

SFB 920



Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials

NEWSLETTER

7 (2/2014)

DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

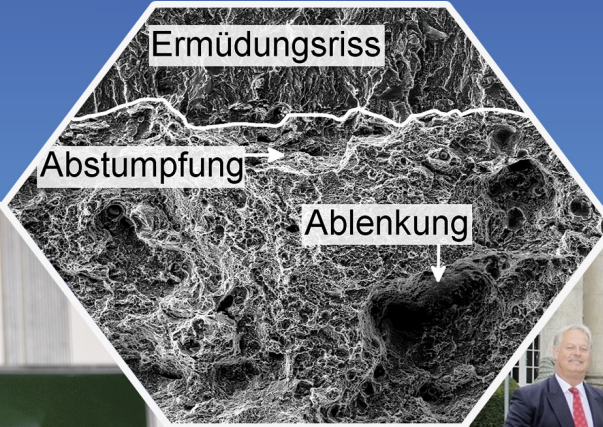


TECHNISCHE UNIVERSITÄT BERGAKADEMIE FREIBERG
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Ermüdungsriss

Abstumpfung

Ablenkung



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

koordinierte Forschungsvorhaben der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) wie ein Sonderforschungsbereich sind für die Grundlagenforschung von essenzieller Bedeutung, und das nicht nur in der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik. Dies gilt u.a. im Hinblick auf die Qualifikation und Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Themenbreite und Komplexität von Fragestellungen in einem Sonderforschungsbereich bieten attraktive Promotions-themen und interessante Möglichkeiten für eine vernetzte Arbeit vom ersten Tag an. Das Integrierte Graduiertenkolleg schafft zudem wesentliche Voraussetzungen, um Dissertationsvorhaben zügig und in hoher Qualität abzuschließen.

Im SFB 920 haben nun die ersten Doktoranden ihre Promotion erfolgreich abgeschlossen. Ein Nachwuchswissenschaftler wurde zudem für seine Arbeiten mit einer der wichtigsten Auszeichnungen auf dem Gebiet der Feuerfestforschung gewürdigt. Über diese und weitere Ereignisse informiert Sie die aktuelle Ausgabe unseres Newsletters. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

Viel Freude beim Lesen!

INHALT

Aktuelles aus dem SFB 920

Gemeinsame Herbstschule und internationale Gastwissenschaftler 2

Erster Doktorand des SFB 920 Preisträger des Gustav-Eirich-Preises 3

Aus den Arbeitsgruppen 4

Aus der Forschung

Funktionalisierungsansätze für aktive und reaktive Filtersysteme 6

Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse auf die dynamische Rissinitiierung 7

Aktuelle Publikationen 8

Termine und Impressum 10

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

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



GEMEINSAME HERBSTSCHULE UND INTERNATIONALE GASTWISSENSCHAFTLER

Auch in diesem Jahr folgten mehrere internationale Wissenschaftler der Einladung des Sonderforschungsbereichs 920 als Gastwissenschaftler. Die Experten aus Indien, der Ukraine und Tschechien boten Interessenten Seminare und Workshops an und unterstützen Forschungsarbeiten in verschiedenen Teilprojekten. Die Internationale Herbstschule des SFB 920 in Kooperation mit der schweizerischen EMPA gab Doktoranden des SFB 920 u.a. Gelegenheit, Ergebnisse der ersten Förderperiode des SFB zu präsentieren.

Unter dem Titel „Grenzflächendesign für die Werkstoffentwicklung als auch für die Funktionalität während der Anwendung“ waren am 6. November 2014 Doktorandinnen und Doktoranden zur **Internationalen Herbstschule der EMPA und des SFB 920** eingeladen. Die Veranstaltung wurde gemeinsam von Professor Christos G. Aneziris, Sprecher des SFB 920, und Professor Thomas Graule, Abteilungsleiter Hochleistungskeramik bei der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt EMPA (Schweiz) eröffnet.

Die Abteilung Hochleistungskeramik der EMPA, Dübendorf (Schweiz) unter Leitung von Professor Thomas Graule ist weltweit führend u.a. auf den Gebieten von Nanopartikeln und nanodispersen Systemen sowie keramischen Formgebungsverfahren und Kolloidchemie. Die EMPA ist eine interdisziplinäre Forschungs- und Dienstleistungsinstitution für Materialwissenschaften und Technologieentwicklung innerhalb des Kooperationsnetzwerkes der ETH Zürich.

Den ersten Teil der Veranstaltung gestalteten Vertreter der EMPA u.a. zu Anwendungsbereichen poröser Keramiken,



Foto: Professor Thomas Graule (EMPA, Schweiz)

zu verschiedenen Grenzflächenphänomenen sowie zur Generierung von Kompositen auf keramischer Basis.

Die Präsentationen des SFB 920 zeigten wichtige Forschungsergebnisse der drei Projektbereiche der ersten Förderperiode. Dr. Marcus Emmel zeigte aus dem Projektbereich „Filterwerkstoffe“ Ergebnisse zur Herstellung von Filtermaterialien für die Metallschmelzefiltration. Dipl.-Ing. Tilo Zienert präsentierte aus dem Projektbereich „Modellierung von Filterstrukturen und Filtersystemen“ Ergebnisse zur „Thermodynamik zwischen Filterwand und Einschluss“. Wichtige Erkenntnisse zu Materialeigenschaften der entwickelten Filterwerkstoffe und ihrer Filtereffizienz fasste Dipl.-Ing. Dominik Krewerth zusammen und zeigte Resultate zur Materialermüdung in metallurgischen Erzeugnissen durch Einschlüsse als Indikator der Filtereffizienz der entwickelten Werkstoffe und Systeme auf.

Die Internationale Herbstschule war gleichzeitig Höhepunkt einer Vortragsreihe **internationaler Gastwissenschaftler im SFB 920**. Vom 1. Juni bis 15. Juli 2014 weitete auf Einladung des SFB 920 **Professor Prabal Talukdar vom Indian Institute of Technology Delhi (Indien)** als Gastwissenschaftler an der TU Bergakademie Freiberg. Prof. Talukdar arbeitet auf dem Gebiet der Modellierung von Strahlungs- und Hochtemperaturphänomenen. Neben einem Gastvortrag zu seiner Forschung beteiligte er sich an Arbeiten im Teilprojektes B02 zur Beurteilung des volumetrischen Wärmeübergangskoeffizienten in porösen Medien bei sehr hohen Temperaturen und beliebigen Fluiden.



Foto: Professor Prabal Talukdar (Indian Institute of Technology, Delhi)

Vom 1. Juni bis 31. August 2014 begrüßte der SFB 920 **Dr. Liya Dreval von der Donbass State Engineering Academy in Kramatorsk (Ukraine)** als weitere Gastwissenschaftlerin. Frau Dr. Dreval ist Expertin für thermodynamische Modellierung und unterstützte in dieser Zeit die Forschungsarbeiten zur Bewertung des Systems Al-Fe-O im Teilprojekt A03 bei Frau Dr. Fabrichnaya. Für Doktorandinnen und Doktoranden bot Dr. Dreval u.a. ein Gastseminar zu kalorimetrischen Untersuchungen der Mischenthalpie in Legierungen sowie zu thermodynamischen Berechnungen des Systems Al-Fe-O an.

Die Analyse von Materialien mittels Röntgenpulverdiffraktometrie stand im Mittelpunkt eines Workshops, den **Dr. Zdeněk Matěj von der Karls-Universität Prag (Tschechische Republik)** im September 2014 für Doktoranden und Mitarbeiter des SFB hielt. Neben inhaltlichen Grundlagen umfasste der Workshop zudem eine Schulung zur Auswertungssoftware „MStruct“ am PC. ■

ERSTER DOKTORAND DES SFB 920 PREISTRÄGER DES GUSTAV-EIRICH-PREISES

Als erster Doktorand des SFB 920 hat Dr.-Ing. Marcus Emmel im Oktober 2014 seine Promotion erfolgreich abgeschlossen. Zuvor wurde ihm für seine wissenschaftlichen Arbeiten auf dem 57. Internationalen Feuerfestkolloquium in Aachen der Gustav-Eirich-Award verliehen. Damit würdigte die internationale Fachjury die wissenschaftlichen Arbeiten des Kandidaten zu neuartigen feuerfesten Filtermaterialien.

„Mit Auszeichnung“ schloss Dr.-Ing. Marcus Emmel am 8. Oktober 2014 seine Dissertation mit dem Titel „**Development of active and reactive carbon bonded filter materials for steel melt filtration**“ ab. Die Arbeit wurde von Prof. Christos G. Aneziris betreut.

Schwerpunkt der Arbeit war die Erforschung aktiver und reaktiver Filter im System $\text{Al}_2\text{O}_3/\text{MgO-C}$ für die Reduzierung von Einschlüssen in Stahlschmelzen. Erste innovative Filterwerkstoffe mit funktionalisierten Filteroberflächen auf Basis aktiver, keramischer Beschichtungen haben in Kombination mit maßgeschneiderten Druckverhältnissen selektiv Einschlüsse mit ähnlicher Chemie und Kristallsystemen in Stahlschmelzen bei $1600\text{ }^\circ\text{C}$ erheblich reduziert. Einen weiteren Beitrag leisteten reaktive Filteroberflächen, die mit den in den Schmelzen gelösten Gasen reagierten und damit auch Gasverunreinigungen weltweit erstmalig deutlich verringerten.

Die **3. CeIIMAT vom 22. bis 24.10.2014 in Dresden** präsentierte über 100 Vorträge zu neuen Erkenntnissen im Bereich zellulärer Materialien. Der SFB 920 war mit drei Beiträgen vertreten: Johannes Storm (B05), Claudia Voigt (A02) und Eric Werzner (B02) präsentierten ihre Forschungsergebnisse einem internationalen Publikum aus Forschung und Industrie.

Im Oktober 2014 war **Claudia Voigt Gast der Forschergruppe Materialien und Chemie der Forschungseinrichtung SINTEF in Trondheim/Norwegen, bei Frau Professor Merete Tangstad**. Die Forschergruppe verfügt über eine Versuchsanlage zur Messung des Be-

netzungswinkels auch unter hohem Vakuum sowie langjährige Erfahrungen mit entsprechenden Untersuchungen. Die im TP A02 getesteten Materialien stellen Messungen des Benetzungswinkels aufgrund der Oxidationsneigung von Aluminium vor besondere Herausforderungen. In Kooperation mit dem Kollegen in Trondheim konnten die notwendigen Messungen erfolgreich durchgeführt werden. ■

Noch vor Verteidigung seiner wissenschaftlichen Ergebnisse erhielt Dr. Emmel den **2. Preis des Gustav-Eirich-Award als Anerkennung für dessen wissenschaftliche Verdienste auf dem Gebiet der Feuerfesten Materialien**. Im Rahmen des 57. Internationalen Feuerfestkolloquiums im September 2014 in Aachen übergaben Dr.-Ing. Christoph Heynen von der Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH Hardheim und Prof. Peter Quirnbach vom ECREf European Center for Refractories gem. GmbH die Urkunde und das damit verbundene Preisgeld in Höhe von 2.000 Euro.

Der Gustav-Eirich-Award wird einmal pro Jahr von der Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH in Hardheim in Kooperation mit dem ECREf European Center for Refractories gem. GmbH als wissenschaftliche Einrichtung des Verbands der Deutschen Feuerfest-Industrie e.V. für hervorragende Leistungen an junge diplomierte oder promovierte Ingenieure



Foto: Dr. Marcus Emmel (2.v.r.) als ein Preisträger des Gustav-Eirich-Awards 2014 sowie Vertreter der Jury, Professor Peter Quirnbach (ECREF gGmbH) und Dr.-Ing. Christoph Heynen (Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH).

vergeben. Die Preisträger werden von einer internationalen Jury aus Vertretern der Wissenschaft und Wirtschaft mit einfacher Stimmenmehrheit ausgewählt.

Marcus Emmel ist seit 2011 als wissenschaftlicher Mitarbeiter im SFB 920 tätig. In dieser Zeit kann Marcus Emmel auf 15 Publikationen mit einer wissenschaftlichen Qualitätssicherung und zwei erteilte Patente auf dem Gebiet feuerfester Filtermaterialien verweisen. ■

WEITERE NEWS



Foto (v.l.n.r.): Claudia Voigt, Paolo Colombo (Universität Padua/Italien), Eric Werzner

AUS DEN ARBEITSGRUPPEN

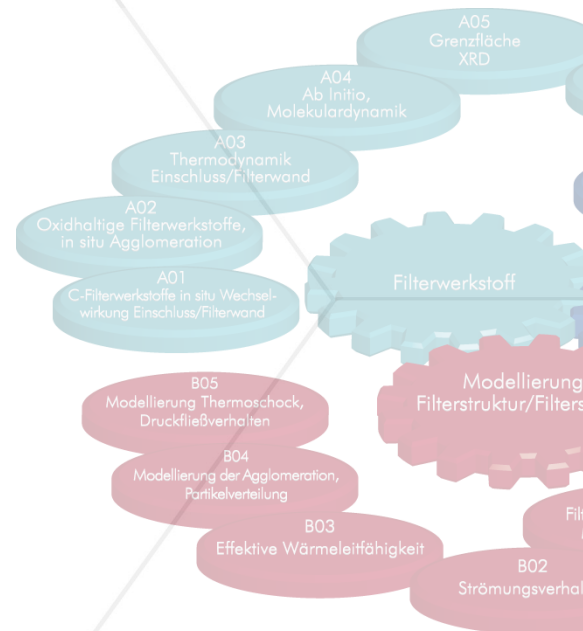
Die Forschungsarbeiten im SFB 920 werden von vier Arbeitsgruppen getragen. Sie sichern eine problemorientierte Arbeitsweise, eine enge Vernetzung der Teilprojekte und einen intensiven Austausch zwischen allen Beteiligten. Die Verantwortung zur Koordinierung der Arbeitsgruppen übernehmen Nachwuchswissenschaftler - ein aktiver Beitrag des SFB zur frühzeitigen Förderung junger Wissenschaftler in einer eigenständigen Arbeitsweise sowie von Team- und Führungsfähigkeiten.

Arbeitsgruppe 1: „Metallschmelze, Einschlüsse, aktiver/reaktiver Filterwerkstoff, Grenzflächendesign“ (Leitung: Dipl.-Ing. Tilo Zienert)

- Herstellung von Substraten und Durchführen von Benetzungsvorversuchen am Institut für Nichteisen-Metallurgie und Reinstoffe (TU Freiberg) und am SINTEF, Trondheim, Norwegen (A02),
- experimentelle Bestimmung der Wärmekapazität von η -AlFe; Berechnungen der Filterstabilität unter Gießbedingungen für die Aluminiumschmelzfiltration (A03),
- Berechnung der Wärmekapazität von η -AlFe mittels DFT (A04),
- Nachweis der in-situ $MgAl_2O_4$ -Spinell Schichtbildung auf der MgO -C/ Al_2O_3 -C-Filteroberfläche und auf Al_2O_3 -Agglomeraten sowie in Form von in-situ gewachsenen Whiskern im Volumen des Filters; Bildung von Sekundär- Al_2O_3 auf Al_2O_3 -C bei Kontakt mit Stahlschmelze im Schnellaufheizofen (A06),
- Durchführung von Tauch- und Durchströmungsversuchen mit düsenförmigen Keramikproben

im Stahlgussimulator, hierbei Bildung einer in-situ gebildeten Al_2O_3 -Schicht auf dem Al_2O_3 -C-Substrat mit scheinbar positiven Cloggingeigenschaften in Bezug auf endogene Al_2O_3 -Einschlüsse (C01),

- Versuchsdurchführung zur Bestimmung des volumetrischen Wärmeübergangskoeffizienten bei den Aluminium- und Stahlgießversuchen in Zusammenarbeit mit B03; erste Versuche mit dem Prefil-Footerprintersystem zur Charakterisierung der Aluminiumschmelzfiltration (S03),
- weitere Auswertung der bei Constellium durchgeführten Al-Guss LIMCA Versuche (A02, S03),
- Durchführung und Auswertung von Stahlinfiltrationsversuchen von Al_2O_3 -C Filtern mit Carbonnanotubes (CNT), (E. Storti, Ph.D.-Stipendiat, IKGB).



Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: Dipl.-Ing. Stefan Soltysiak)

- Arbeiten zur Homogenisierung von Materialeigenschaften am Beispiel der Kelvin-Zelle, insbesondere hinsichtlich der elastischen und plastischen mechanischen Eigenschaften der Struktur, sowie Bewertung der lokalen Spannungen innerhalb der Zelle zur Aufstellung von Versagensgrenz- bzw. minimalen Fließflächen (B05),
- Durchführung von Biegerelaxions-, Druckrelaxions- und Druckkriechversuchen; Versuchsreihe

zur Ermittlung von Abhängigkeiten der Kriecheigenschaften von der Temperatur in einem Bereich zwischen 800 °C und 1400 °C (C02),

- Durchführung von SPT-Versuchen und Druckversuchen an miniaturisierten Proben; Beschreibung einer Streuung der Materialeigenschaften bei Druckversagen anhand der Weibull-Theorie; Versuche bei 800 °C zur Zug- und Druckfestigkeit des Materials (C03).

Arbeitsgruppe 2: „Modellierung und Auslegung der Filtergeometrie“ (Leitung: Miguel Mendes, Ph.D.)

- Vergleich von Modellierungen aus TP B02 und experimentellen Ergebnissen des TP S03 hinsichtlich der Filtration von Metallschmelze in realen Filtern; Entwicklung numerischer Tools zur Vorhersage der Partikelverteilung und ihres Verbleibs an der Filterwand sowie zur Schätzung der Permeabilität und des volumetrischen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Filter (B02),
- experimentelle Untersuchungen zur Bewertung des volumetrischen Wärmeausdehnungskoeffizienten für keramische Filter (10, 20 und 30 ppi); Schätzung der effektiven Wärmeleitfähigkeit keramischer Schaumfilter bei hohen Temperaturen mittels TPS sowie bei Raumtemperatur (B03),
- Untersuchung der Morphologie von Agglomeraten von Aluminiumoxidpartikeln mittels QICPIC; Modifikation und Erweiterung von Populationsbilanzgleichungen für eine Berücksichtigung nicht-kugelförmiger Partikel (fraktale Strukturen) sowie turbulenter Bewegungen; Analyse der Trajektorien individueller Partikel für eine Berechnung von Agglomerationswahrscheinlichkeiten (B04),
- Erstellung eines Video-Films „VR-basierte visuelle Analyse von Filtrationsprozessen“ in der CAVE (S02, B02).

Arbeitsgruppe 4: „Mechanische Eigenschaften, metallische Werkstoffe, kritische Einschlüsse“ (Leitung: Dipl.-Ing. Dominik Krewerth)

- Herstellung von Probenmaterial mit spezieller Partikelverteilung am Stahlgussimulator für statische und dynamische Versuche (C01, C05),
- Inbetriebnahme des Vorlastrahmens an der Ultraschallermüdungsprüfmaschine für zusätzliche hochfrequente Ermüdungsversuche mit variablen Amplituden und unter Vorlast ($R > 0$) (C04),
- Tiefenätzung und Herauslösung der nichtmetallischen Einschlüsse aus der Stahlmatrix des Vergütungsstahles (G42CrMo4) zur Bestimmung der Einschlussmorphologie, der chemischen Zusammensetzung und des Aufbaus der Einschlüsse am REM mit kombinierten EBSD- und EDX-Messungen (C04, S01).

A06
Dynamische
Grenzschichtgenerierung

C01
Clogging, Metall-
schmelzesimulator

C02
Formstabilität
C-Filter

Filtereffizienz,
Materialeigenschaften

C03
Small Punch Test

C04
Ermüdung metallisches
Bauteil

C05
Zähigkeit metallisches
Bauteil

System

B01
Filtrationsmechanismen
Modellflüssigkeiten

ten

FUNKTIONALISIERUNGSANSÄTZE FÜR AKTIVE UND REAKTIVE FILTERSYSTEME

Autor: Marcus Emmel (Teilprojekt A01)

Ziel des Teilprojektes A01 ist die Erforschung neuer aktiver und reaktiver keramischer Filterwerkstoffe auf der Basis von kohlenstoffgebundenem Aluminiumoxid und kohlenstoffgebundenem Magnesiumoxid für die Stahlfiltration. Durch die gezielte Einstellung von Grenzflächenspannungen soll die Filtrationseffizienz deutlich gesteigert werden.

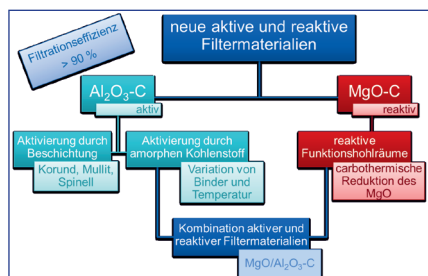


Abbildung 1: Schematischer Überblick der jeweiligen Filtermaterialien und Funktionalitäten

Als eines der Hauptziele der Arbeit des Teilprojektes wurde die Entwicklung kohlenstoffgebundener Alumina-Filter für die Stahlschmelzefiltration erreicht. Diese dienen als Substratmaterial für anschließende Funktionalisierungsprozesse im Rahmen der aktiven Filtersysteme (vgl. Abbildung 1). Über einen kalten Sprühauftrag wurden die Al_2O_3 -C-Filter mit einer Harzbeschichtung versehen, welche letztlich in einer Aktivierung über Erhöhung des amorphen Kohlenstoffgehalts resultierten. Die Applikation des Harzes führte zudem zur Infiltration der Poren, was sich wiederum in einer Verringerung der Gesamtporosität und folgerichtig in einer Erhöhung der Druckfestigkeit widerspiegelte. Die damit einhergegangene Erhöhung des E-Moduls führte jedoch auch zu einer merklichen Herabsetzung der Theroschockbeständigkeit. Daher wurde das Hauptaugenmerk auf unterschiedliche Verkockungstemperaturen (800 °C oder 1400 °C) gelegt, um zwischen amorphem, respektive kristallinem, Kohlenstoff variieren zu können. Dies führte zu vergleichbaren Filtermaterialien, deren mechanische Kennwerte nur gering voneinander abwichen, sodass sowohl Filter mit erhöhtem amorphem Kohlenstoffanteil als auch jene mit erhöhtem kristallinen Kohlenstoffgehalt ausreichende Theroschockbeständigkeiten aufwiesen.

zur Erhöhung der Druckfestigkeit. Das Ausmaß der Festigkeitssteigerung war dabei abhängig von der Sinteraktivität des jeweiligen Oxids. So wies der Al_2O_3 -beschichtete Filter die höchste Festigkeit auf, gefolgt von Spinell und Mullit. Als Folge der geringen Dicken der einzelnen Beschichtungen überstanden alle Beschichtungsmaterialien den Impingementtest unbeschadet (vgl. Abbildung 2).

Trotz der starken Hydratationsneigung des MgO und der damit verbundenen Brucit-Bildung ist es gelungen, wasserbasierte MgO-C-Beschichtungen auf Al_2O_3 -C-Substraten zu applizieren, was in ausreichend festen, reaktiven MgO-C-Filtern resultierte. Infolge der geringen Packungsdichte, größeren Partikeln und des ausgeprägteren Wärmeausdehnungskoeffizienten der Magnesia ließen sich lediglich forminstabile, niedrigfeste MgO-C-Filter herstellen, was die Einführung des Al_2O_3 -C/MgO-C-Schichtaufbaus bedingte.

Um letztlich beide Funktionalitäten in einem Filtersystem bereitzustellen und von der Volumenexpansion der in situ Spinellbildung zu profitieren, wurden Filter auf Basis von Al_2O_3 /MgO-C entwickelt. Diese Volumenexpansion führte zur teilweisen Überlagerung der Filterschwundung, welche sich negativ auf die Permeabilität der Filterstruktur gegenüber der Stahlschmelze auswirkt. Abschließend wurde eine Auswahl der eigens entwickelten Filter in Kollaboration mit der Industrie getestet. Im Zuge dessen konnte der Einfluss der Chemie des jeweiligen Filters auf die Filtration exogener Alumina- bzw. Spinellpartikel nachgewiesen werden. Dies bedeutet, je höher der Anteil des Aluminiumoxids an der Oberfläche, desto mehr nichtmetallische Einschlüsse werden abfiltriert (vgl. Abbildung 3). ■

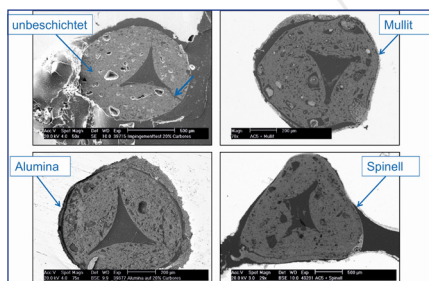


Abbildung 2: Querschnitt der oxidbeschichteten Filter nach dem Impingementtest

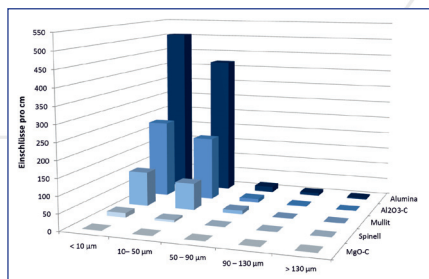


Abbildung 3: Anzahl abfiltrierter, exogener Alumina-Partikel als Funktion der Filterchemie

EINFLUSS NICHTMETALLISCHER EINSCHLÜSSE AUF DIE DYNAMISCHE RISSINITIIERUNG

Teilprojekt C05 erforscht die Rolle von Materialinhomogenitäten, besonders von Verunreinigungen in Form nichtmetallischer Einschlüsse, auf das Festigkeits-, Verformungs- und Versagensverhalten sowie gefügeabhängige Einflussgrößen, mit dem übergeordneten Ziel der Entwicklung schadenstoleranter Bauteile für Sicherheitsanwendungen.

Das Ziel des Teilprojekts C05 ist u.a. die Erforschung des Einflusses von Temperatur und Beanspruchungsgeschwindigkeit auf das Zähigkeitsverhalten des Vergütungsstahls G42CrMo4. Somit werden die Auswirkungen der nicht filtrierten nichtmetallischen Einschlüsse auf die Beanspruchbarkeit des Werkstoffs experimentell untersucht.

Die Charakterisierung des Einflusses nichtmetallischer Einschlüsse auf den Werkstoffwiderstand gegen Rissinitiierung und Rissausbreitung erfolgt in einem weiten Bereich der Temperatur und der Beanspruchungsgeschwindigkeit. Neben Untersuchungen bei quasi-statischer Versuchsdurchführung wurden dynamische Versuche bei Beanspruchungsgeschwindigkeiten von ca. $10^5 \text{ MPam}^{0,5}\text{s}^{-1}$ durchgeführt. Für diesen Geschwindigkeitsbereich kommt ein instrumentiertes Pendelschlagwerk zum Einsatz. Dabei wird eine angerissene Biegeprobe schlagartig beansprucht, sodass der Riss verlängert wird. Zur Bestimmung der Werkstoffzähigkeit wird üblicherweise der Verlauf der Kraft und der daraus abgeleiteten Durchbiegung genutzt. In den aktuellen Untersuchungen fand stattdessen eine laserbasierte Durchbiegungsmessung statt, sodass eine unabhängige Überprüfung der etablierten Versuchsmethodik möglich war (vgl. Abbildung 1). Es zeigten sich Unterschiede zwischen den verschiedenen Messmethoden, die mit unterschiedlichen Randbedingungen und der dynamischen Versuchsdurchführung erklärt werden können.

Anhand von Bruchflächenuntersuchungen konnte der negative Einfluss nichtmetallischer Einschlüsse auf den Werkstoffwiderstand deutlich gemacht werden. Die Abstumpfung der Rissspitze, die ein Maß für den Widerstand gegen Rissinitiierung ist,

wird durch Einschlüsse, die sich direkt an der Ermüdungsrissfront befinden, unterdrückt. Durch Einschlussansammlungen wird zudem die Richtung der stabilen Rissausbreitung deutlich beeinflusst. Die lokale Werkstoffschwächung führt zu einer Rissablenkung hin zum Einschlusscluster (vgl. Abbildung 2). Dadurch kommt es nicht nur zum ursprünglich angestrebten Rissöffnungsmodus I, sondern lokal auch zu einer Überlagerung mit den Moden II und III. Tiefe Temperaturen von -40 °C bewirken beim untersuchten Stahl selbst bei dynamischer Beanspruchung noch keine Versprödung. Erst bei einer Temperatur von -60 °C wurden geringe Anteile von Spaltbruch auf der Bruchfläche gefunden. Jedoch ist das Auftreten von Spaltbruchflächen nicht zwangsläufig mit dem Vorhandensein von nichtmetallischen Einschlüssen verknüpft. Abbildung 3 zeigt Spaltbruchflächen, die keine Verbindung zum Cluster aus nichtmetallischen Einschlüssen besitzen.

Zur umfassenden Bewertung des temperatur- und geschwindigkeitsabhängigen Zähigkeitsverhaltens sind weitere Versuche bei noch höheren Beanspruchungsgeschwindigkeiten vorgesehen. Aufgrund der Geschwindigkeitsversprödung des Stahls wird der Übergang vom zähen zum spröden Verhalten bereits bei höheren Temperaturen als -60 °C zu erwarten sein. Da es bei hochdynamischer Versuchsführung zusätzlich zu einer adiabatischen Erwärmung kommt, ist keine direkte Vorhersage des Risswiderstandes in Abhängigkeit der Beanspruchungsgeschwindigkeit möglich und der experimentelle Nachweis nötig. ■

Autor: Sebastian Henschel
(Teilprojekt C05)

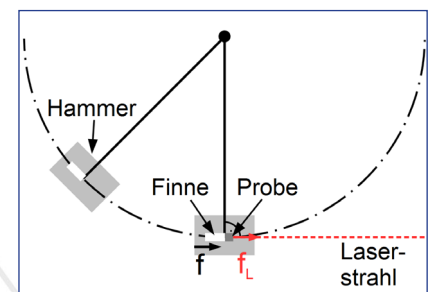


Abbildung 1: Schematische Darstellung des Pendelschlagwerks

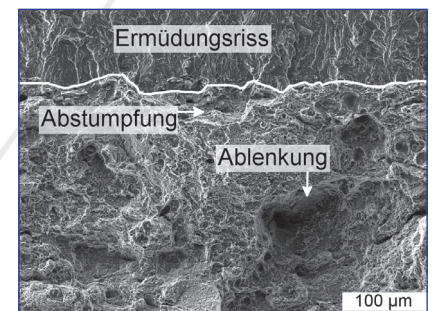


Abbildung 2: Rissablenkung durch Einschlusscluster (IG3-P3, -40 °C , $dK/dt = 1,1 \cdot 10^5 \text{ MPam}^{0,5}\text{s}^{-1}$)

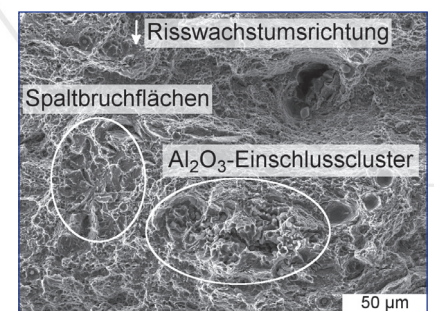


Abbildung 3: Spaltbruchflächen ohne Verbindung zum Einschlusscluster (IG3-P3, -60 °C , $dK/dt = 8,6 \cdot 10^4 \text{ MPam}^{0,5}\text{s}^{-1}$)

AKTUELLE PUBLIKATIONEN

Projektbereich A - Filterwerkstoffe**Teilprojekt A01**

Aneziris, C. G., Emmel, M., Dudczig, S. (2014): Functionalised Carbon Bonded Filters for Advanced Metal Melt Filtration. India International Refractories Congress 2014 - IREFCON 14, 15-18 January, 2014, Kolkata, India.

Aneziris, C. G., Emmel, M., Dudczig, S. (2014): A New Generation of Carbon Bonded Filters for Advanced Metal Melt Filtration. 13th International Ceramic Congress and 6th Forum on New Materials - CIMTEC 2014, June, 8-19, 2014, Invited Lectures, Code.-No.: C14/1700, accepted: 20.02.2014.

Emmel, M., Aneziris, C. G., Schröder, C. (2014): Ermittlung der Abscheidetendenz endogener, nichtmetallischer Einschlüsse gegenüber oxidischen Partikeln mittels konfokalem Laser-scanning-Mikroskop. DKG Jahrestagung, 24.-26. März 2014 in Clausthal-Zellerfeld, Germany.

Emmel, M., Sponza, F., Dudczig, S., Aneziris, C.G., Colombo, P. (2014): In situ Spinel Formation in Al_2O_3 -MgO-C Filter Materials for Steel Melt Filtration. *Ceramics International*. Vol. 40, Issue 8, Part B, September 2014, pp.13507-13513, DOI: 10.1016/j.ceramint.2014.05.033.

Teilprojekt A02

Voigt, C., Zienert, T., Schubert, P., Aneziris, C. G., Hubálková, J. (2014): Reticulated porous foam ceramics with different surface chemistries. *Journal of the American Ceramic Society*, Vol. 97, Issue 7, July (2014), pp. 2046-2053 (2014), DOI 10.1111/jace.12977.

Voigt, C., Fankhänel, B., Jäckel, E., Aneziris, C. G., Stelter, M., Hubálková, J. (2014): Effect of the filter surface chemistry on the filtration of aluminum. *Metallurgical and Materials Transactions B*, accepted: 14.10.2014, DOI 10.1007/s11663-014-0232-7.

Teilprojekt A03

Zienert, T., Dudczig, S., Fabrichnaya, O., Aneziris, C. G. (2014): Interface reactions between liquid iron and alumina-carbon refractory filter materials. *Ceramics International*, Manuscript-ID: CER19263, accepted: 02.10.2014, DOI 10.1016/j.ceramint.2014.10.004.

Teilprojekt A04

Amirkhanyan, J., Weissbach, T., Gruber, Th., Kortus, J., Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2014): Thermodynamic investigation of Al-Fe-Si intermetallic ternary phases: A Density - Functional Theory Study. *Journal of Alloys and Com-*

pounds. Vol. 598, 15 June 2014, pp. 137-141. DOI 10.1016/j.jallcom.2014.01.234.

Amirkhanyan, L., Weißbach, T., Kortus, J., Aneziris, C. G. (2014): On the possibility of hercynite formation in a solid state reaction at the Al_2O_3 -iron interface: A density-functional theory study. *Ceramics International*. Vol. 40, Issue 1, Part A, January 2014, pp. 257-262, DOI 10.1016/j.ceramint.2013.05.132.

Röder, C., Weißbach, T., Kortus, J., Himcinschi, C., Dudczig, S., Aneziris, C.G. (2014): Raman spectroscopic characterization of novel carbon-bonded filter compositions for steel melt filtration. *Journal of Raman Spectroscopy*. Vol. 45, Issue 1, January 2014, pp. 128-132, DOI 10.1002/jrs.4426.

Teilprojekt A05

Dopita, M., Emmel, M., Salomon, A., Rudolph, M., Metej, Z., Aneziris, C. G., Rafaja, D. (2014): Temperature evolution of microstructure of turbostratic high melting coal-tar synthetic pitch studied using wide-angle X-ray scattering method. *Carbon*, Ms.Ref.No.: CARBON-D-14-01088R2, accepted: 18.09.2014, DOI 10.1016/j.carbon.2014.09.058.

Teilprojekt A06

Salomon, A., Emmel, M., Dopita, M., Dudczig, S., Aneziris, C. G., Rafaja, D. (2014): Reaction mechanism between the carbon bonded magnesia coatings deposited on carbon bonded alumina and a steel melt. *Journal of the European Ceramic Society*, Ms.Ref.No.: JECS-D-14-00944R2, accepted: 21.09.2014, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2014.09.033.

Projektbereich B - Modellierung Filterstruktur/Filterssystem**Teilprojekt B01**

Heuzeroth, F., Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2014): Raster-Kraft-Mikroskopie zur Evaluation der Abscheideeffizienz bei der Metallschmelzefiltration. *Chemie Ingenieur Technik – Sonderheft „Aufbereitungstechnik“*, 86 [6] (2014), pp. 874-882, DOI 10.1002/cite.201300183.

Heuzeroth, F., Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2014): Wetting and its influence on the filtration ability of ceramic foam filters. *Particuology*, accepted: 03.06.2014, DOI 10.1016/j.partic.2014.06.001.

Heuzeroth, F., Peuker, U.A. (2014): Experimentelle Modellierung der Tiefenfiltration von Metallschmelzen durch ein wasserbasiertes Modellsystem, Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen „Mechanische Flüssigkeitsabtrennung“ und „Trocknungstechnik“ (Vortrag), 19.-21. Februar 2014, Karlsruhe.

Teilprojekt B02

Mendes, M. A. A., Ray, S., Trimis, D. (2014): Evaluation of Effective Thermal Conductivity of Porous Foams in Presence of Arbitrary Working Fluid. *International Journal of Thermal Science*, Vol. 79, May 2014, pp. 264-265. DOI 10.1016/j.ijthermalsci.2014.01.009.

Mendes, M. A. A., Ray, S., Trimis, D. (2014): An improved model for the effective thermal conductivity of open-cell porous foams. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Vol. 75, August 2014, pp. 224-230. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.02.076.

Mendes, M. A. A., Assad, A., Werzner, E., Götze, P., Ray, S., Trimis, D. (2014): Sensitivity Analysis of Effective Thermal Conductivity of Open-Cell Ceramic Foams Using a Simplified Model Based on Detailed Structure. 5th International Conference on Porous Media and Their Applications in Science, Engineering and Industry ICPM5, June 22-27, 2014, Kona, Hawaii, Eds, ECI Symposium Series, Vol. (2014), ECI Digital Archives.

Mendes, M. A. A., Skibina, S., Talukdar, P., Wulf, R., Trimis, D., Gross, U., Ray, R. (2014): Experimental validation of simplified conduction-radiation models for evaluation of effective thermal conductivity of open-cell metal foams at high temperatures. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 78, November 2014, pp. 112-120, DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2014.05.058.

Teilprojekt B03

Vijay, D., Götze, P., Wulf, R., Gross, U. (2014): Volumetric heat transfer determination for forced convection of air through alumina (Al_2O_3) foam. In: *International Heat Transfer Conference 15 (2014)*, IHTC-15, August 10-15, 2014, Kyoto, Japan, ed.: A. Bar-Cohen, N. Kasagi and H. Yoshida, ISBN 978-1-56700-421-2, IHTC 15-8769.

Götze, P., Vijay, D., Jäckel, E., Wulf, R., Gross, U. (2014): Experimental Determination of Convective Heat Transfer Coefficients During Molten Aluminum Purification Using Open-Cell Alumina (Al_2O_3) Ceramics. In: International Heat Transfer Conference 15 (2014), IHTC-15, August 10-15, 2014, Kyoto, Japan, ed.: A. Bar-Cohen, N. Kasagi and H. Yoshida, ISBN 978-1-56700-421-2, IHTC 15-9167.

Wulf, R., Mendes, M. A. A., Skibina, V., Al-Zoubi, A., Trimis, D., Ray, S., Gross, U. (2014): Experimental and Numerical Determination of Effective Thermal Conductivity of Open Cell FeCrAl-alloy Metal Foams. International Journal of Thermal Sciences, Vol. 86, December 2014, pp. 95-103, DOI 10.1016/j.ijthermalsci.2014.06.030.

Teilprojekt B04

Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2014): Particle adhesion on highly rough hydrophobic surfaces: The distribution of interaction mechanisms. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, Vol. 459, 5 October 2014, pp. 166-171, DOI 10.1016/j.colsurfa.2014.07.002.

Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2014): Wetting and adhesive forces on rough surfaces - An experimental and theoretical study. In: The 7th World Congress on Particle Technology (WCPT7), May 19-22, 2014, in Beijing, China. Procedia Engineering (2014), accepted: 16.10.2014.

Projektbereich C - Filtereffizienz, Materialeigenschaften

Teilprojekt C01

Werner, J., Aneziris, C. G., Schafföner, S. (2014): Influence of porosity on Young's modulus of carbon-bonded alumina from room temperature up to 1450°C. Ceramics International, Vol. 40, Issue 9, Part A, November 2014, pp. 14439-14445, DOI 10.1016/j.ceramint.2014.07.013.

Dudczig, S., Aneziris, C. G., Hubáľková, J., Schmidt, G., Berek, H. (2014): Characterization of carbon bonded alumina filters with active or reactive coatings in a steel casting simulator. Ceramics International, Vol. 40, Issue 10, Part B, 2014, pp. 16727-16742, DOI 10.1016/j.ceramint.2014.08.038.

Teilprojekt C03

Soltysiak, S., Abendroth, Kuna, M., Klemm, Y., Biermann, H. (2014): Strength of fine grained carbon-bonded alumina (Al_2O_3 -C) materials obtained by means of the small punch test. Ceramics International, Vol. 40 Issue 7, Part A, August 2014, pp. 9555-9561. DOI 10.1016/j.ceramint.2014.02.030.

Soltysiak, S., Selent, M., Roth, S., Abendroth, M., Hoffmann, M., Biermann, H., Kuna, M. (2014): High-temperature small punch test for mechanical characterization of a nickel-base super-alloy. Materials Science & Engineering A, Vol. 613, 8 September 2014, pp. 259-263, DOI 10.1016/j.msea.2014.06.105.

Soltysiak, S., Abendroth, M., Kuna, M. (2014): Determination of tension compression anisotropy of fine grained carbon bonded alumina by means of the small punch test and the miniaturized compression test. Proceedings of the 3rd International Conference SSTT 2014, 23.-25.09.2014, Seggau, Österreich, ISBN 978-80-260-6722-1.

Teilprojekt C04

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H. (2014): A comparative study on infrared thermography during ultrasonic fatigue testing of cast steel 42CrMo4 and cast aluminium alloy AlSi7Mg. Key Engineering Materials, Special Issue, Proceedings of MSMF7, 01-03 July 2013, Brno, Czech Republik. Vol. 592-593, 2014, pp. 501-504, DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.592-593.501.

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H. (2014): Fatigue crack initiation and damage mechanisms during ultrasonic fatigue testing of cast aluminium alloy AlSi7Mg. The 2nd International Symposium on Fatigue Design & Materials Defects, FDMD II, 11-13 June, 2014, Paris, France. In: MATEC Web of Conferences. Vol.12 (2014), p. 10005, DOI 10.1051/mateconf/20141210005.

Weidner, A., Krewerth, D., Biermann, H. (2014): Ermüdung bei sehr hohen Zyklenzahlen (VHCF). In: Moderne Methoden der Werkstofftechnik, Hrsg.: H. Biermann, I. Krüger, Wiley-VCH: Weinheim (2014), ISBN 978-3-527-33413-1.

Teilprojekt C05

Henschel, S., Krüger, L. (2014): Effect of non-metallic inclusions on the local mechanical behaviour of a G42CrMo4 casting. The 2nd International Symposium on Fatigue Design & Materials Defects, FDMD II, 11-13 June, 2014, Paris, France. In: MATEC Web of Conferences 12, p. 4007, DOI 10.1051/mateconf/20141204007.

Krüger, L., Trubitz, P., Henschel, S. (2014): Bruchmechanisches Verhalten unter quasi-statischer und schlagartiger Beanspruchung. In: H. Biermann und L. Krüger (Hg.): Moderne Methoden der Werkstoffprüfung, Weinheim: Wiley VCH, ISBN 978-3-527-33413-1.

Übergreifende Teilprojekte

Teilprojekt S01

Berek, H., Hubáľková, J., Aneziris, C. G. (2014): Röntgen-Tomografie. In: Biermann, H., Krüger, L. (Hrsg.): Moderne Methoden der Werkstoffprüfung, Wiley-VCH Verlag Weinheim, S. 353-385, ISBN 978-3-527-33413-1.

Teilprojekt S02

Lehmann, H., Jung, B. (2014): In-situ multi-resolution and temporal data compression for visual exploration of large-scale scientific simulations, The 4th IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization - LDAV 2014, November 9-10, 2014 Paris, France, accepted for presentation: 01.08.2014.

Teilprojekt Z

Fischer, U., Aneziris C. G. (2014): „Intelligente“ keramische Filter für höchstbeanspruchte Sicherheitsbauteile – Schlüssel für neue High-Tech Produkte der Zukunft. Dialog, Materialwissenschaften und Werkstofftechnik, Hrsg.: DGM, Ausgabe 3, Mai 2014, S. 10-15, ISSN 2193-3383. Ausgabe 2014.

Patenterteilungen

Aneziris, C. G., Emmel, M., Dudczig, S. Deutsches Patent 10 2011 109 684, „Stahl- oder Aluminiumschmelzfilter aus reaktiver Keramik“, Anmeldetag 08.08.2011, Patenterteilung am 26.02.2014.

Aneziris, C. G., Dudczig, S., Emmel, M.: „Keramische reaktive Filter für die Metallschmelzefiltration“, DE 102011109684 A1, Patenterteilung: 04.03.2014.

Aneziris, C. G., Dudczig, S., Emmel, M. Deutsches Patent, 10 2011 109 681, „Keramische Filter für die Metallschmelzefiltration auf der Grundlage gängiger Metallschmelze-Filtergeometrien und Verfahren zu ihrer Herstellung“. Patentanmeldung Nr. 10 2011 109 681.0, Patenterteilung 28.03.2014.

Aneziris, C. G., Gehre, P., Kratschmer, T.: Deutsches Patent, 10 2009 006 778, „Verfahren zur Herstellung eines thermoschock- und korrosionsbeständigen Keramikwerkstoffes auf Basis von Al_2O_3 - TiO_2 - ZrO_2 “. Patentanmeldung Nr. 10 2009 006 778.7, Patenterteilung 19.08.2014.

5. FREIBERGER FEUERFESTFORUM

Am 26. November 2014 findet zum fünften Mal das Freiburger Feuerfestforum an der TU Bergakademie Freiberg statt. Das Programm umfasst eingeladene Vorträge nationaler und internationaler Referenten zu aktuellen Entwicklungen in der Feuerfest-Forschung. Zu den Vortragenden gehören u.a. **Professor Farhad Golestani Fard (Iran University of Science and Technology), Anirban Dasgupta (Executive Director des Indian Refractory Makers Association) sowie Dr. Arup Ghosh (CSIR-Central Glass & Ceramic Research Institute, Indien)**. Aus der Industrie werden Professor Dr.-Ing. habil. Helge Jansen und Dr.-Ing. Thomas Schemmel (Refratechnik



Foto: Teilnehmer des 4. Freiburger Feuerfestforums im November 2013 an der TU Bergakademie Freiberg.

Steel) vortragen. Das Vortragsprogramm wird durch eine Vorstellung von Forschungsarbeiten aus dem Sonderforschungsbereich durch Dipl.-Ing. Steffen Dudczig, Dr. Marcus Emmel und Professor Christos G. Aneziris abgeschlossen.

Die Veranstaltung bildet den Rahmen für die Mitgliederversammlung des Vereins „MORE – Meeting of Refractory Experts Freiberg e.V.“ und die Tagung des DGM/DKG-Fachausschusses „Feuerfestwerkstoffe“. Im

Anschluss an das Vortragsprogramm werden Forschungsergebnisse aus dem Schwerpunktprogramm SPP 1418 „Feuerfest - Initiative zur Reduzierung von Emissionen“ und dem Sonderforschungsbereich 920 in einer Postersession vorgestellt. Das Feuerfestforum dient damit gleichzeitig der Information und Schulung von Doktorandinnen und Doktoranden des Sonderforschungsbereichs bzw. des Schwerpunktprogramms. Ein weiterer Höhepunkt wird die Verleihung des Theodor-Haase-Preises 2014 sein. Der Preis wird jährlich, in Erinnerung an den Freiburger Wissenschaftler Theodor Haase und sein Engagement für die Ausbildung von Silikattechnikern, durch den Verein „MORE Freiberg e.V.“ für hervorragende Abschlussarbeiten auf dem Gebiet der Feuerfest-Hochtemperaturanwendungen vergeben.



Foto: Das Freiburger Feuerfestforum ist eine wichtige Plattform - für einen intensiven Dialog zwischen Wissenschaft und Wirtschaft sowie zur Schulung junger Nachwuchswissenschaftler (im Bild v.l.n.r.: Fabian Heuzeroth und Dr. Milan Dopita).

Das Freiburger Feuerfestforum hat sich in kurzer Zeit zu einer wichtigen Plattform für einen Austausch zwischen Wissenschaft und Industrie auf dem Gebiet feuerfester Materialien etabliert. Dies wird u.a. durch eine wachsende Zahl von Teilnehmern aus dem In- und Ausland, aus der Wissenschaft sowie aus relevanten Industrien deutlich. ■

KONFERENZEN UND CALLS FOR PAPERS

5. Freiburger Feuerfestforum, 26.11.2014, Freiberg: weitere Informationen unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

14. UNITECR 2015, 15.-18.9. 2015, Wien, Österreich: Einreichung von Abstracts bis zum 24. November 2014, Information über Annahme der Abstracts bis zum 2. Februar 2015; weitere Informationen unter www.unitecr2015.org.

IMPRESSUM

HERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris
Sprecher des SFB 920
TU Bergakademie Freiberg
Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik
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 Baustofftechnik
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg
Telefon: +49 3731 39 3324
Telefax: +49 3731 39 2419
E-Mail: undine.fischer@ikgb.tu-freiberg.de

REDAKTION

Prof. Dr. habil. Anja Geigenmüller
TU Ilmenau
Fakultät Wirtschaftswissenschaften & Medien
Fachgebiet Marketing
Helmholtzplatz 3, 98693 Ilmenau
Telefon: +49 3677 69 4085
Telefax: +49 3677 69 4223
E-Mail: anja.geigenmueller@tu-ilmenau.de

FOTOS

TU Bergakademie Freiberg, SFB 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero Defect Materials“, Detlev Müller

AUSGABE: Nr. 7, Heft 02/2014

ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich

