



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

für Ihre Sicherheit als Insassen von Kraft-, Schienen- und Luftfahrzeugen bedarf es höchstbeanspruchbarer dünn- und dickwandiger Komponenten, die auf den Werkstoffen Stahl, Eisen, Aluminium und Magnesium basieren. Die Leistungsfähigkeit dieser Stoffe hängt maßgeblich von deren Qualität und Reinheitsgrad ab. Bei der Herstellung von Werkstoffen kommt es jedoch häufig zu einer ungleichmäßigen Verteilung der chemischen Elemente. Außerdem können Verunreinigungen in der Schmelze auftreten, die zu Fehlern in Form von Einschlüssen führen. Diese Fehler können bisher nur schwer oder gar nicht entfernt werden. Daher widmet sich der Sonderforschungsbereich (SFB) 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ der Erforschung neuartiger Filterwerkstoffe und Filtersysteme zur besseren Reinigung von Schmelzen.

Im Namen des gesamten Teams laden wir Sie herzlich ein, unser Forschungsvorhaben näher kennenzulernen und die Entwicklung des SFB aktiv zu verfolgen. Mit der vorliegenden Erstausgabe unseres Newsletters möchten wir Ihr Interesse wecken und Sie neugierig machen – auf unsere Ziele, unser Forschungsprogramm und unsere Erkenntnisse.

Über unsere Forschung und Ergebnisse werden wir Sie von nun an regelmäßig informieren. Für Ihre Ideen, Anregungen und Hinweise sind wir dankbar und stehen Ihnen sehr gern zur Verfügung. Weitere Informationen zum SFB 920 hält auch unsere Homepage für Sie bereit. Besuchen Sie uns unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

Und nun wünschen wir Ihnen viel Freude beim Lesen!

INHALTSVERZEICHNIS

Intelligente Filterwerkstoffe auf dem Vormarsch	2
Vorgestellt: Der SFB 920	3
Hinter den Kulissen des Integrierten Graduiertenkollegs	6
Aus der Forschung I: Kohlenstoffgebundene Filterwerkstoffe	7
Aus der Forschung II: Gießversuche in Stahl und Aluminium	8
Aus der Forschung III: Geräte für den Fortschritt	9
Entdeckt	10
Vorausgeschaut	10
Impressum	10

Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris
Sprecher des SFB 920

Prof. Dr.-Ing. habil. Horst Biermann
stellv. Sprecher des
SFB 920

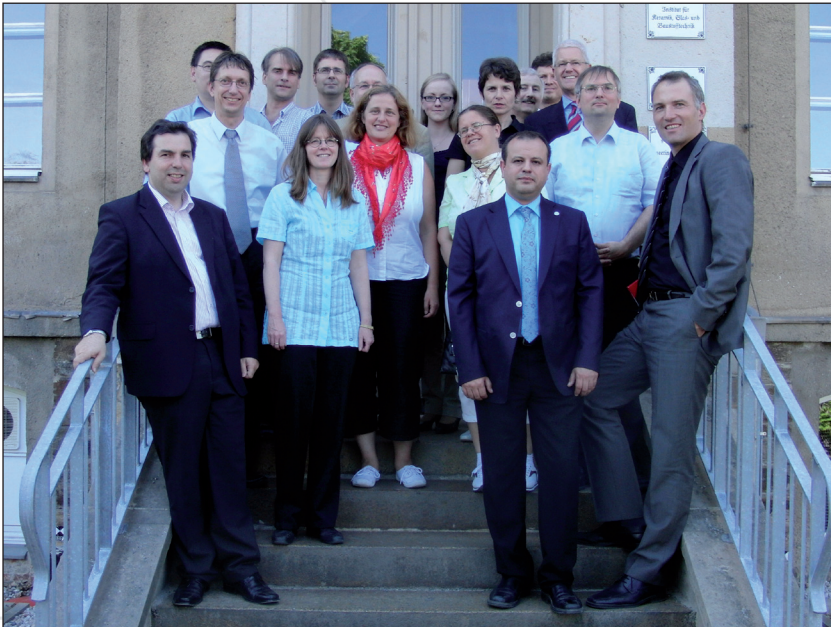


DFG BEWILLIGT NEUEN SONDERFORSCHUNGSBEREICH

Am 24. Mai 2011 bewilligte die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) den neuen Sonderforschungsbereich (SFB) 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“.

Im neuen Großforschungsprojekt arbeiten 16 Partner aus vier Fakultäten der TU Bergakademie Freiberg.

Zwischen Juli 2011 und Juni 2015, der ersten Phase des Projektes, wollen sie intelligente keramische Filter erforschen, die reinere Metallschmelzen gestatten und somit die Herstellung fehlerfreier, gewichtreduzierter und deutlich sicherer Werkstoffe ermöglichen. Für diesen Zeitraum stellt die DFG eine Fördersumme von ca. 9,5 Mio. Euro zur Verfügung. Mit der Genehmigung des SFB 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ unterstreicht die TU Bergakademie Freiberg erneut ihre Kompetenz in der Werkstoffforschung.



Leiter der Teilprojekte, von links nach rechts:

1. Reihe: Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris (Sprecher), Dr.-Ing. Rhena Wulf, Prof. Dr.-Ing. Dimosthenis Trimis, Prof. Dr.-Ing. Urs A. Peuker
2. Reihe: Prof. Dr.-Ing. habil. Horst Biermann (stellv. Sprecher), Dr.-Ing. Anja Weidner, Dr. Olga Fabrichnaya, Prof. Dr. rer. nat. Karl G. van den Boogaart
3. Reihe: Prof. Dr. rer. nat. habil. Jens Kortus, Prof. Dr.-Ing. Bernhard Jung, Prof. Dr.-Ing. Lutz Krüger, Prof. Dr.-Ing. Klaus Eigenfeld, Dipl.-Kffr. Linda Clauß, Dr.-Ing. Undine Fischer, Prof. Dr.-Ing. habil. Ulrich Groß
4. Reihe: Dr. rer. nat. Peter Franke, Prof. Dr. rer. nat. habil. David Rafaja

FORSCHUNG MIT WEITBLICK

Mit der Einrichtung des SFB 920 wird der Forderung von Anwendern und weiterverarbeitenden Unternehmen nach erhöhter Qualität sowie Homogenität von Werkstoffen und der damit einhergehenden Leistungsfähigkeit nachgekommen. Die Herstellung qualitativ hochwertiger und fehlerfreier Werkstoffe verlangt eine gleichmäßige Verteilung der chemischen Zusammensetzung und eine deutliche Steigerung des Reinheitsgrades. Dazu ist eine erhebliche Reduzierung von anorganischen nichtmetallischen Einschlüssen in der Metallmatrix nötig. Dieses Ziel soll durch den Einsatz intelligenter Filterwerkstoffe bzw. -systeme erreicht werden. Mit einer funktionalisierten, auf einer aktiven, keramischen Beschichtung basierenden Filteroberfläche, in Kombination mit maßgeschneiderten Druckverhältnissen in den porösen Funktionshohlräumen, soll die Abscheidung der Einschlüsse an der Filteroberfläche des Filters erheblich verbessert werden. Einen weiteren Beitrag zur Zielerreichung leisten reaktive Filteroberflächen, die mit den in den Schmelzen gelösten Gasen reagieren und damit auch Gasverunreinigungen und Einschlüsse, die unterhalb der Liquidustemperatur der Metallschmelzen generiert werden, erstmalig deutlich reduzieren.

Die Erforschung neuartiger Filterwerkstoffe sowie ein an die Filtrationstechnik angelehntes modellunterstütztes Filterdesign der Mikro- und Makrostruktur ermöglichen die Herstellung von höchstbeanspruchbaren dünn- und dickwandigen Komponenten aus Stahl, Eisen, Aluminium und Magnesium. Die Vision dieses SFB ist es, exzellente, an die Bauteilbeanspruchung angepasste funktionale und adaptive mechanische Eigenschaften einzustellen, die die Sicherheit der Insassen von Kraft-, Schienen- und Luftfahrzeugen garantieren. Dabei kommen die im SFB angestrebten „Zero Defect Materials“ dem theoretischen Idealzustand sehr nahe. Darüber hinaus werden zukunfts-trächtige Anwendungsfelder in der Elektronik-industrie am Beispiel der Filtration von Kupfer



4D-Visualisierung der Filtrationsprozesse in einer Cave Automatic Virtual Environment des Instituts für Informatik

und Silizium, in der Verpackungsindustrie am Beispiel von Aluminiumfolien sowie in der Filtrationstechnik und der Konditionierung von Behandlungsschlacken erschlossen.





Verzahnte Projektstruktur der ersten Förderperiode

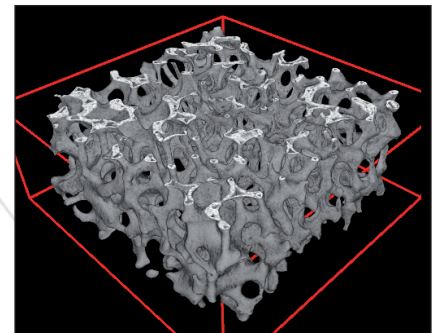
Der SFB gliedert sich in die drei Projektbereiche „A: Filterwerkstoff“, „B: Modellierung Filterstruktur/Filtersystem“ und „C: Filtereffizienz, Materialeigenschaften“. Die Projektbereiche wiederum umfassen 16 wissenschaftliche Teilprojekte (TP). Weiterhin gibt es ein Modul Integriertes Graduiertenkolleg (MGK), drei Service-Projekte (S) sowie ein zentrales Verwaltungs-Projekt (Z).

PROJEKTBEREICH A - FILTERWERKSTOFF

Im Projektbereich A, der insgesamt sechs Teilprojekte umfasst, werden aktive und reaktive Filterwerkstoffe erforscht. Dabei erfolgt eine gezielte Einstellung der Grenzflächenspannungen an der Kontaktstelle feste Filterwand – fester Einschluss – metallische Schmelze. Ziel ist es, die Filtrationseffizienz von primären und sekundären Einschlüssen mit Größen zwischen 1 bis 100 µm von derzeit ca. 70 % aus Stahlgusschmelzen bzw. ca. 75 % aus Aluminiumschmelzen auf deutlich über 90 % zu steigern. Ein weiterer Schwerpunkt des Projektbereiches A ist die Untersuchung des Reaktionsmechanis-

mus und des Filtrationspotentials von reaktiven Filterwerkstoffen. Hier soll der Filterwerkstoff mit den in den Schmelzen gelösten Gasen reagieren. So kann zunächst eine Reduzierung der primären und sekundären Einschlüsse erzielt werden. Darüber hinaus soll ein wesentlicher Beitrag für die Verringerung der tertiären und quartären Einschlüsse geleistet werden.

Die Leitung für den Projektbereich A übernimmt Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris.



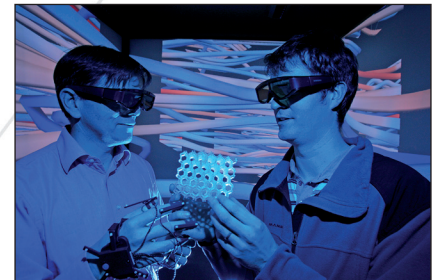
CT-Aufnahme einer Schaumkeramik, 3D, mit 2,2-facher Vergrößerung

PROJEKTBEREICH B - MODELLIERUNG FILTERSTRUKTUR/FILTERSYSTEM

Der aus fünf Teilprojekten bestehende Projektbereich B wird als Voraussetzung für das zielgerichtete geometrische und materialtechnische Design von Filterstrukturen sowie für die Bewertung des Werkstoffverhaltens unter realen Einsatzbedingungen angesehen. Im Mittelpunkt des Projektbereiches steht das Verständnis der Mikroprozesse der Abscheidung von Partikeln, also Einschlüssen, an der aktiven und reaktiven inneren Oberfläche des Funktionshohlraums. Um zunächst zum grundlegenden Verständnis der Wirkungsweise der Filtrationsmechanismen in Abhängigkeit von Filterstruktur, -prozess und

-system beizutragen, werden physikalische und stochastische Modelle gebildet und darauf aufbauende Simulationen durchlaufen. Beispielsweise werden Modelle der Abscheidung, Agglomeration und Wärmeleitung entwickelt. Ferner muss die stochastische Verteilung von Einschlüssen in der Schmelze ermittelt werden, da dies die Grundlage für die theoretische Vorhersage von Begegnungswahrscheinlichkeiten ist.

Die Leitung für den Projektbereich B übernimmt Prof. Dr.-Ing. Urs A. Peuker.



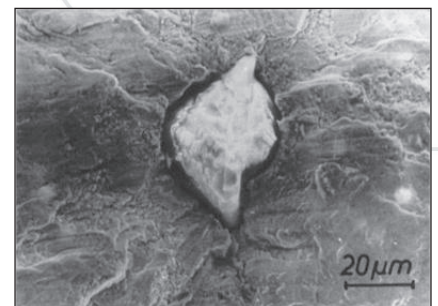
Strömungsvisualisierungen in einer Cave Automatic Virtual Environment des Instituts für Informatik

PROJEKTBEREICH C - FILTEREFFIZIENZ, MATERIALEIGENSCHAFTEN

Im Projektbereich C soll die Effizienz der hergestellten Filtermaterialien ausführlich untersucht werden. Darüber hinaus wird anhand der verbesserten mechanischen Eigenschaften demonstriert, welchen Beitrag die hergestellten Filter zur Erschaffung einer neuen Generation von höchst beanspruchbaren Metallussteilen leisten. Dazu wurden fünf Teilprojekte gebildet. Filtertechnologie und -effizienz werden im Rahmen des Projektbereiches C in Verbindung mit den Eigenschaften des filtrierte Endproduktes (Metallussteil) durch ein umfangreiches Prüfprogramm untersucht. Aus diesen Untersuchungen können dann Rückschlüsse auf die Filterwerkstoff- (Projektbereich A) und Filter-

strukturauslegung (Projektbereich B) gezogen werden. Im Mittelpunkt stehen u. a. Fragen der Kriechbeständigkeit keramischer Filterkörper bei Formguss-Prozessen unter extremen Temperaturwechseln. Weiterhin sollen im Rahmen des Projektbereiches C die erforderlichen Werkstoffkennwerte ermittelt werden, die einerseits für die Modellierung im Projektbereich B sowie andererseits für ein beanspruchungsgerechtes Werkstoffdesign und die Bauteilauslegung erforderlich sind.

Die Leitung für den Projektbereich C übernimmt Prof. Dr.-Ing. habil. Horst Biermann.



Nichtmetallischer Einschluss im Zentrum von Anrisslinien (Quelle: Dissertationsschrift M. Scharf, 1987, TU Bergakademie Freiberg)

VERKNÜPFUNG DER TEILPROJEKTE AUF BASIS VON ARBEITSGRUPPEN

Die drei Projektbereiche des SFB 920 sind von einer ständigen Wechselwirkung und dem Informationsaustausch von Ergebnissen gekennzeichnet. Um den teilprojektbezogenen Fluss von Input/Output-Informationen zeitgerecht und bereichsübergreifend zu erzielen und um die vielfältigen Verknüpfungen der Forschungsaktivitäten in den

Teilprojekten der Projektbereiche zu unterstützen, wurden im SFB 920 vier Arbeitsgruppen eingerichtet. So wird ein innovativer SFB-Kreislauf von Erforschung, Werkstoffdesign und Verständnis der Grundwirkungsmechanismen der aktiven bzw. reaktiven Filterwerkstoffe geschaffen, der eine Übertragung der Ergebnisse auf weitere Metallschmelzen bis hin zu Anwendungen erlaubt.

ARBEITSGRUPPE 1: „METALLSCHMELZE/EINSCHLÜSSE, AKTIVER/REAKTIVER FILTERWERKSTOFF, GRENZFLÄCHENDESIGN“

Unter Leitung von Dipl.-Ing. Claudia Voigt (Teilprojekt A02) tauscht sich die Arbeitsgruppe 1, bestehend aus den Mitarbeitern der (Kern-)Teilprojekte A01, A02, A03, A04, A05, A06, C01, S01 und S03, zum Transport von Einschlüssen in der Metallschmelze sowie dem eigentlichen Vorgang der Abscheidung der Einschlüsse an der Filterwand aus.

So wird zum Beispiel gemeinsam das Verhalten der Einschlüsse im Kontakt mit Metallschmelzen untersucht. Dazu werden auch die tatsächliche Oberflächenbeschaffenheit des aktiven Filterwerkstoffes, die entstehenden Grenzflächen Partikel/Partikel

bzw. Partikel/Filterwand aus Probenmaterialien der TP A01, A02, A06, C01 und S03 sowie das Benetzungsverhalten zwischen Filterwand und Metallschmelze/Einschlüssen unter Verwendung aktiv und reaktiv beschichteter Filtersubstrate analysiert. Zur Beschreibung nichtkristalliner Grenzflächen werden in der Arbeitsgruppe 1 entsprechende Modelle entwickelt.

Durch die Zusammenarbeit und den Austausch der Teilprojekte sollen die gezielte Auswahl von Filterwerkstoffen, das Design von Grenzflächen sowie die weitere Erforschung von Filterwerkstoffen unterstützt werden.

Dipl.-Ing. Claudia Voigt



GEBURTSJAHR UND -ORT

Geboren 1980 in Karl-Marx-Stadt (jetzt Chemnitz)

STUDIUM

- 10/1999 - 10/2004 Studium der Keramik, Glas- und Baustofftechnik an der TU Bergakademie Freiberg

BERUFLICHER WERDEGANG

- 10/2004 - 02/2005 Entwicklungsingenieurin im Steinbeis-Transferzentrum Materials Engineering
- 03/2005 - 09/2011 Entwicklungsingenieurin im Bereich Multifunktionskeramik bei der CeramTec GmbH
- seit 10/2011 Wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik an der TU Bergakademie Freiberg

PROMOTIONSTHEMA

Oxidische Filterwerkstoffe und Filterstrukturen mit aktiven und reaktiven Funktionshohlräumen (TP A02)

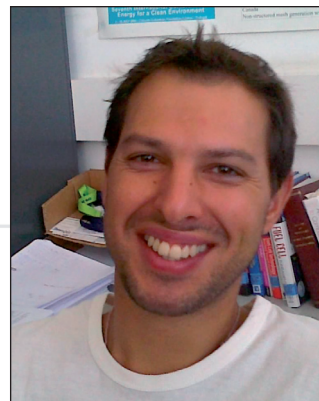
ARBEITSGRUPPE 2: „MODELLIERUNG UND AUSLEGUNG DER FILTERGEOMETRIE“

Die Arbeitsgruppe 2, bestehend aus den Mitarbeitern der (Kern-) Teilprojekte A01, A02, A03, A04, A05, B01, B02, B03, B04, C01, S01, S02 und S03, steht unter Leitung von PhD Miguel Mendes (Teilprojekt B02). In dieser Arbeitsgruppe werden die Modellierung und Auslegung der Filtergeometrie thematisiert.

Die in den beteiligten Teilprojekten entwickelten Filtrationsmodelle bzw. -prozesse, die den Wärme- und Stofftransport, die Agglomeration und schließlich die

Abscheidung/Haftung von Partikeln an der Filterwand verdeutlichen, werden zusammengeführt, diskutiert und mittels einer dynamischen 4D-Visualisierung in einer Cave Automatic Virtual Environment dargestellt. Diese Visualisierung soll zum Verständnis der Wirkungsmechanismen bei einem Filtrationsablauf beitragen, um die aktive bzw. reaktive Filterwerkstoffefforschung und Filterauswahl zielgerichtet und schmelze-anwendungsbezogen zu gestalten.

PhD Miguel Mendes



GEBURTSJAHR UND -ORT

Geboren 1981 in Lissabon, Portugal

AUSBILDUNG

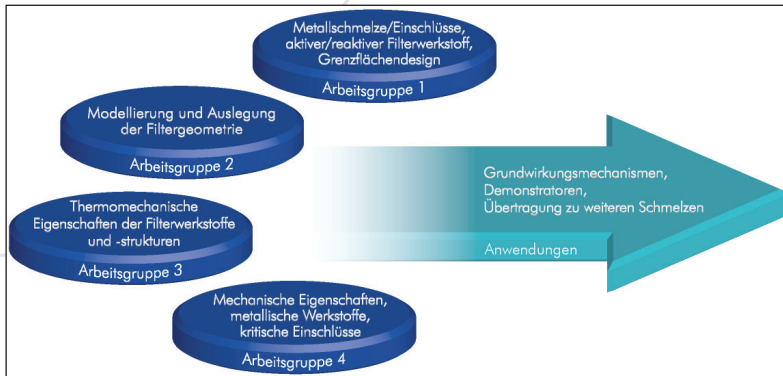
- 1999 - 2005 Studium des Maschinenbaus an der TU Lissabon
- Promotion zum Thema „Modeling and simulation of hydrocarbon oxidation processes within inert porous media“ an der TU Lissabon (2011)

BERUFLICHER WERDEGANG

- 09/2005 - 05/2011 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Maschinenbau der TU Lissabon
- 01/2008 - 03/2009 Gastwissenschaftler am Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik an der TU Bergakademie Freiberg
- seit 09/2011 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik an der TU Bergakademie Freiberg

POSITION IM SFB

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Teilprojekt B02 „Strömungsverhalten, Wärme- und Stofftransport in Verbundfilterstrukturen“



Vernetzung der Teilprojekte auf Basis von vier Arbeitsgruppen

ARBEITSGRUPPE 3: „THERMOMECHANISCHE EIGENSCHAFTEN DER FILTERWERKSTOFFE UND DER FILTERSTRUKTUREN“

Unter Leitung von Dipl.-Wirt.-Ing. Yvonne Klemm (Teilprojekt C02) tauscht sich die Arbeitsgruppe 3, bestehend aus den Mitarbeitern der (Kern-)Teilprojekte A01, A02, B01, B02, B03, B04, B05, C02 und C03, zu den thermomechanischen Eigenschaften der Filterwerkstoffe und -strukturen aus.

Thermomechanisch muss ein keramischer Filter dem Thermochockangriff kalt/Anguss-Temperatur standhalten und mechanisch eine bestimmte Menge von einer Metallschmelze aushalten. Darüber hinaus darf der Filter chemisch nicht mit der Metallschmelze reagieren und inner-

halb einer gewissen Zeit (bis zu 30 Sekunden) keine Druckerweichungserscheinungen aufweisen. Versagt der Filter bei einer dieser Eigenschaften durch partiellen oder totalen Bruch, verursacht dies einen erheblichen technologischen Schaden und Verunreinigungen der Schmelze. Diese Problematik verschärft sich bei Filtern mit größeren Kapazitäten. Erst geeignete Kombinationen von Filterwerkstoffen und -strukturen ermöglichen eine qualitätsgesicherte Metallschmelze-Filtration. Dies soll durch den Austausch innerhalb der Arbeitsgruppe 3 unterstützt werden.

ARBEITSGRUPPE 4: „MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN, METALLISCHE WERKSTOFFE, KRITISCHE EINSCHLÜSSE“

Die Mitglieder der Arbeitsgruppe 4, die die (Kern-)Teilprojekte A01, A02, A04, A05, B01, B02, B03, B04, B05, C04, C05, S01 und S03 umfasst, tauschen sich unter Leitung von Dr.-Ing. Sebastian Henkel (Teilprojekt C04) über mechanische Eigenschaften und metallische Werkstoffe aus. Dazu werden Modellschmelzen gezielt mit nichtmetallischen Einschlüssen versetzt, die durch die Filtrationstechnik dann teilweise entfernt werden. Der Filtrationswirkungsgrad kann auf Basis von metallographischen Anschliffen erfasst werden. Darüber hinaus wird die Wirkung der zugesetzten nichtmetallischen Einschlüsse auf das spezifische Lebensdauer- und Zähigkeitsverhalten der Gusswerkstoffe untersucht. In der

Arbeitsgruppe 4 werden außerdem kritische Einschlüsse thematisiert. Speziell die Verteilung von Versagenszeiten soll ermittelt werden, um daraus u. a. Vorhersagen über die Zuverlässigkeit der Gussstücke in Abhängigkeit von der Filtercharakteristik auch unter komplexeren Belastungsmustern treffen zu können.

Durch die Erkenntnisse der Arbeitsgruppe 4 ist eine Evaluierung der Funktionalität der eingesetzten neuen, aktiven und reaktiven Filterwerkstoffe bzw. -strukturen möglich. Darüber hinaus können wichtige Informationen für die Optimierung der Filterwerkstoffe und die Auslegung der Filterstrukturen gewonnen werden.

Dipl.-Wirt.-Ing. Yvonne Klemm



GEBURTSJAHR UND -ORT

Geboren 1984 in Freiberg

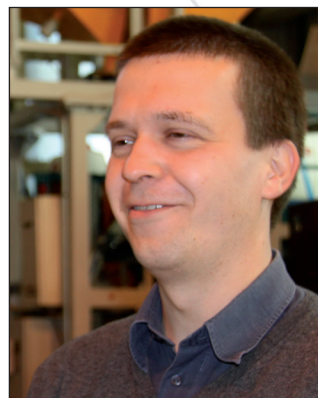
STUDIUM

- 2003 - 2008 Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der TU Bergakademie Freiberg

PROMOTIONSTHEMA

Hochtemperaturfestigkeit und Formstabilität von kohlenstoffgebundenen Filterwerkstoffen für die Stahlschmelzefiltration (TP C02)

Dr.-Ing. Sebastian Henkel



GEBURTSJAHR UND -ORT

Geboren 1975 in Görlitz

AUSBILDUNG

- 10/1995 - 08/2001 Studium der Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie an der TU Bergakademie Freiberg
- Promotion zum Thema „Beitrag zur zyklischen planar-biaxialen Prüfung metallischer Werkstoffe“ an der TU Bergakademie Freiberg (2010)

POSITION IM SFB

Wissenschaftlicher Mitarbeiter im Teilprojekt C04 „Experimentelle und stochastische Untersuchung des Einflusses von Einschlüssen auf die Ermüdungslebensdauer“

HINTER DEN KULISSEN DES INTEGRIERTEN GRADUIERTENKOLLEGS

Prof. Dr. rer. nat. Georgios Kostakis



AUSBILDUNG

- Studium der Mineralogie an der Ludwig-Maximilians-Universität München (1970)
- Promotion zum Thema „Zur Ermittlung des Sauerstoffpartialdruckes über Chromiten und ihren Nebengesteinen im Temperaturbereich 800° - 1200° C.“ an der Ludwig-Maximilians-Universität München (1973)

BERUFLICHER WERDEGANG

- 1983 - 1986 Professor im Fachbereich Bergbau und Hüttenkunde der Nationalen Technischen Universität Athen
- seit 1986 Professor im Fachbereich Ingenieurwesen für mineralische Rohstoffe der TU Kreta
- 1990 - 1993 Dekan des Fachbereichs Ingenieurwesen für mineralische Rohstoffe an der TU Kreta
- seit 2010 Gastdozent und Wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Arbeitsgruppe Keramik am Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik der TU Bergakademie Freiberg

POSITION IM SFB

Gastdozent für Schulungen und individuelle Beratungen zur Phasenanalyse von Feststoffen

In Kooperation mit der Graduierten- und Forschungsakademie der TU Bergakademie Freiberg bietet der SFB 920 seinen Doktorandinnen und Doktoranden ein Integriertes Graduiertenkolleg an. Ziel des Graduiertenkollegs ist es, Doktorandinnen und Doktoranden eine strukturierte, zügige Promotion zu ermöglichen, sie zu einer selbstständigen, exzellenten Forschungstätigkeit zu befähigen und sie als hochqualifizierte Nachwuchskräfte auf eine Laufbahn in der Wissenschaft bzw. in der Wirtschaft vorzubereiten. Dazu bietet das Graduiertenkolleg eine ganzheitliche Ausbildung, die sowohl Fach- und Methodenkenntnisse als auch soziale und kommunikative Fähigkeiten umfasst.

Zum Erwerb dieser Fähigkeiten werden die Doktorandinnen und Doktoranden z. B. ermutigt, frühzeitig Verantwortung in einem internationalen Umfeld zu

übernehmen. Dazu sollen sie u. a. in Veranstaltungen zur Schüleruniversität oder dem vorhandenen Schülerlabor „Science meets School – Werkstoffe & Technologien in Freiberg“ mitwirken. Hier werden sie mit der Betreuung von Schülergruppen betraut und können so wichtige Schlüsselqualifikationen erwerben und Erfahrungen auf den Gebieten der Wissensvermittlung sammeln.

Außerdem wird den Promovierenden innerhalb des Integrierten Graduiertenkollegs die Teilnahme an zahlreichen Weiterbildungsmaßnahmen, wie Konferenzen oder Exkursionen zu Industriepartnern, ermöglicht. Weiterhin werden Schulungsreihen mit zum Teil internationalen Gastwissenschaftlern angeboten.

ERSTE SCHULUNGSREIHE ABSOLVIERT

Bereits für die erste vom SFB 920 angebotene Schulungsreihe, die von Oktober bis Dezember 2011 stattfand, konnte Prof. Georgios Kostakis von der Technischen Universität Kreta gewonnen werden. Er schulte die Doktoranden auf dem Gebiet der Röntgenpulverdiffraktometrischen Phasenanalyse, einem Verfahren, das zur qualitativen Untersuchung von kristallinen, pulverförmigen Substanzen verwendet wird und verweist auf deren quantitative Auswertung nach der Rietveld-Methode. Um das Verständnis der Doktoranden für das Verfahren auszubauen, wurden sie zunächst im Rahmen der ersten Veranstaltung mit wesentlichen kristallographischen Grundbegriffen vertraut gemacht. Im weiteren Verlauf der Schulungsreihe wurden dann Röntgenstrahlungen und deren Wechselwirkungen mit der Materie sowie verschiedene Methoden der Pulverdiffraktometrie behandelt. Zum Abschluss der Veranstaltungsreihe wurden Anwendungsbeispiele betrachtet.



Prof. Dr. Kostakis bei seinen Ausführungen

In dieser Schulungsreihe sollten den Doktoranden sehr viele praktische Hinweise für ihre Arbeit gegeben werden. Neben der theoretischen Ausbildung konnten die Doktoranden zusätzlich eine individuelle fachliche Betreuung in Anspruch nehmen. Auch nach Ende der Schulungsreihe berät Prof. Kostakis bei Fragen zur Beurteilung von Proben, die man röntgenographisch untersuchen kann.

INTERDISZIPLINARITÄT UND QUALITÄT ALS KENNZEICHEN DES MGK



Teilnehmer der Schulungsreihe während einer wissenschaftlichen Diskussionsrunde

ist an der Fakultät für Mathematik und Informatik, an der Fakultät für Chemie und Physik, an der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik sowie an der Fakultät für Werkstoffwissenschaften und Werkstofftechnologie der TU Bergakademie Freiberg angesiedelt. Damit werden weite Teile der Universität zusammengeführt. Die Strukturen des Graduiertenkollegs sollen eine individuelle Betreuung und Förderung ermöglichen sowie Kollegiaten motivieren, sich mit ihrem Wissen, ihren Ideen und ihrer Kreativität in den SFB 920 einzubringen.

Um die Qualität des Graduiertenkollegs zu sichern, ist für die Aufnahme eines Doktoranden in die Graduiertenschule des SFB 920 eine Bewerbung erforderlich. Die Anzahl der Doktoranden ist begrenzt, wobei die Studienleistungen über die Mitgliedschaft entscheiden.

Das Graduiertenkolleg des SFB 920 ist durch eine hohe Interdisziplinarität gekennzeichnet: Das Kolleg

KOHLENSTOFFGEBUNDENE FILTERWERKSTOFFE (PROJEKT-BEREICH A: FILTERWERKSTOFFE)

Kohlenstoffgebundene Aluminiumoxidfilter für die Stahlschmelzefiltration erfreuen sich stetig wachsender Beliebtheit seitens der Industrie. Deren Potenzial hinsichtlich der stofflichen Eigenschaften und des Filtrationswirkungsgrades erscheint bis zum heutigen Tag jedoch nicht in vollem Maße genutzt. Die Forschungsarbeit von M. Eng. Marcus Emmel (Teilprojekt A01) konzentriert sich daher auf die Entwicklung und Herstellung neuartiger Filterwerkstoffe und Filterstrukturen, deren wissenschaftliche Erkenntnis einen Beitrag zum Grundlagenverständnis für innovative Ansätze in der Stahlschmelzefiltration schaffen soll.

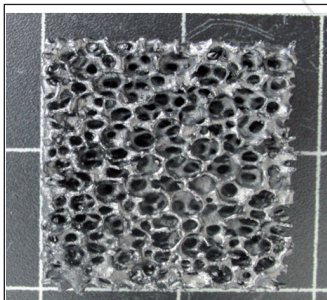


Abbildung 1: Kohlenstoffgebundener Schaumkeramikfilter (50x50x20 mm, 10 ppi)

Ein Schwerpunkt der wissenschaftlichen Arbeiten von Marcus Emmel im Teilprojekt A01 besteht in der Entwicklung einer neuen Filterzusammensetzung - basierend auf kohlenstoffgebundenem Aluminiumoxid - bei der für diese Zwecke erstmalig das synthetische Steinkohlenteerpech Carbores®P als Binder und Kohlenstoffträger Anwendung finden soll. Als Vorgabe gilt dabei die Einhaltung eines wasserbasierten Systems, bei dem sich durch Zugabe von Ruß und Graphit ein Restkohlenstoffgehalt von etwa 30 % einstellen soll. Zur Ermittlung werkstoffspezifischer Kennwerte und der verschiedenen Einflussfaktoren der jeweiligen Zusammensetzungen werden Schaumkeramikfilter der Einheit 10 ppi (pores per inch) unter Zuhilfenahme des Schwartzwalder-Verfahrens hergestellt (Abb. 1). Etwaige Einflussfaktoren, insbesondere auf die mechanischen Eigenschaften der Filter, gilt es kenntlich zu machen. Gleichbedeutend dazu sollen die Auswirkungen verschiedener Inhaltsstoffe der Zusammensetzungen auf die Kohlenstoffausbeute evaluiert werden. So ist es bisher gelungen, mittels Optimierung der verfahrenstechnischen Parameter sowie der chemischen Zusammensetzung die Festigkeiten gegenüber konventionellen Filtern zu erhöhen. In Zusammenarbeit mit dem Serviceprojekt S03

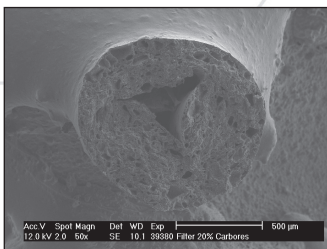


Abbildung 2: REM-Aufnahme eines Filtersteigs mit 20 % Carbores®P (Querschnitt)

(Stahlguss) hat die Durchführung des sogenannten Impingementtests die Eignung des neuen Filterwerkstoffes zur Stahlschmelzefiltration bestätigt. Darunter ist ein Versuchsaufbau zu verstehen, bei dem der kalte Filter (18° C) mit Stahlschmelze (1670° C) beaufschlagt wird und somit Aussagen über dessen Thermoschockbeständigkeit und Permeabilität getroffen werden können. Ebenso ließ sich der Einfluss des Aluminiumoxids auf die Entwicklung des Restkohlenstoffgehaltes eindeutig nachweisen, was bereits existierende Theorien bestätigen.

Ein zweiter Forschungsschwerpunkt im Teilprojekt A01 betrifft die Generierung kaltaufgebrachter, aktiver Beschichtungen auf den Filterstrukturen, deren Chemismus dem der zu filtrierenden Einschlüsse entspricht. Dies ermöglicht ein gezieltes Einstellen der Grenzflächenspannungen, was letztlich zu einer erhöhten Filtrationseffizienz führen soll. Dazu müssen zunächst vollständig benetzte Filterstege erzeugt werden (Abb. 2), aus denen sich infolge variierender Sintertemperaturen und Brennbedingungen festsitzende Beschichtungen bilden sollen. Von großem Interesse sind dabei mögliche chemische Wechselwirkungen oder thermisch bedingte Mechanismen, mit Hilfe derer die Erkenntnis zum Verbleib der oxidischen Beschichtungen auf den kohlenstoffgebundenen Filterwerkstoffen gewonnen werden kann. In ersten Untersuchungen mittels Dilatometrie wurde nachgewiesen, dass das Applizieren solcher Beschichtungen durch eine - verglichen zum Trägermaterial - erhöhte Schwindung, also einem Aufschumpfen möglich ist. Dass diese Beschichtungen auch nach Einfluss der heißen Stahlschmelze intakt bleiben, konnte erfolgreich durch den Impingementtest gezeigt werden (Abb. 3).

Für zukünftige Forschungsarbeiten im Teilprojekt A01 gilt es weiterhin existierende Einflüsse variierender Kohlenstoffmodifikationen auf die Filtrationseffizienz zu ermitteln. Als Grundlage dient dabei der Umstand unterschiedlicher Benetzungseigenschaften der jeweiligen Kohlenstoffart gegenüber Stahl. So führt die Verwendung von Carbores®P zur Generierung kristalliner, also anisotroper Kohlenstoffe, wohingegen sich ein amorpher, isotroper Charakter durch die Applikation von Harzen realisieren lässt. Neueste Entwicklungen von Marcus Emmel sind Filterwerkstoffe und -strukturen, deren Gefüge kristalline als auch amorphe Kohlenstoffbestandteile aufweisen. Diese werden zurzeit auf ihre Eignung hin im Stahlgießprozess untersucht.

Abbildung 3: REM-Aufnahme eines Filtersteigs nach dem Impingementtest mit Stahl (Querschnitt)

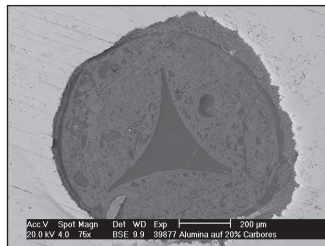


Abbildung 3: REM-Aufnahme eines Filtersteigs nach dem Impingementtest mit Stahl (Querschnitt)

M. Eng. Marcus Emmel



GEBURTSJAHR UND -ORT
Geboren 1985 in Neuwied

STUDIUM

- 04/2005 - 05/2009 Studium der Werkstofftechnik Glas und Keramik an der Fachhochschule Koblenz
- 10/2009 - 04/2011 Masterstudium der Keramik, Glas und Baustofftechnik an der TU Bergakademie Freiberg

PROMOTIONSTHEMA

Entwicklung von kohlenstoffgebundenen Filterwerkstoffen und Filterstrukturen mit aktiven und reaktiven Funktionshöhlräumen (TP A01)

DIE „NEUEN“ HABEN ES GESCHAFFT! ERSTE GIESSVERSUCHE MIT STAHLSCHELZE UND NEUARTIGEN FILTERN BEI 1600° C

Der erste Schock von 15 auf 1600° C wurde von den ersten kohlenstoffgebundenen Filtern problemlos weggesteckt. In den ersten gemeinsamen Gießversuchen im SFB 920 von Dipl.-Wirt.-Ing. Anja Stolle (Teilprojekt S03, Institut für Gießereitechnik) und M. Eng. Marcus Emmel (Teilprojekt A01, Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik) wurden die Prototypen neuartiger kohlenstoffgebundener Filter für die Stahlschmelzefiltration mit ca. 10 kg flüssiger Stahlschmelze beaufschlagt. Nach der Filtration erstarrte die Stahlschmelze zu Probekörpern. Diese werden in weiteren Teilprojekten des SFB 920 für metallographische und mechanische Untersuchungen genutzt und geben erste Anhaltspunkte zur Funktionstüchtigkeit und dem Filtrationswirkungsgrad der neuartigen Filterwerkstoffe und -strukturen. Neben der eigentlichen Filtrationsfunktion sind die Thermoschock-Eigenschaften der neuartigen Filter essentiell für deren Einsatz in der Metallschmelzefiltration. Bereits beim ersten Kontakt mit der heißen Metallschmelze, und damit in weniger als einer Sekunde, entscheidet sich der nachfolgende Filtrationsprozess.

Neben der richtigen Form und Größe des Filters ist ein geeignetes Gießmodell ausschlaggebend für die Qualität des Gießprozesses. Das Wissen erfahrener Gießer sowie die Modellierung des Gießprozesses helfen, die entsprechenden Gießsysteme richtig ausulegen. So können mit hoher Wahrscheinlichkeit so genannte lunkerarme Gussstücke erzeugt werden. Der Ausschluss von Lunkern ermöglicht den Werkstoffwissenschaftlern im Projektbereich C, bei Ermüdungs- und Belastungsversuchen die Ursache für das Versagen des Bauteils oder Werkstücks durch die Existenz nichtmetallischer Einschlüsse nachzuweisen. Bei der Auslegung der für den SFB 920 relevanten optimalen Gießform konnten die Erkenntnisse zum Gießprozess aus den ersten Gießversuchen bereits mit einfließen.

„Für zukünftige Gießversuche mit Stahlschmelzen, aber auch mit Aluminiumschmelzen, sind größere und mehrteilige Gießsysteme vorgesehen, bei denen mehr Metallschmelze in kürzester Zeit gefiltert werden kann.“, erläutert Dipl.-Wirt.-Ing. Anja Stolle. „Dann sind die thermomechanischen Eigenschaften der neuartigen Filterwerkstoffe und -strukturen deutlich stärker gefordert.“ Anja Stolle ist im Teilprojekt S03 für die Betreuung der Gießversuche in Stahl verantwortlich. Zusätzlich promoviert sie im SFB 920 zum Thema „Aktive und reaktive Filtration von Stahlschmelzen im Formguss“.

**Dipl.-Wirt.-Ing.
Anja Stolle**



GEBURTSJAHR UND -ORT

Geboren 1986 in Freiberg

STUDIUM

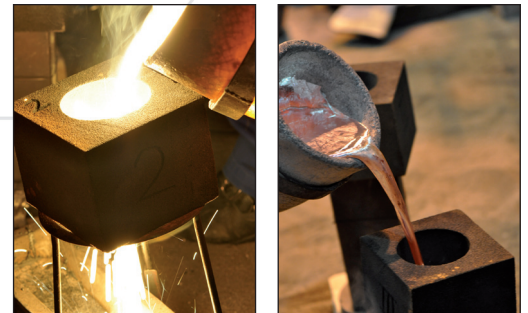
- 10/2005 - 03/2011 Studium des Wirtschaftsingenieurwesens an der TU Bergakademie Freiberg

PROMOTIONSTHEMA

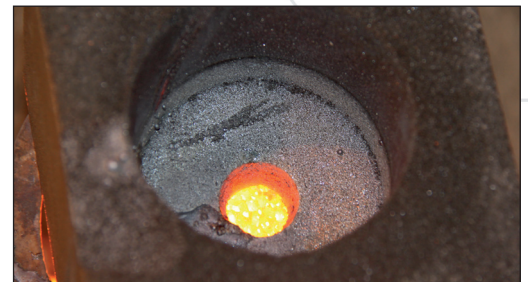
Aktive und reaktive Filtration von Stahlschmelzen im Formguss (TP S03)



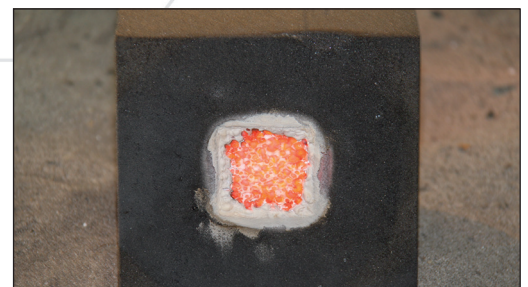
Gießversuch mit Stahlschmelze (1600° C) durch Herrn Schlesinger, Mitarbeiter des Gießerei-Institutes



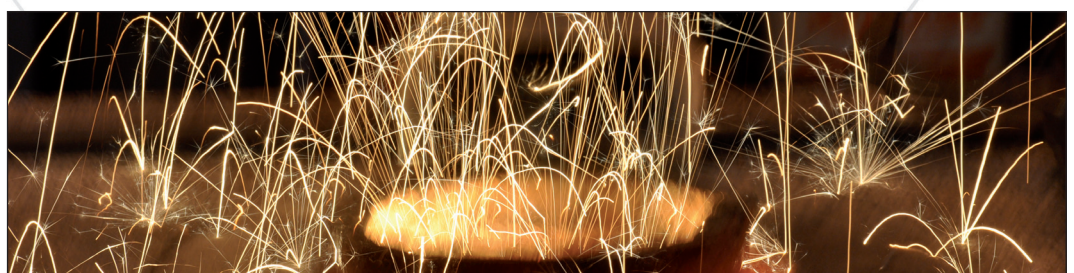
Stahlschmelze (links) und Aluminiumschmelze (rechts)



Unversehrter kohlenstoffgebundener Filter im Gießsystem nach der Stahlschmelzefiltration – Ansicht von oben



Unversehrter kohlenstoffgebundener Filter im Gießsystem nach der Stahlschmelzefiltration – Ansicht von unten

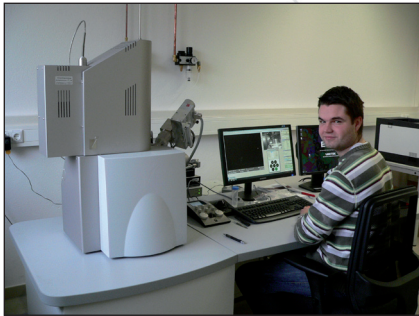


LEISTUNGSFÄHIGE GERÄTE FÜR DEN FORTSCHRITT

Für die Herstellung, Charakterisierung und Prüfung der neuen Filterwerkstoffe und Filterstrukturen spielen leistungsfähige Forschungsgeräte eine besondere Rolle. Zusätzlich zur Finanzierung durch die DFG übernimmt die TU Bergakademie Freiberg einen erheblichen Anteil dafür notwendiger Sachinvestitionen. So finanziert sie u. a. eine Hochtemperatur-Vakuum-Materialprüfmaschine mit Induktionsheizung, eine Ultraschall-Prüfmaschine und

ein Inversmikroskop mit automatisiertem Inspektionssystem für nichtmetallische Einschlüsse. Für die erste Projektphase stellt die TU Bergakademie Freiberg insgesamt knapp 1,7 Mio. Euro für das Forschungsvorhaben des SFB zur Verfügung.

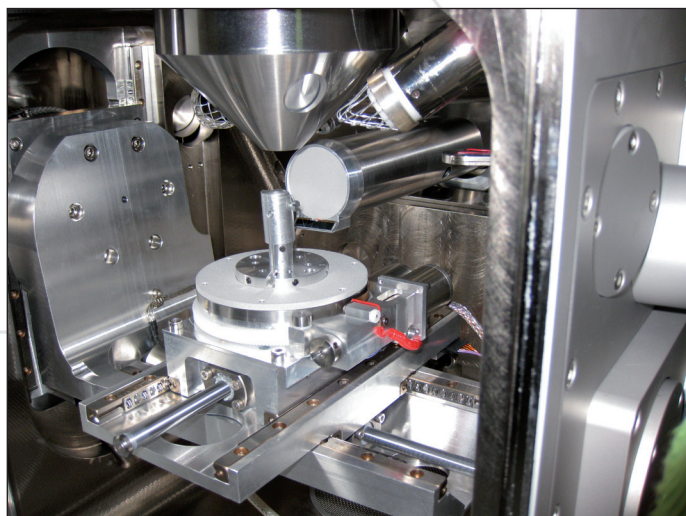
EIN EIGENES RASTERELEKTRONENMIKROSKOP AM IWT



MIRA 3 XMU (TESCAN Comp., Brno)

Seit Dezember 2011 verfügt das Institut für Werkstofftechnik (IWT) über ein eigenes Rasterelektronenmikroskop (REM). Die Beschaffung des hochauflösenden, analytischen REM mit Niedervakuummodus MIRA 3 der Firma TESCAN am Institut für Werkstofftechnik war notwendig geworden, da in nunmehr zwei Sonderforschungsbereichen – dem SFB 799 und dem SFB 920 – Struktur-Eigenschafts-Korrelationen im Fokus der wissenschaft-

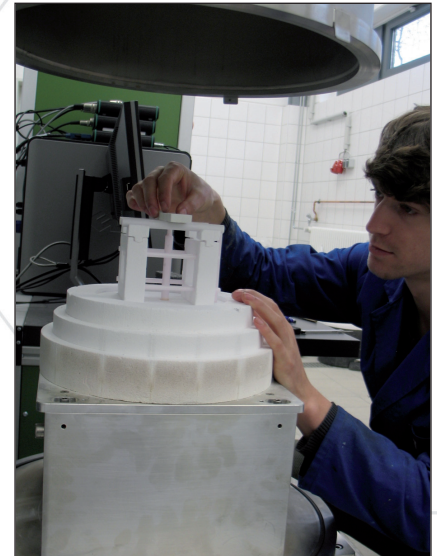
lichen Untersuchungen stehen, für die in hohem Maße hochauflösende Mikrostrukturuntersuchungen von essentieller Bedeutung sind. Das neue REM verfügt über sechs Detektoren: (1) einen Sekundärelektronendetektor, (2) einen Rückstreuelektronendetektor, (3) einen Transmissionslektronendetektor, (4) einen EDX-Detektor, (5) einen EBSD-Detektor und (6) einen zusätzlichen Sekundärelektronendetektor für den Niedrigvakuummodus. Diese Detektoren werden zur Signalanalyse und -auswertung genutzt. Darüber hinaus bietet die große Probenkammer die Möglichkeit zur Aufnahme einer in-situ Verformungseinrichtung, die es ermöglicht, Mikrostrukturveränderungen unmittelbar während der Beanspruchung zu untersuchen.



Blick in die Probenkammer

AUF DIE SCHWINGUNG KOMMT ES AN

Mit einer neuen Anlage zur Resonanzfrequenz- und Dämpfungsanalyse (RFDA) im Hochtemperaturbereich bis 1600° C können die Wissenschaftler des SFB 920 Werkstoffe und Bauteile zerstörungsfrei auf ihr Schwingungsverhalten untersuchen. Dabei ermöglicht ihnen die RFDA Aussagen zu den mechanischen und thermomechanischen Eigenschaften des Werkstoffes beispielsweise vor oder nach einer mechanischen und/oder thermischen Behandlung zu treffen. Durch das simple Anstoßen der Proben werden charakteristische Schwingungen im Werkstoff erzeugt. Dieser Zusammenhang wird durch den Unterschied im Klang einer angeschlagenen Porzellanprobe und einer Polymerprobe verdeutlicht. Die Betrachtung des E-Modulverlaufs in Abhängigkeit von der Temperatur lässt Rückschlüsse auf Vorgänge im Werkstoff, wie z. B. Phasenumwandlung oder Rissbildung, während des Einsatzes zu und gibt somit die Möglichkeit, entsprechende Optimierungsschritte einzuleiten. Zudem können Defekte gefunden werden ohne die Probe zu zerstören. „Das ist ein enormer Vorteil gegenüber der klassischen Ermittlung des E-Moduls. Bisher mussten die Proben bis zum Bruch belastet werden. Erst danach erfolgte die Analyse der Kraft-Dehnungs-Kurve. Zusätzlich ist es jetzt möglich, die



Dipl.-Ing. Jörn Werner, Doktorand im Graduierten Kolleg MGK, untersucht an der RFDA-Anlage eine Probe eines Filterwerkstoffes aus Aluminiumoxid

RFDA-Anlage in einer bestimmten Gasatmosphäre zu betreiben, um z. B. Oxidationsvorgänge an den Proben zu vermeiden.“, erklärt Dipl.-Ing. Jörn Werner, Doktorand im Graduiertenkolleg (MGK) des SFB 920.

Die Wissenschaftler nutzen eine wesentliche Besonderheit der Anlage: Sie ermöglicht die eindeutige Charakterisierung des thermomechanischen Verhaltens der im SFB 920 entwickelten Filterwerkstoffe bei Anwendungstemperatur. In seiner Doktorarbeit beschäftigt sich Jörn Werner mit dem „E-Modul feuerfester Werkstoffe“ und unterstützt dabei die Forschungsarbeiten zu den Filterwerkstoffen im Teilprojekt A01 und A02.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris
Sprecher des SFB 920
TU Bergakademie Freiberg
Institut für Keramik, Glas- und Baustoff-
technik
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 2505
Telefax: +49 3731 39 2419
E-Mail: aneziris@ikgb.tu-freiberg.de

Dr.-Ing. Undine Fischer
Geschäftsführung des SFB 920
TU Bergakademie Freiberg
Institut für Keramik, Glas- und Baustoff-
technik
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 3324
Telefax: +49 3731 39 2419
E-Mail: undine.fischer@ikgb.tu-freiberg.de

REDAKTION

Dipl.-Kffr. Elke Nikolai
TU Bergakademie Freiberg
Lehrstuhl für Unternehmensführung und
Personalwesen
Lessingstraße 45, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 3570
Telefax: +49 3731 39 3313
E-Mail: elke.nikolai@bwl.tu-freiberg.de

LAYOUT/GESTALTUNG

Julia Christine Schreiber
TU Bergakademie Freiberg
Lehrstuhl für Unternehmensführung und
Personalwesen
Lessingstraße 45, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 3570
Telefax: +49 3731 39 3313
E-Mail: julia-christine.schreiber@student.
tu-freiberg.de

FOTOS

TU Bergakademie Freiberg
SFB 920 „Multifunktionale Filter für die Me-
tallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero
Defect Materials“

AUSGABE: 01/2011

ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich

PUBLIKATIONEN

Teilprojekt A01

Aneziris, C. G. (2011): Multifunctional carbon bonded fil-
ters for metal melt filtration. 36th International Conference
and Exposition on Advanced Ceramics and Composites
(ICACC), 22.-27.01.2012 in Daytona Beach, FL (USA).

Emmel, M. (2011): Development of novel carbon bonded filter
compositions for advanced steel melt filtration. In: Ceramics
International. Eingereicht in 10/2011.

Teilprojekte B01, B02

Peuker, U. A.; Aneziris, C. G.; Trimis, D. (2011): Liquid Metal Fil-
tration – New Approaches. World Filtration Congress WFC11,
16.-20.04.2012 in Graz (Österreich). Eingereicht in 08/2011

Teilprojekt B03

Götze, P.; Skibina, V.; Wulf, R.; Emmel, M.; Groß, U.; Aneziris,
C. G. (2011): Determination of effective thermal conductivity
of open celled foam ceramics with the transient plane source
technique. 10th International Symposium on Ceramic Materials
and Components for Energy and Environmental Applications,
20.-23.05.2012 in Dresden und 23.-24.05.2012 in München.
Abstract angenommen.

Teilprojekt C01

Aneziris, C. G.; Gehre, P.; Kratschmer, T.; Berek, H. (2011):
Thermal shock behavior of flame-sprayed free-standing coat-
ings based on Al₂O₃ with TiO₂- and ZrO₂-additions. In: In-
ternational Journal of Applied Ceramic Technology, 8 (4), pp.
953-964.

Gehre, P.; Aneziris, C. G. (2011): EBSD- and CT-analyses for
phase evolution and crack investigations of thermal shocked
flame sprayed alumina and alumina-rich structures. In: Cera-
mics International, 37 (6), pp. 1731-1737.

Kratschmer, T.; Aneziris, C. G. (2011): Amorphous zones in fla-
me sprayed alumina-titania-zirconia compounds. In: Ceramics
International, 37 (81), pp. 181-188.

Kratschmer, T.; Aneziris, C. G.; Gruner, P. (2011): Mechanical
properties of flame sprayed free-standing coatings. In: Cera-
mics International, 37 (7), pp. 2727-2735.

Teilprojekt Z

Aneziris, C. G.; Fischer, U. (2011): Manche mögen es heiß:
Keramische Filterwerkstoffe als „Hochtemperatur Fliegenfän-
ger“ für die Metallschmelze-Filtration. In: Jahresmagazin Inge-
nieurwissenschaften, Fokus Werkstofftechnologie. Eingereicht
in 08/2011.

PATENTANMELDUNGEN

Teilprojekt A01

Keramische Filter für die Metallschmelzefiltration auf der
Grundlage gängiger Metallschmelze-Filtergeometrien und Ver-
fahren zu ihrer Herstellung, Patentanmeldung Nr. 10 2011 109
681.0.

Verfahren zur Herstellung kohlenstoffhaltiger und/oder kohlen-
stoffgebundener keramischer Metallschmelze-Filter, Patentan-
meldung Nr. 10 2011 109 682.9.

Keramische reaktive Filter für die Metallschmelzefiltration, Pa-
tentanmeldung Nr. 10 2011 109 684.5.

TERMINE

09.12.2011

2. Freiburger Feuerfestforum

15.12.2011

2. Doktorandentreffen mit Workshop

16.12.2011

3. Mitgliederversammlung

14.-15.03.2012

3. Doktorandentreffen mit Workshop

16.03.2012

4. Mitgliederversammlung

16.07.2012

4. Doktorandentreffen mit Workshop

17.07.2012

5. Mitgliederversammlung

KONFERENZEN

22.-27.01.2012

36th International Conference and Exposition on
Advanced Ceramics and Composites (ICACC),
Daytona Beach, FL (USA), Konferenzbeitrag von
Prof. C. G. Aneziris zum Thema "Multifunctional
carbon bonded filters for metal melt filtration".

16.-22.04.2012

11th World Filtration Congress (WFC 11), Graz
(Österreich), Konferenzbeitrag von Prof. U. A.
Peuker, Prof. C. G. Aneziris und Prof. D. Trimis
zum Thema "Liquid Metal Filtration - New Ap-
proaches".

20.-24.05.2012

10th International Symposium on Ceramic Ma-
terials and Components for Energy and Envi-
ronmental Applications (CMCee), Dresden/Mün-
chen, Konferenzbeitrag von P. Götze, V. Skibina,
R. Wulf, M. Emmel, Prof. U. Groß und Prof. C. G.
Aneziris zum Thema "Determination of effective
thermal conductivity of open celled foam cera-
mics with the transient plane source technique".
Abstract angenommen.