernen beim Abgießen. Die Gießtemperatur beträgt 1370 °C. Das Abbrennen von Gießgasen aus dem Überlauf ist deutlich zu erkennen. Grund für das Entstehen dieser Flamme ist hauptsächlich die im Kern enthaltene Organik, auf der das Bindersystem beruht.

Das Verhalten von Inotec-gebundenen Kernen ist in **Bild 5b** dargestellt. Aufgrund des Wasserglas-Bindersystems kommt es hier erwartungsgemäß nicht zum Abbrennen von Kerngasen. Das wirkt sich somit positiv auf die Emissions- und Geruchsbelastung der Mitarbeiter aus.

KURZFASSUNG:

Im Zuge der stetig steigenden Anforderungen bezüglich Emissionen und Umweltbelastungen sowie Energie- und Materialkosten stehen die Gießereien mehr denn je in einem internationalen und nationalen Wettbewerb, in dem sie sich behaupten müssen. Hier sind Innovationen zur wirtschaftlicheren Gussproduktion von großer Bedeutung. Dies betrifft in besonderem Maße auch die Wahl des Kernherstellungsverfahrens und dessen Optimierung.

Anorganische Bindemittel haben sich zur Kernherstellung bereits im Leichtmetallguss mit sehr großem Erfolg etabliert und stellen dort eine wirtschaftliche Alternative zu den gängigen Cold-Box-Bindemitteln dar. Durch den Einsatz von anorganischem Binder und der damit verbundenen Reduzierung von Emissionen und Kondensaten können Kostensenkungen u. a. im Bereich der Luftaufbereitung und Instandhaltung erzielt werden.

Im Rahmen einer Bachelorarbeit wurde das anorganische Kernbindersystem Inotec der ASK Chemicals GmbH, Hilden, bei der SHW Automotive GmbH, Tuttlingen, zur Bremsscheibenfertigung aus Eisenguss eingesetzt und der Prozess im Vergleich zur Serienanwendung bewertet.

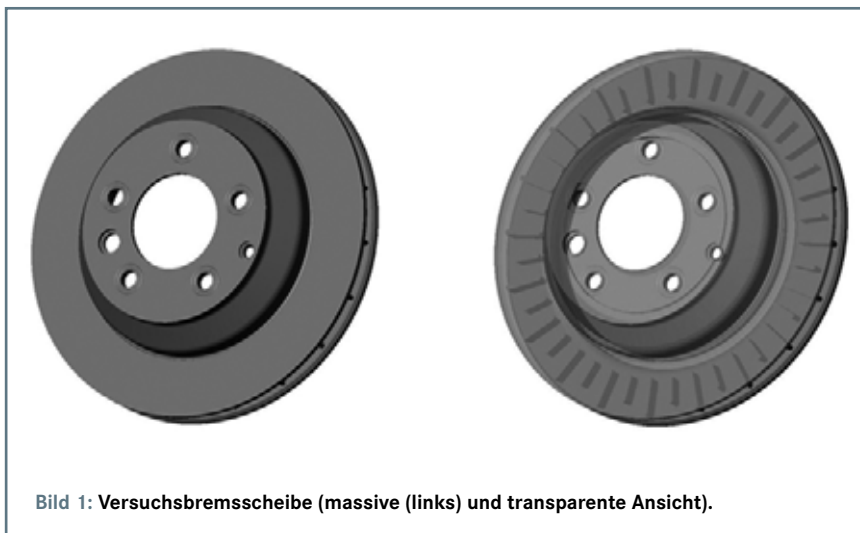


Bild 1: Versuchsbremsscheibe (massive (links) und transparente Ansicht).

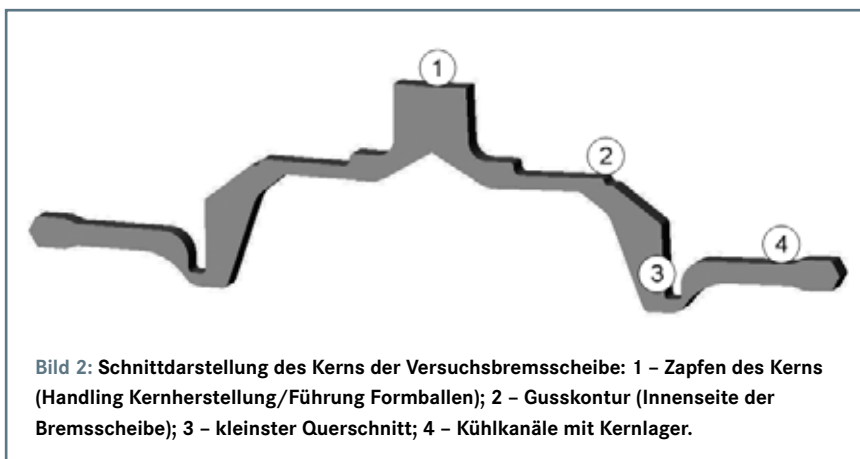


Bild 2: Schnittdarstellung des Kerns der Versuchsbremsscheibe: 1 – Zapfen des Kerns (Handling Kernherstellung/Führung Formballen); 2 – Gusskontur (Innenseite der Bremsscheibe); 3 – kleinster Querschnitt; 4 – Kühlkanäle mit Kernlager.

Entkernbarkeit/Putzbarkeit

An die in den Fertigungsprozess integrierte Kühltrommel schließt sich eine Durchlaufstrahlanlage an. Diese verfügt über eine automatische Materialflusskontrolle und sorgt somit für die Anpassung des Strahlmitedurchsatzes. Als Strahlmittel wird ein Rundkorn aus niedrig gekohltem Stahlguss eingesetzt.

Die Dauer des Strahlprozesses ist abhängig vom Materialdurchsatz, von der eingestellten Umdrehungsgeschwindigkeit der Strahltrommel und von der Strahlintensität. Die beiden letztgenannten Parameter werden im Serienprozess über sogenannte Strahlprogramme konstant gehalten.

Die nach dem Strahlen entnommenen Scheiben weisen gleich saubere Oberflächen



Bild 3: Inotec-Sandkern.

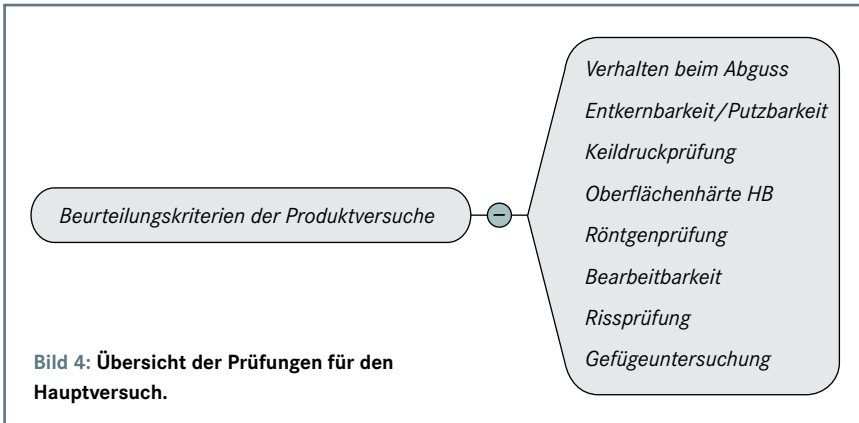


Bild 4: Übersicht der Prüfungen für den Hauptversuch.

chen auf. In Bild 6 ist eine mit Inotec-Kernen hergestellte Bremsscheibe dargestellt.

Keildruckprüfung

Die Bestimmung der Keildruckfestigkeit erfolgt an einer Gussprobe (Bild 7), die zwischen zwei gegenüberliegenden gehärteten Stahlkeilen bis zum Bruch beansprucht wird (gemäß VDG-Merkblatt P340).

Das Ergebnis des Vergleichs der beiden Kernbindersysteme bezüglich der Keildruckfestigkeit der Gussprobe ergibt keine signifikanten Unterschiede (Bild 8). Die Differenz zwischen den gemessenen Werten liegt in vollem Maße innerhalb der Messtoleranz, was auch die eingezeichnete Standardabweichung verdeutlicht.

Die Keildruckfestigkeit ist im Allgemeinen der Zugfestigkeit direkt und linear proportional. Voraussetzung dafür sind ein ausreichend sprödes Verhalten des Werkstoffes sowie eine angepasste Keil- und Probengeometrie. Die Keildruckprüfung wird zur indirekten Bestimmung der Zugfestigkeit von spröden Werkstoffen, speziell von grauem Gusseisen, angewandt.

Der Zusammenhang zwischen Keildruckfestigkeit und Zugfestigkeit stellt sich so dar, dass sich die Zugfestigkeit R_m aus der Keildruckfestigkeit R_{mk} nach der allgemeinen linearen Gleichung $R_m = a + b \cdot R_{mk}$ errechnet. Für die hier verwendeten Plättchen mit einer Probendicke von 6 mm gilt: $R_m = -75,5 + 1,9 \cdot R_{mk}$, wobei die Reststreuung s_R 15 N/mm² beträgt.

Überträgt man diese Ergebnisse nach der dargestellten Umrechnung, erhält man mechanische Kennwerte (Bild 9), die in etwa einem EN-GJL-150 bis EN-GJL-200 zugeordnet werden können.

Oberflächenhärte

Die Oberflächenhärte wurde nach Brinell gemäß DIN EN ISO 6506-1 gemessen. Die Messung erfolgte auf der Topfoberfläche der Bremsscheibe an drei um 120° zueinander verschobenen Positionen. Zur Prüfung wird eine Hartmetallkugel (5 mm Durchmesser) eingesetzt. Die aufgebrachte Belastung ist bei einer Einwirkzeit von 10 bis 15 s 750 kp (= 7,355 kN) groß.

Bild 10 zeigt deutlich, dass sich die Oberflächenhärten des mit dem Inotec-Kernbindersystem hergestellten Gussteils und des mit dem PUR-Cold-Box-Verfahren serienmäßig gefertigten Gussteils nicht voneinander unterscheiden. Auch hier liegt die gemessene Differenz innerhalb der Messtoleranz.

Röntgenprüfung

Bei der durchgeführten Röntgenprüfung konnten keine Gefügeauflockerungen, Gasblasen oder andere Fehlstellen in den Gussteilen festgestellt werden (Bild 11). Die analysierten Bremsscheiben wurden



Bild 5: Abguss der Sandkerne: a) PUR-Cold-Box, b) Inotec.

sowohl am Topf als auch entlang der Reibringflächen geprüft. Die Untersuchung fand an unbearbeiteten Rohgussteilen statt.

Bearbeitbarkeit

Die Bearbeitungslinie der Versuchsbrems-scheibe ist in verschiedene Schritte unterteilt und umfasst Stationen zur Vorbearbeitung, die Bearbeitung auf das Endmaß und das Auswuchten. Abgeschlossen wird die Bearbeitung durch Drehfräseinrichtungen, welche die Reibringflächen planfräsen und eventuelle Welligkeiten ausgleichen.

Bei der Bearbeitung der Inotec-Brems-scheiben wurde keine Änderung der gesamten Zykluszeit bezüglich der mechanischen Bearbeitung festgestellt. Eine Veränderung des Verschleißverhaltens der zur Bearbeitung eingesetzten Schneidkeramiken konnte nicht festgestellt werden.

Rissprüfung

Die Rissprüfung der Brems-scheiben ist mit in die Bearbeitungslinie integriert und funktioniert nach dem Wirbelstromprinzip. Bei der durchgeführten Prüfung wurden keine Fehler nachgewiesen. Die untersuchten Brems-scheiben zeigten keine Unregelmäßigkeiten oder Beschädigungen.

Gefügeuntersuchung

Die Schliffproben (Bild 12) wurden den Brems-scheiben entnommen und präpariert. Im Fokus der Gefügeuntersuchungen standen insbesondere die kerngebildeten Bereiche der Kühlkanalpartien. Hier zeigten sich im Hinblick auf die Graphit-ausbildung zunächst Unterschiede (Abwandlung vom gewünschten A-Graphit) bei Brems-scheiben, die mit Inotec-gebundenem Kern gefertigt wurden.

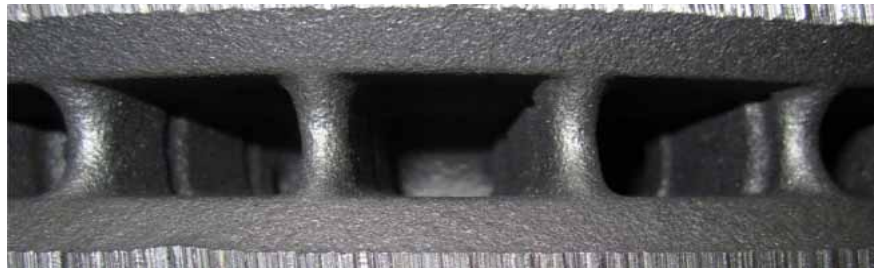


Bild 6: Teilsicht einer mit Inotec-Kernen hergestellten Brems-scheibe.

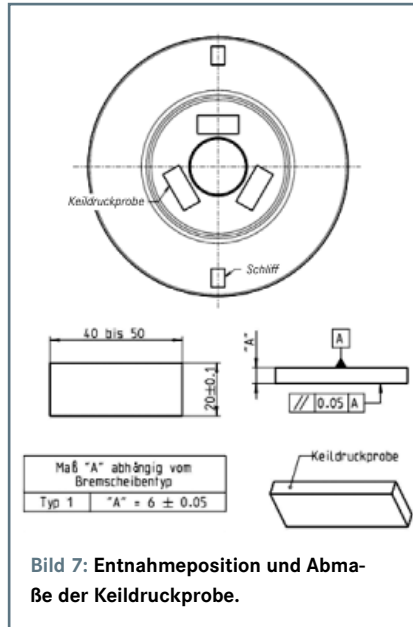


Bild 7: Entnahmeposition und Abmaße der Keildruckprobe.

Durch Weiterentwicklungen des Inotec-Bindersystems sowie der eingesetzten Schichten, welche speziell auf die GJL-Legierung und deren Erstarrung eingestellt sind, konnte das in Bild 13 dargestellte Ergebnis erzielt werden.

Zusammenfassung

Im Rahmen der Bachelorarbeit wurde gezeigt, dass die Herstellung von Brems-schei-

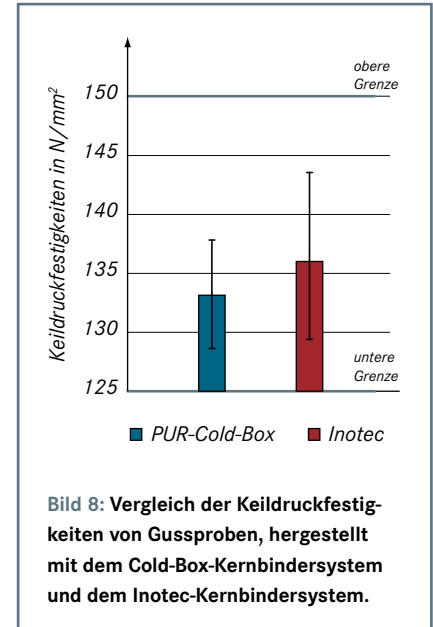


Bild 8: Vergleich der Keildruckfestigkeiten von Gussproben, hergestellt mit dem Cold-Box-Kernbindersystem und dem Inotec-Kernbindersystem.

benkernen nach dem Inotec-Verfahren möglich ist.

In mehreren Versuchsreihen wurden entsprechende Anpassungen bezüglich der eingesetzten Inotec-Bindemittel und der verwendeten Schichten vorgenommen. Die Kernherstellung erfolgte an einer bei SHW üblichen Hot-Box-Kernschießmaschine. Die Kerne wurden mit einer speziell für das Inotec-Verfahren entwickelten Schichte versehen und unter

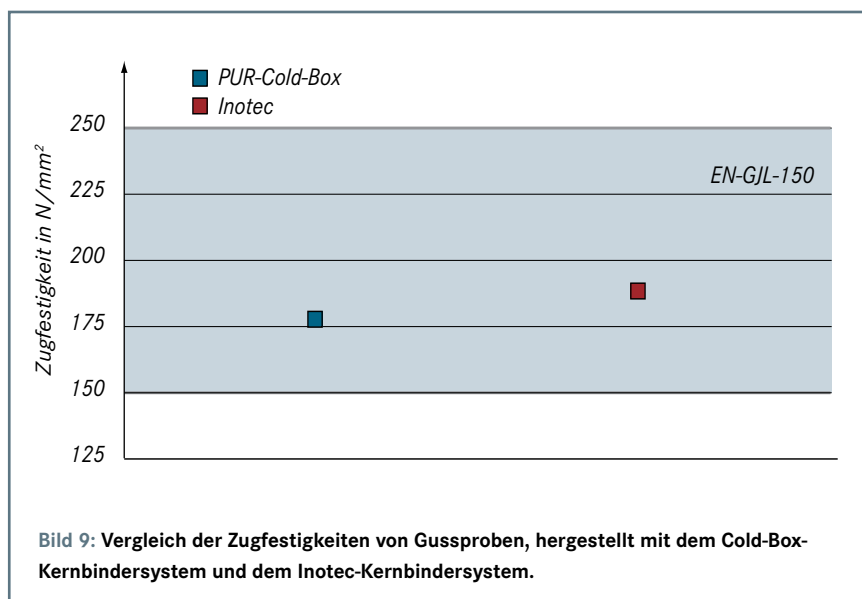


Bild 9: Vergleich der Zugfestigkeiten von Gussproben, hergestellt mit dem Cold-Box-Kernbindersystem und dem Inotec-Kernbindersystem.

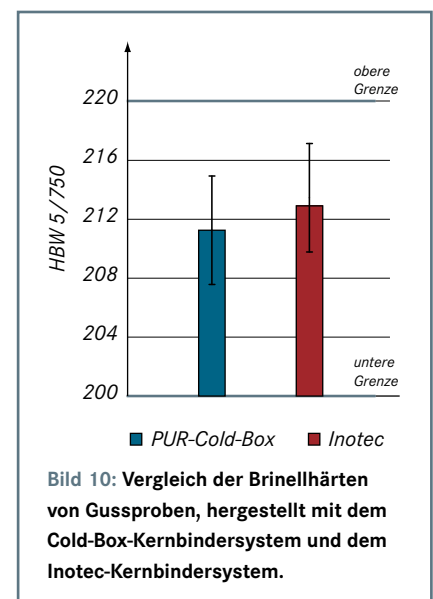


Bild 10: Vergleich der Brinellhärten von Gussproben, hergestellt mit dem Cold-Box-Kernbindersystem und dem Inotec-Kernbindersystem.



Bild 11: Röntgenaufnahmen der Versuchsbremsscheibe.

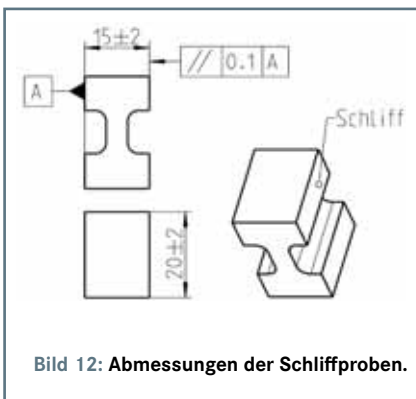


Bild 12: Abmessungen der Schliffproben.



Bild 13: Graphitbildung in der Versuchsbremsscheibe am Übergang zum Kühlkanal: a) Gussteil, hergestellt mit dem Cold-Box-Kernbindersystem, b) Gussteil, hergestellt mit dem Inotec-Kernbindersystem (beide ungeätzt, Vergrößerung 100:1).

Serienbedingungen abgegossen. Die Qualität, die Temperatur und die Gießgeschwindigkeit des eingesetzten Guss Eisens mit Lamellengraphit waren die der Serienfertigung. Das Gussergebnis entspricht dem der Serienfertigung. Darüber hinaus sind die Umwelteinflüsse während der Kernherstellung und des Gießens ein für die Zukunft wichtiger Aspekt.

Die ermittelten mechanischen Kennwerte haben gezeigt, dass sich die Eigenschaften der Bremsscheiben, die mit PUR-Cold-Box- bzw. Inotec-gebundenem Kern gefertigt wurden, nicht signifikant unterscheiden. Alle durchgeführten Untersuchungen (Verhalten beim Abgie-

ßen, Entkernbarkeit/Putzbarkeit, Keildruckprüfung, Oberflächenhärte, Röntgenprüfung, Bearbeitbarkeit, Rissprüfung, Gefügeuntersuchung), die im Zuge der direkten Gegenüberstellung zwischen Inotec- und PUR-Cold-Box-Fertigung bei SHW vorgenommen wurden, lieferten ähnliche Ergebnisse. Damit ist bewiesen, dass das Inotec-Verfahren zur Kernherstellung für GJL und besonders für die Bremsscheibenfertigung verwendbar ist.

Zum Abschluss der gesamten Untersuchung ist noch eine vergleichende Überprüfung der mit PUR-Cold-Box-Kernen gefertigten Bremsscheibe und der mit Inotec-Kernen gefertigten auf einem Bremsenprüfstand geplant. Ziel ist der Nachweis, dass die so

hergestellten Bremsscheiben den Anforderungen bis hin zum tatsächlichen Einsatz gerecht werden.

Der ASK Chemicals GmbH, Hilden, und der SHW Automotive GmbH, Tuttlingen, sei für die Betreuung der diesem Beitrag zugrundeliegenden Bachelorarbeit gedankt.

B. Eng. Steffen Sasse (Auszug aus Bachelorarbeit) und Dipl.-Ing. Jörg Knechten, SHW Automotive GmbH, Tuttlingen, Dipl.-Ing. Jörg Brotzki, Dr. Carolin Wallenhorst und Dipl.-Ing. André Gerhards, ASK Chemicals GmbH, Hilden, Prof. Dr.-Ing. Heinz-Josef Wojtas, Universität Duisburg-Essen, Duisburg

Weltweiter Kundenfokus in einer neuen Dimension

ASK Chemicals ist einer der weltweit größten Anbieter umfassender Komplettlösungen und maßgeschneiderter Beratungsdienstleistungen für die Gießereibranche.

Durch unsere Präsenz in 24 Ländern und mit 30 Standorten in den wichtigsten Gießereimärkten der Welt helfen wir Ihnen, mit den globalen Entwicklungen in der weltweiten Gießereibranche Schritt zu halten. Gemeinsam werden wir innovative Lösungen finden und den Fortschritt beschleunigen.

ASK Chemicals – We advance your casting



Mehr über ASK Chemicals erfahren Sie unter www.ask-chemicals.com

Gießerei-Chemikalien | Speiser- und Filterlösungen
Gießereiservices | Metallurgieprodukte

ASKCHEMICALS
We advance your casting



AN ASHLAND & SÜD-CHEMIE JOINT VENTURE.