



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Die Entwicklung neuer Werkstoffe erfordert die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern über Disziplingrenzen hinweg, um Erkenntnisse aus verschiedenen Wissenschaftsbereichen zielgerichtet zusammenzuführen. Der SFB 920 veranstaltete erstmals einen Workshop zu Fragen der Strukturmechanik und der stochastischen Geometrie von Schaumstrukturen. Daraus sollen wichtige Impulse für die Entwicklung neuer Filterwerkstoffe und Filtersysteme unter Nutzung von Schaumkeramiken entstehen.

Dieser Workshop sowie weitere Veranstaltungsangebote des Integrierten Graduiertenkollegs unterstützten das gemeinsame Anliegen des SFB, Nachwuchswissenschaftler im Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik fachlich und methodisch optimal zu unterstützen und sie zu einem interdisziplinären Dialog zu befähigen. Über diese und weitere Aktivitäten, Ergebnisse und nächste Arbeitsschritte informiert Sie die aktuelle Ausgabe unseres Newsletters. Weitere Informationen finden Sie auf unserer Homepage unter <http://sfb920.tu-freiberg.de>.

Viel Freude beim Lesen!

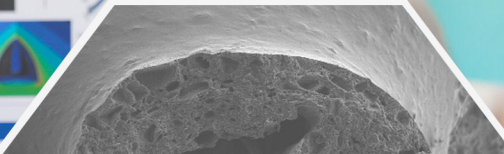
Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris
Sprecher des SFB 920

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

INHALT

Aktivitäten des Integrierten Graduiertenkollegs	2
Aktuelles aus dem SFB 920	
<i>Neue Impulse für interdisziplinäre Forschung</i>	3
<i>Aus den Arbeitsgruppen</i>	4
Aus der Forschung	
<i>Dynamische Grenzschichtenerzeugung mittels Spark Plasma Sintern</i>	6
<i>Mechanische Eigenschaften kompakter kohlenstoffgebundener Al₂O₃-C-Filterwerkstoffe</i>	7
<i>Werkstoffuntersuchungen mittels Small Punch Test (SPT)</i>	8
Aktuelle Publikationen	9
Termine und Impressum	10

...inhard Kuna, Institut für Mechanik und Fluid...
...szähigkeit Filterwerkstoffe...
...ng der temper... und schädig...
...schaften keram... Hilfe des HT...
...en und Zielsetz...



VIELSEITIGES ANGEBOT ZUR SCHULUNG UND QUALIFIKATION

Umfassende Schulung und Qualifikation der Doktorandinnen und Doktoranden des SFB 920 sind wichtige Anliegen des Integrierten Graduiertenkollegs. Auf diese Weise soll Nachwuchswissenschaftlern eine strukturierte, zügige und qualitativ hochwertige Promotion ermöglicht werden. Dieses Anliegen unterstützte ein vielseitiges Programm aus Vorträgen und Workshops mit Gästen aus Wissenschaft und Industrie. Im Mittelpunkt standen sowohl Fachthemen als auch promotionsrelevante Fähigkeiten.

Im Rahmen des 7. Doktorandentreffens im Juni 2013 begrüßte der SFB 920 **Prof. Charles E. Semler**, früherer Vizepräsident der American Ceramic Society und Vorsitzender des Bereichs feuerfester Werkstoffe der ACerS. Sein Vortrag widmete sich Grundlagen und Fortschritten im Bereich feuerfester Werkstoffe für die Stahlindustrie.



Foto (v.l.n.r.): Prof. Charles E. Semler, Prof. Christos G. Aneziris, Prof. Subhashis Ray, Eric Werzner.

Darüber hinaus waren die Doktoranden des SFB 920 zu zwei Vorträgen zum

Ermüdungsverhalten metallischer Werkstoffe eingeladen. Auf Initiative des Sonderforschungsbereichs 799 „TRIP-Matrix-Composite“ stellte Professor Masao Sakane von der Ritsumeikan-Universität Kyoto aktuelle Forschungsarbeiten dazu vor.

Dr. Peter Nold von der Firma Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co. KG in Hardheim leitete einen Workshop zu Grundlagen der Aufbereitung keramischer Materialien. Unter dem Titel „Mischen, Granulieren, Coaten, Plastifizieren und Verschlickern in der Keramischen Industrie“ ging er auf technologische und wirtschaftliche Erfordernisse an Aufbereitungsverfahren ein und demonstrierte den Einfluss von Mischwerkzeugen und Werkzeuggeschwindigkeiten auf die Mischgüte und damit mittelbar auf relevante Eigenschaften eines keramischen Materials.



Foto: Dr. Peter Nold (Mitte), mit Dominik Krewerth (li) und Christiane Biermann (re.)

Des Weiteren beinhaltete das Schulungsprogramm des SFB 920 eine Veranstaltung zum wissenschaftlichen Arbeiten. **Prof. Broder Merkel**, Vertrauensdozent der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) an der TU Bergakademie Freiberg, widmete seinen Vortrag den „Regeln guter wissenschaftlicher Praxis“. Die Auseinandersetzung mit diesen Grundlagen wissenschaftlichen Arbeitens soll helfen, wissenschaftliches Fehlverhalten zu vermeiden. ■

STIPENDIATEN ZU GAST IM SFB 920



Foto: SFB-Mitarbeiter Steffen Dudczig (mi.) mit den PhD-Stipendiaten Ashish Pokhrel (li.) und Enrico Storti (re.)

Stipendien des SFB 920 und des DAAD im Rahmen des RISE-Programms ermöglichen Doktoranden und Masterstudenten aus vier Ländern einen Forschungsaufenthalt im Sonderforschungsbereich. **Enrico Storti aus Italien** und **Ashish Pokhrel aus Nepal** absolvieren noch bis zum Frühjahr 2014 einen jeweils 12-monatigen Forschungsaufenthalt in den Teilprojekten A01 und A02. Dig Vijay (Indien) und Jorge René Gavidia Alas (Kanada) haben ihren Aufenthalt vor kurzem erfolgreich beendet. Sie waren in das Teilprojekt B03 eingebunden.

Über das ERASMUS-Programm „Lifetime Learning Programme: Erasmus Stu-

dent Mobility for Placements 2012/2013“ wurde dem Masterstudenten **Francesco Sponza von der Università di Padova (Italien)** ein Aufenthalt im SFB 920 ermöglicht. Er wird noch bis Ende November praktische Arbeiten zu seiner Masterarbeit im Rahmen des SFB 920 durchführen.

Stipendien für Doktoranden und Masterstudenten sind eine wichtige Maßnahme des SFB, um ausländische Nachwuchswissenschaftler in Forschungsarbeiten zu integrieren und die internationale Vernetzung der Doktoranden des SFB 920 zu erhöhen. ■

NEUE IMPULSE FÜR INTERDISZIPLINÄRE FORSCHUNG

Die Entwicklung neuer Werkstoffe erfordert die Zusammenarbeit von Wissenschaftlern über Disziplingrenzen hinweg. Ein Workshop des SFB 920 führte nun erstmals Experten der Strukturmechanik und der stochastischen Geometrie zusammen. Gemeinsam diskutierten sie Wege zu einer besseren Analyse und Modellierung von Schäumen.

Sie begegnen sich eher selten: Experten der Strukturmechanik, die sich mit der mechanischen Modellierung von Festkörpern befassen, und Wissenschaftler, die über Methoden verfügen, zufällige geometrische Strukturen mathematisch zu beschreiben und zu analysieren. Doch gerade für die Entwicklung moderner Werkstoffe sind Erkenntnisbeiträge aus beiden Disziplinen überaus wertvoll.

Vor diesem Hintergrund fand im August 2013 auf Einladung des SFB 920 und des Instituts für Mechanik und Fluidodynamik der TU Bergakademie Freiberg ein internationaler „Workshop on the mechanical modeling of random open cell foams“ statt. Der Einladung folgten fünf hochkarätige Wissenschaftler aus dem In- und Ausland: **Prof. Martin Ostoja-Starzewski** (Universität Illinois/USA), **Prof. Andrew Kraynik** (derzeit COFUND Senior Research Fellow an der Universität Durham/GB), **Prof. Stelios Kyriakides** (Universität Texas, Austin/USA), **Prof. Claudia Redenbach** (TU Kaiserslautern, Deutschland) sowie **Prof. Dietrich Stoyan** (TU Bergakademie Freiberg).

Im Mittelpunkt der Vorträge standen zum einen Ansätze zur Modellierung of

fenzelliger Schaumstrukturen und zum anderen Wege zu einer mathematischen Erfassung ihrer geometrischen Eigenschaften. Schaumstrukturen spielen in der Forschung des SFB 920 eine herausragende Rolle: Ein intelligentes Design von Schaumkeramikmakrostrukturen soll die Filterung nicht-metallischer Einschlüsse aus Metallschmelzen verbessern und damit die Qualität metallurgischer Erzeugnisse deutlich erhöhen. Dazu ist ein tieferes Verständnis notwendig, inwiefern sich geometrische Eigenschaften der Schaumkeramiken auf deren Verhalten, z.B. unter thermischer oder mechanischer Last, auswirken. Für ein gezieltes Design ist eine Modellierung und damit eine Vorhersage des Zusammenhangs zwischen Struktur und Eigenschaften der neuen Filterwerkstoffe von größtem Interesse.

Der Workshop und insbesondere die Podiumsdiskussion mit allen Teilnehmern ist ein erster Schritt, Erkenntnisse aus verschiedenen wissenschaftlichen Gebieten zusammenzuführen und damit neue Impulse für die Forschung im SFB 920 zu setzen. Diese Art des interdisziplinären Austauschs soll daher in der Zukunft fortgesetzt werden. ■



Foto: Referenten und Teilnehmer des Workshops (v.l.n.r.: Tors-ten Sieber, Prof. Kraynik, Prof. Redenbach, Dr. Abendroth, Prof. Ostoja-Starzewski, Prof. Kyriakides, Johannes Storm)



Foto: Prof. Dietrich Stoyan, in der Diskussion mit Referenten



Foto: Podiumsdiskussion mit den Referenten und Teilnehmern des Workshops

Was hat Sie zur Teilnahme an diesem Workshop motiviert?

Prof. Kraynik: Unser Ziel war es, unsere Erkenntnisse zu Schäumen und Schaumstrukturen mit den Wissenschaftlern des SFB 920 auszutauschen.

Welche Herausforderungen sehen Sie in der Entwicklung neuartiger Filterwerkstoffe?

Prof. Kyriakides: Die Forschung in diesem Sonderforschungsbereich ist hochgradig interdisziplinär. Sie erfordert sowohl natur- als auch technikwissenschaftliche Erkenntnisse. Dieser

Workshop hat mehrere dieser notwendigen Schnittstellen aufgezeigt, wie auch die Notwendigkeit einer funktionierenden Kommunikation innerhalb interdisziplinärer Teams.

Prof. Ostoja-Starzewski: Hinzu kommen gewaltige Neuerungen in der Computertechnologie. Methoden wie die Computertomographie werden die Erforschung von Struktur-Eigenschaftsbeziehungen von Werkstoffen weiter fördern.

Welchen Eindruck haben Sie von unserem Sonderforschungsbereich gewonnen?

Prof. Kraynik: Der SFB verfolgt ein ehrgeiziges

Ziel. Ich möchte die Mitarbeiter des SFB ermutigen, ihre Forschung weiterhin zielstrebig zu verfolgen.

Prof. Kyriakides: Mich beeindruckt die Arbeit des SFB sehr, insbesondere die Art und Weise, wie Forschungsprobleme gemeinsam angegangen werden.

Prof. Ostoja-Starzewski: Die Teilnahme an diesem Workshop war für mich eine besondere Erfahrung. Die intensiven Diskussionen mit allen Beteiligten waren für mich hochinteressant.

AUS DEN ARBEITSGRUPPEN

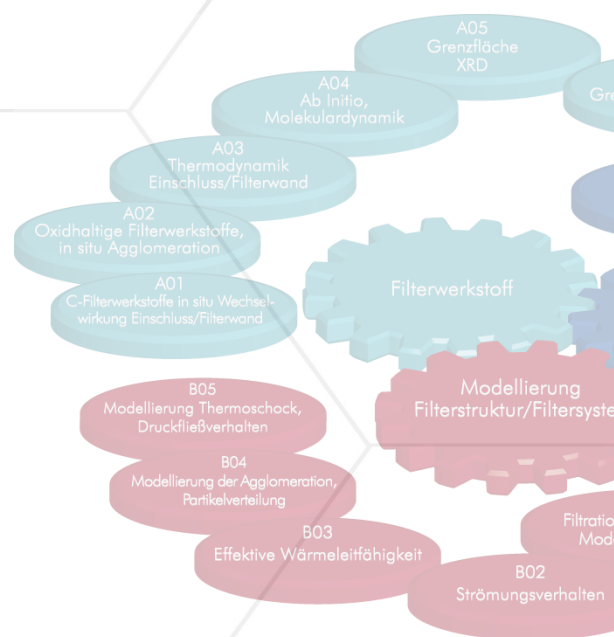
Die Forschungsarbeiten im SFB 920 werden von vier Arbeitsgruppen getragen. Sie sichern eine problemorientierte Arbeitsweise, eine enge Vernetzung der Teilprojekte und einen intensiven Austausch zwischen allen Beteiligten. Die Verantwortung zur Koordinierung der Arbeitsgruppen übernehmen Nachwuchswissenschaftler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

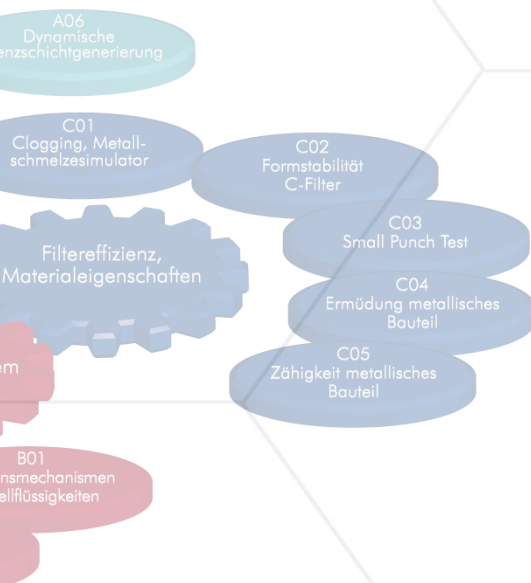
Arbeitsgruppe 1: „Metallschmelze, Einschlüsse, aktiver/reaktiver Filterwerkstoff, Grenzflächendesign“ (Leitung: Dipl.-Ing. Tilo Zienert)

- Durchführung von Experimenten am Metallgusssimulator (C01) unter Verwendung unbeschichteter Filter und Filter aus 100% Kohlenstoff; erfolgreicher Test einer neuen Methode der Kontrolle des Sauerstoffgehaltes in der Schmelze zur Erzeugung endogener Einschlüsse,
- Untersuchung der räumlichen Verteilung keramischer Einschlüsse im Stahl unter Verwendung von Proben aus den Industriegussversuchen (A01) zur Ableitung der Filtrationseffizienz,
- Bestimmung der Thermoschock-eigenschaften der Filter mit aktiver Beschichtung und Test dieser Filter im Laborgießversuch und in der Industrie (S03, A02),
- Charakterisierung der abgegossenen Filter mit Hilfe von REM-Untersuchungen (A02); Analyse des abgegossenen Aluminiums mit Hilfe der Prefil-Methode (S03, A02),
- Herstellung spezieller Filtergeometrien mit einer Porengröße von 30 und 40 ppi für weitere Abgussversuche in der Industrie (A02, S03),
- Verknüpfung der berechneten Wärmekapazitäten im System Al-Fe-Si (A04) mit den experimentellen Daten (A03); Start weiterführender Berechnungen mittels DFT-Methode im System Al-Fe (A04); Abschluss erster Messungen der Wärmekapazität intermetallischer Phasen im Al-Fe-System (A03),
- Untersuchung der mittels SPS-erzeugten Grenzflächen zwischen der Legierung A356 und Beschichtungen auf Basis von Al_2O_3 , SiO_2 und TiO_2 (A06),
- Strukturuntersuchungen an verschiedenen Kohlenstoff-basierten Materialien wie Ruß, Graphit, Carbores und Harz im verkockten Zustand (A05).

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

- Untersuchungen zum Einfluss von Prozessbedingungen, Benetzungsverhalten der Partikel sowie der Filteroberfläche auf die Filtrationseffizienz (B01),
- Vorhersage der Filtereffizienz durch 3D-Simulationen der Strömung und des Partikelverhaltens unter Nutzung sowohl detaillierter als auch einfacher Ansätze für unstete Strömungsfuktuationen (B02),
- Untersuchung der effektiven Wärmeleitfähigkeit keramischer Filter bei Umgebungstemperatur bzw. unter Hochtemperaturbedingungen (B02, B03),
- Experimentelle Untersuchung des konvektiven Wärmeübergangskoeffizienten von Filterschäumen; Erfassung kompakter Materialeigenschaften von Filterschäumen (B03),
- Validierung eines stochastischen Modells für die Formenverteilung primärer Partikel und Agglomerate unter Nutzung von Messungen aus QUI-PIC-Experimenten; Messungen zur Stabilität von Agglomeraten mittels Rasterkraftmikroskop (B04),
- Untersuchung der effektiven Wärmeleitfähigkeit, des elastischen sowie des inelastischen Verhaltens des repräsentativen Volumenelements einer Filterstruktur (B05),
- Analyse geometrischer Parameter von Filterschaumstrukturen, Messung und numerische Vorhersage relevanter Eigenschaften von Filterschäumen unter Nutzung verschiedener Ansätze zur Generierung von Filterschaumgeometrien (B02, B03, B05).





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

- Herstellung verschiedener Gussplatten aus Aluminiumlegierung und Stahl unter Nutzung unterschiedlicher Filtermaterialien inklusive Referenzmaterialien (A01, A02, S03),
- Probenentnahme und Durchführung statischer und zyklischer Versuche zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften und des Ermüdungsverhaltens der metallischen Werkstoffe (C04, C05),
- Festlegung benötigter metallographischer Parameter für die Simulation mit punktstatistischen Methoden (S01, C04, C05),
- stochastische Auswertung und Simulation der Partikelverteilungen verschiedener Stahlgussplatten (S01, C04),
- Bestimmung des Filtrationswirkungsgrades der verschiedenen Filter durch metallographische und stochastische Analyse der Partikelverteilungen im Angußsystem (S01, C04),
- Herstellung von i) Sintertabletten und ii) umgeschmolzenen Sintertabletten mit nachfolgender HIP-Behandlung zur Validierung alternativer Herstellungsrouten (C04, C05),
- erfolgreiche HIP-Behandlung der Stahlplatten zur Reduzierung der Schwindungsporosität (C04),
- Einbringung von Verunreinigungen in Aluminium-Modellschmelze durch den Einsatz oxidierter Späne (S03),
- Einsatz des PREFIL-Verfahrens für Aluminium zur Bestimmung des Gesamtgehalts an nichtmetallischen Einschlüssen (A02, S03),
- Einbringung von Verunreinigungen in Aluminium-Modellschmelzen durch Verwendung von Aluminium-Recyclingmaterial und Einsatz einer Kupferkokille (S03, S01, C04).

Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: Dipl.-Wirt.-Ing. Yvonne Klemm)

- Beschreibung der Größenverteilung von Al_2O_3 -Partikeln bei der modellhaften Filtration in Wasser (in B02) und der Bewegung der Partikel um ein Hindernis (Säule) (in B01) (B04),
- Ansätze zur Simulation des mechanischen bzw. thermomechanischen Verhaltens deterministischer Schaumstrukturen und damit Gewinnung von Daten für die Materialmodellierung (Spannungsrelaxation, Druckfließen) (in C02); Bau einer weiteren Small-Punch-Testanlage mit der Möglichkeit für HT-Kriechversuche (B05, C03),
- Durchführung von ersten Druck- und Biegetests bei 1.500°C an der neuen Vakuum-Materialprüfmaschine, Optimierungen hinsichtlich der Probengeometrie und der Temperaturmessung notwendig (C02),
- HT-Small-Punch-Tests an $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ (20 Ma.% Carbores) bei 800°C und demnächst auch bei 1.000°C (C03).

DYNAMISCHE GRENZSCHICHTENERZEUGUNG MITTELS SPARK PLASMA SINTERN

Autor: Anton Salomon
(Teilprojekt A06)

Um eine effektive Nutzung der Metallschmelzefilter zu erreichen, müssen die Grenzflächenreaktionen von Metallschmelzen mit den aktiven und reaktiven Filterkeramiken verstanden und beherrscht werden. Im Teilprojekt A06 des SFB 920 wird das sogenannte Spark Plasma Sintern (SPS) zur Erzeugung dieser Grenzflächen unter strömungsfreien Bedingungen verwendet.

Der SPS/FAST-Prozess wurde zur Verdichtung pulvermetallurgischer Proben entwickelt. In den letzten Jahren entwickelte er sich zu einem Sinterverfahren, das zum Kompaktieren fast aller Materialien verwendet wird. Beim SPS wirken gleichzeitig mechanischer Druck und gepulster elektrischer Gleichstrom, welcher für die Joulesche Erwärmung der Probe (im Fall eines elektrisch leitfähigen Pulvers) und der meist aus Graphit hergestellten Sinterwerkzeuge (siehe Abb. 1) sorgt.

Die Anwendung des SPS für die Erzeugung von Metallschmelzen ist ein neue Herangehensweise, die (i) extrem hohe Aufheizraten von bis zu $1500 \text{ K} \cdot \text{min}^{-1}$ und eine schnelle Abkühlung, (ii) das Aufschmelzen in verschiedenen Atmosphären (Vakuum oder Inertgas), (iii) präzise Temperaturkontrolle und (iv) variable Haltezeiten zwischen Sekunden und Stunden ermöglicht. Das SPS-Schmelzverfahren kann also so gewählt werden, dass es den Bedingungen eines tatsächlichen Filtervorgangs gleicht.

In der ersten Förderperiode liegt das Augenmerk des SFB 920 auf zwei Systemen: 1. Schmelzflüssiger Stahl 42CrMo4 mit einer Temperatur von $1600 \text{ }^\circ\text{C}$ in Kontakt mit kohlenstoffgebundenem Al_2O_3 ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$). 2. Schmelze der Aluminiumlegierung AlSi7Mg bei $750 \text{ }^\circ\text{C}$ in Kontakt mit reinem Al_2O_3 . Da die ersten Versuche gezeigt hatten, dass während des SPS-Verfahrens keine endogenen Einschlüsse (durch Reaktionen in den Schmelzen) erzeugt werden, wurden den Metallpulvern Al_2O_3 -Partikel mit variierenden Größen von einigen Mikrometern bis hin zu Millimetern zugegeben, die als exogene Einschlüsse dienten. Auf diese Weise wird die mögliche Anhaftung der Partikel an der Keramik untersucht.

Die Untersuchungen im System Stahl/ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ zeigten, dass die Schmelze in die poröse Keramik eindringt und eine Penetrationsschicht mit einer Dicke von ungefähr $40 \mu\text{m}$ erzeugt wird, obwohl kein Druck auf dem flüssigen Metall lastet. Der Stahl zeigt jedoch ein schlechtes Benetzungsverhalten, haftet nach der Erstarrung nicht an der Keramik und es wurden auch keine Grenzflächenreaktionen gefunden. Die exogenen Einschlüsse weisen eine Tendenz zur Agglomeration auf und wirken als Keimbildungsstellen für die heterogene Nukleation von Mangansulfid (MnS , siehe Abb. 2). Es wurde keine Anziehung zwischen unbeschichtetem $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ und den exogenen Al_2O_3 -Partikeln oder eine verstärkte Anhaftung gefunden.

Im System AlSi7Mg/ Al_2O_3 zeigten die Ergebnisse ebenfalls die Tendenz des exogenen Al_2O_3 zu agglomerieren, obwohl sowohl Größe als auch Form dieser Cluster unterschiedlich waren. Benetzung und Anhaftung des Metalls auf der Keramik wurden im Vergleich zu Industrierversuchen verbessert. Nach Haltezeiten der SPS-Wärmebehandlung von 30 min konnte die Bildung des Spinells MgAl_2O_4 an der Metall-Keramik-Grenzfläche nachgewiesen werden (siehe Abb. 3), was diese unterschiedlichen Ergebnisse erklärt. Ohne eine Beschichtung konnte keine signifikante Wechselwirkung der Al_2O_3 -Filterkeramik mit den Al_2O_3 -Einschlüssen gefunden werden.

Aktuelle Versuche im Teilprojekt A06 beschäftigen sich mit dem Einfluss und den Wechselwirkungen zwischen aktiven und reaktiven Beschichtungen wie Rutil, Siliziumdioxid, Mullit, Magnesiumdioxid und Spinell mit den Metallschmelzen und den Einschlüssen. ■

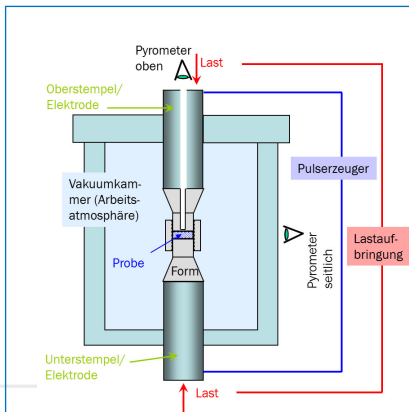


Abb. 1: Aufbau der Spark Plasma Sinteranlage

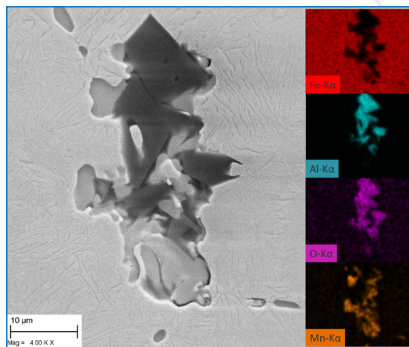


Abb. 2: REM-Aufnahme (SE-Kontrast) eines Al_2O_3 -Clusters im Stahl mit zugehörigen EDX-Elementverteilungsmessungen für Fe, Al, O und Mn.

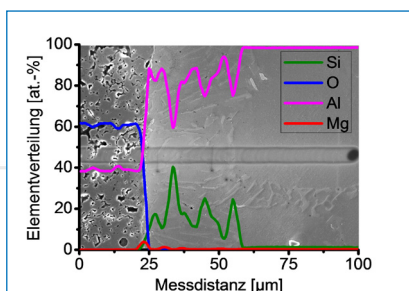


Abb. 3: Elementverläufe der Elektronenstrahlmikroanalyse, welche die Anreicherung von Mg zeigen, gemessen über die Grenzfläche zwischen Al_2O_3 und AlSi7Mg sowie zugehörige REM-Aufnahme (SE-Kontrast).

MECHANISCHE EIGENSCHAFTEN KOMPAKTER KOHLENSTOFFGEBUNDENER AL₂O₃-C FILTERWERKSTOFFE

Das Ziel des Teilprojekts C02 ist es, die physikalischen und mechanischen Eigenschaften kohlenstoffgebundener Al₂O₃-C Werkstoffe bei Anwendungstemperaturen des Stahlgussverfahrens zu untersuchen. Der Einfluss des Anteils an Carbores® P Bindemittel und der Verkokung bei unterschiedlichen Temperaturen wurde ermittelt.

In Vorbereitung auf den Einsatz einer Hochtemperaturprüfmaschine wurden zunächst Druck- und Biegeversuche bei Raumtemperatur durchgeführt. Zusätzlich konnte über das Druckerweichen die Entwicklung der Feuerfestigkeit während des Aufheizens bis ca. 1600 °C ermittelt werden, was erste Informationen über das thermomechanische Verhalten des Filtermaterials lieferte.

Für die Herstellung der kompakten Proben wird zu Beginn eine Slurry angesetzt. Der Carbores® P-Gehalt variierte dabei von 5 bis 20 Ma. %. Danach wurde die Slurry getrocknet, gemahlen und uniaxial zu Zylindern und Stäben verpresst. Die grünen Proben wurden dann bei Temperaturen von 800 bis 1400 °C verkocht.

Während die Unterschiede in den physikalischen Eigenschaften offensichtlich sind, zeigen die Ergebnisse der Druck- und Biegeversuche keine signifikanten Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Verkockungstemperaturen. Die Festigkeitswerte steigen jedoch mit steigendem Bindergehalt an. Die Ergebnisse des Druckerweichens (siehe Abb. 1) zeigen, dass die bei 800 °C verkockten Proben im Vergleich zu den 1400 °C gebrann-

ten eine geringere Wärmeausdehnung und früher einsetzende Erweichung aufweisen, da weitere mikrostrukturelle Prozesse bei Temperaturen bis 1400 °C auftreten. Dies kann durch rasterelektronenmikroskopische Aufnahmen bestätigt werden. Die bei 1400 °C gebrannten Proben weisen eine geringere Korngröße des Bindemittelkorns auf (siehe Abb. 2). Daraus lässt sich schließen, dass eine höhere Verkockungstemperatur stets zu einer später einsetzenden Erweichung des Al₂O₃-C-Materials führt und damit die mechanische Stabilität auf höhere Temperaturen ausgedehnt wird.

In zukünftigen Arbeiten sollen Spannungs-Dehnungs-Kurven bei Temperaturen von 1500 °C in der Hochtemperatur-Vakuum-Prüfmaschine (siehe Abb. 3) untersucht werden. Daraus können dann konstitutive Gleichungen für die Al₂O₃-C-Filtermaterialien bestimmt werden und das mechanische Verhalten von Filterkörpern simuliert werden. ■

Autorin: Yvonne Klemm
(Teilprojekt C02)



Abb. 3: Hochtemperatur-Vakuum-Prüfmaschine

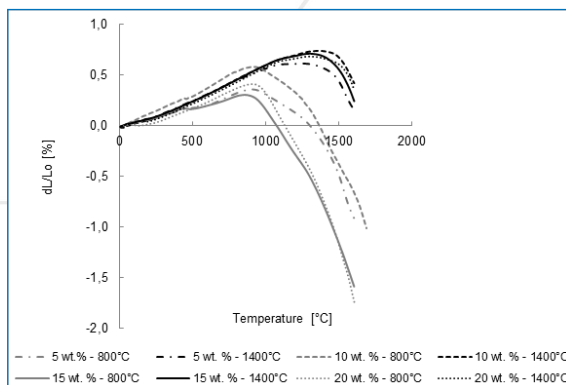


Abb. 1: Druckerweichen in Abhängigkeit des Carbores® P Anteils und unterschiedlicher Verkockungstemperaturen

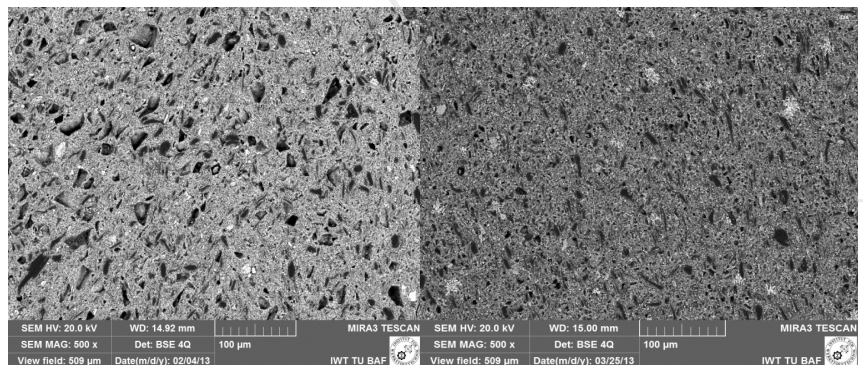


Abb. 2: REM-Aufnahmen der Mikrostruktur von Proben mit 10 Ma. % Binder. Links: Verkockung bei 800 °C; rechts: Verkockung bei 1400 °C. Das Korn des Carbores® P Binders ist schwarz, die Agglomerate des Aluminiumoxids sind hellgrau.

WERKSTOFFUNTERSUCHUNG MIT DEM SMALL PUNCH TEST (SPT)

Autor: Stefan Soltysiak
(Teilprojekt C03)

Die Entwicklung neuer Werkstoffe erfordert die Untersuchung ihrer mechanischen Eigenschaften, um deren Belastbarkeit beurteilen zu können. Die mechanischen Kennwerte keramischer Werkstoffe unterliegen im Allgemeinen erheblichen Streuungen. Daher wurde für die Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Filtermaterialien der Small Punch Test (SPT) gewählt.

Beim SPT handelt es sich um einem miniaturisierten Plattenbiegeversuch. Ein wesentlicher Vorteil des Versuches ist das geringe benötigte Materialvolumen (Probendurchmesser: $d=8\text{mm}$, Probendicke: $t=0,5\text{mm}$). Dies ermöglicht eine Vielzahl von Versuchen und somit die Bestimmung von statistisch verteilten Materialkennwerten. Weiterhin entspricht die Probendicke in etwa der Dicke der Filterstege, womit Einflüsse der Probengröße minimiert werden können.

Der schematische Aufbau der Versuchsanordnung ist in Abb. 1 dargestellt. Die Versuchsanordnung wird mit dem Adapter (1) an einer Universalprüfmaschine befestigt. Auf die Matrize (2) wird die Probe (3) aufgelegt und mittels eines Stempels (4) mit kugelförmiger Spitze bis zum Bruch belastet. Die konzentrische Ausrichtung von Probe und Stempel erfolgt über die Stempelführung (5).

Während des Versuches werden die Stempelkraft und der Weg des Stempels gemessen. Abb. 2 zeigt Kraft-Verschiebungs-Kurven, wie sie für das im SFB 920 entwickelte kohlenstoffgebundene Aluminiumoxid ($\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$) typisch sind. Aus diesen Kraft-Verschiebungs-Kurven lassen sich die Kraft beim Bruch der Proben und die erreichte Durchbiegung der Probe ablesen. Mittels dieser Daten lässt sich eine kritische Spannung berechnen, bei der die Probe bricht. Die Berechnung erfolgt mit der Formel:

$$\sigma_{\text{krit}} = k \cdot \frac{F_{\text{max}}}{t^2}$$

In dieser Gleichung sind σ_{krit} die kritische Spannung, F_{max} die maximale Last, t die Dicke der Probe und k ein Faktor, der Informationen über die Geometrie des verwendeten Aufbaus enthält (z.B. Stempeldurchmesser, Matrizendurchmesser).

Wie bereits erwähnt, besitzen die Messwerte für den untersuchten quasi-spröden Werkstoff gewisse Streuungen. Zur Quantifizierung der Streuungen wird die WEIBULL-Verteilung benutzt. Mit dieser Verteilungsfunktion lässt sich eine Aussage über die Wahrscheinlichkeit des Versagens des Werkstoffes bei einer bestimmten äußeren Belastung treffen. Abb. 3 zeigt ein WEIBULL Diagramm, in welchem die doppelt-logarithmische Auftragung der Versagenswahrscheinlichkeit über der Versagensspannung erfolgt und sich dieser Zusammenhang somit einfach ablesen lässt.

Das in Abb. 3 dargestellte WEIBULL-Diagramm bezieht sich ebenfalls auf den Werkstoff $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$. In diesem Diagramm ist erkennbar, dass die Wahrscheinlichkeit für den Bruch des Materials mit einem steigenden Gehalt an Steinkohlenteerpech bei gleicher Belastung sinkt.

Auf diesem Weg lassen sich die im Teilprojekt A01 und A02 entwickelten Werkstoffe hinsichtlich ihrer mechanischen Eigenschaften charakterisieren. Gleichzeitig werden auch Werkstoffdaten bereitgestellt, die im Teilprojekt B05 zur Simulation des mechanischen Verhaltens der Schaumstrukturen benötigt werden. ■

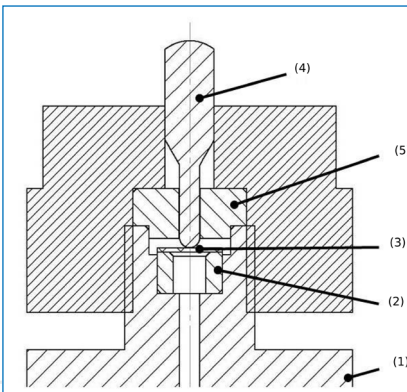


Abb. 1: Schematischer Aufbau der SPT-Apparatur: (1) Adapter, (2) Matrize, (3) Probe, (4) Stempel, (5) Stempelführung

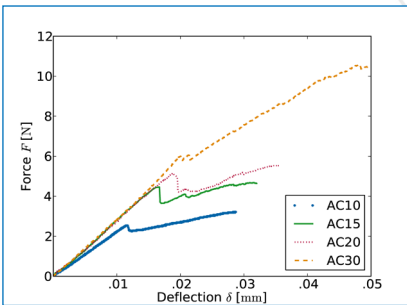


Abb. 2: Typische Kraft-Verschiebungs-Kurven für quasi-sprödes Material

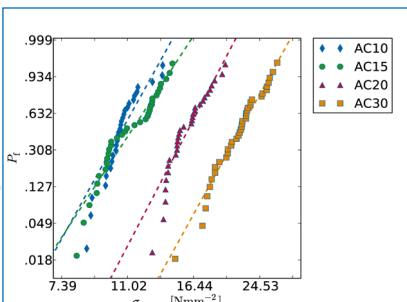


Abb. 3: WEIBULL Diagramm der Versagenswahrscheinlichkeit über der Bruchlast

AKTUELLE PUBLIKATIONEN

Projektbereich A - Filterwerkstoffe**Teilprojekt A01**

Aneziris, C. G., Schröder, C., Fischer, U., Berrek, H., Emmel, M., Kortus, J., Amirkhanyan, L., G. Weißbach, T. (2013): Interactions between Exogenous Spinel Inclusions with Endogenous Inclusions in a Steel Melt. AEM. Special Issue 12/2013, DOI 10.1002/adem.201300155.

Emmel, M., Aneziris, C. G. (2013): Functionalization of carbon-bonded alumina filters through the applications of active oxide coatings for the steel melt filtration. Journal of Materials Research. Vol. 28, Iss. 17, pp. 2234-2242, DOI 10.1557/jmr.2013.56.

Emmel, M., Aneziris, C. G., Schmidt, G., Krewerth, D., Biermann, H. (2013): Influence of the chemistry of ceramic foam filters on the filtration of alumina based non-metallic inclusions. AEM. Special Issue 12/2013, DOI 10.1002/adem.201300118.

Teilprojekt A02

Voigt, C., Jäckel, J., Aneziris, C.G., Hubáľková, J. (2013): Spinel coating on alumina foam ceramics for aluminum filtration. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300111.

Voigt, C., Storm, J., Aneziris, C. G., Abendroth, M., Kuna, M., Hubalkova, J. (2013): The influence of the measurement parameters on the crushing strength of reticulated ceramic foams. Journal of Materials Research. Vol. 28, Iss. 17, pp. 2288-2299. DOI: 10.1557/jmr.2013.96.

Teilprojekt A03

Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2013): Thermodynamic Assessment and Experiments in the system MgO-Al₂O₃. CALPHAD, Vol. 40, March, pp. 1-9. DOI: 10.1016/j.calphad.2012.10.001.

Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2013): Phase relations in the A356 alloy: experimental study and thermodynamic calculations. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300113.

Teilprojekt A04

Amirkhanyan, L., Weißbach, T., Kortus, J., Aneziris, C. G. (2013): On the possibility of hercynite formation in a solid state reaction at the Al₂O₃-iron interface: A density-functional theory study. Ceramics International. DOI 10.1016/j.ceramint.2013.05.132.

Rödel, C., Weißbach, T., Kortus, J., Dudczig, S., Aneziris, C. G.: Raman spectroscopic characterization of novel carbon-bonded filter compositions for steel melt filtration. Journal of Raman Spectroscopy. Accepted: 08.11.2013.

Teilprojekt A04

Dopita, M., Rudolph, M., Emmel, M., Salomon, A., Aneziris, C. G., Rafaja, D. (2013): Simulations of X-ray scattering on two dimensional, graphitic and turbostratic carbon structures. AEM Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300157.

Teilprojekt A06

Salomon, A., Emmel, M., Dudczig, S., Rafaja, D., Aneziris, C. G. (2013): Dynamic, in situ generated interfaces between carbon-bonded alumina filters and steel during Spark Plasma Sintering/Field Assisted Sintering. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300119.

Salomon, A., Zienert, T., Voigt, C., Jäckel, E., Fabrichnaya, O., Rafaja, D., Aneziris, C. G. (2013): Comparison of interfacial reactions between AISi7Mg and alumina filter after casting and Spark Plasma Sintering. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300114.

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

Heuzeroth, F., Peuker, U. A. (2013): Einfluss der Hydrophilie von dispergierten Feststoffpartikeln auf die Abscheidung an keramischen Tiefenfiltern. Jahrestreffen der Fachgruppe Mechanische Flüssigkeitsabtrennung, 6.-8.03.2013, Weimar.

Laitinen, O., Bauer, K., Niinimäki, J., Peuker, U. A. (2013): Validity of the Rumpf and the Rabinovich adhesion force models for alumina substrates with nanoscale roughness. Powder Technology 246, pp. 545-552. DOI: 10.1016/j.powtec.2013.05.051.

Teilprojekt B02

Mendes, M. A. A., Ray, S., Trimis, D. (2013): A simple and efficient method for the evaluation of effective thermal conductivity of open-cell foam-like structures. Int. Journal of Heat and Mass Transfer. Volume 66, 2013, pp. 412-422. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.07.032.

Mendes, M. A. A., Ray, S., Trimis, D. (2013): Determination of effective thermal conductivity of open-cell porous foams for arbitrary working fluid using single point measurement. 22nd National and 11th International ISHMT-ASME Heat and Mass Transfer Conference, Dec 28-31, 2013, IIT Kharagpur, India.

Mendes, M. A. A., Talukdar, P., Ray, S., Trimis, D. (2013): Detailed and Simplified Models for Evaluation of Effective Thermal Conductivity of Open-Cell Porous Foams at High Temperatures in Presence of Thermal Radiation. International Journal of Heat and Mass Transfer. Volume 68,

2014, pp. 612-624. DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.09.071.

Wertzner, E., Mendes, M. A. A., Ray, S., Trimis, D. (2013): Numerical investigation on the deep filtration of liquid metals: influence of process conditions and inclusion properties. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300465.

Teilprojekt B03

Götze, P., Wulf, R., Groß, U., Dopita, M., Rafaja, D., Dudczig, S., Aneziris, C. G., Klemm, Y., Biermann, H. (2013): Thermophysical Properties of Pressed and Casted Carbon Bonded Alumina (Al₂O₃-C) up to 800°C. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300203.

Götze, P., Gross, U.: Experimental Determination of Volumetric Heat Transfer Coefficients During Molten Aluminum Purification Using Open-Cell Alumina (Al₂O₃) Ceramics. 15th International Heat Transfer Conference (IHTC-15), Aug 10-15, 2014 in Kyoto, Japan.

Vijay, D., Gross, U.: Volumetric heat transfer determination for forced convection of air through alumina (Al₂O₃) foam. 15th International Heat Transfer Conference (IHTC-15), Aug 10-15, 2014 in Kyoto, Japan.

Teilprojekt B04

Fritzsche, J., Peuker, U. A. (2013): Untersuchungen zur Haftkraftausbildung an technischen Oberflächen in verschiedenen Flüssigkeiten. Jahrestreffen der Fachgruppe Mechanische Flüssigkeitsabtrennung, 6.-8.03.2013, Weimar.

Fritzsche, J., Teichmann, J., Heuzeroth, F., van den Boogaart, K.G., Peuker, U. A. (2013): Impact of wetting to the agglomeration of dispersed particles in an aqueous medium. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300120.

Teilprojekt B05

Storm, J., Abendroth, M., Zhang, D., Kuna, M. (2013): Geometry dependent effective elastic properties of open-cell foams based on Kelvin cell models. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300141.

Projektbereich C - Filtereffizienz, Materialeigenschaften**Teilprojekt C01**

Aneziris, C. G., Rongos, V., Dudczig, S., Emmel, M. (2013): Refractories with Improved Thermal Shock Performance Serving Low Carbon Economy. China's Refractories, Vol. 22, No. 3, pp. 7-11. ISSN 1004-4493/CN41-1183.

Dudczig, S., Aneziris, C. G., Dopita, M., Rafaja, D. (2013): Application of oxide coatings for improved steel filtration with the aid of a metal casting simulator. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300121.

Werner, J., Dudczig, S., Aneziris, C. G. (2013): Young's modulus of elasticity of carbon bonded alumina materials up to 1450°C. J. Am. Ceram. Soc. DOI 10.1111/jace.12526.

Teilprojekt C02

Klemm, Y., Biermann, H., Aneziris, C. G. (2013): Influence of composition and coking temperature on the microstructure of carbon bonded Al₂O₃-C filter materials and their behavior at high temperatures. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI: 10.1002/adem.201300159.

Teilprojekt C03

Soltysiak, S., Abendroth, M., Kuna, M., Dudczig, S. (2013): Influence of the Cabores content on the toughness of carbon bonded alumina (Al₂O₃-C). AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300173.

Soltysiak, S., Abendroth, M., Kuna, M., Dudczig, S. (2013): Influence of the microstructure on the fracture behavior of carbon bonded alumina. Key Engineering Materials, Special Issue, Proceedings of MSMF7 2013, July 01-03, 2013 in Brno (Czech Republik). DOI 10.4028/www.scientific.net/KEM.592-593.279.

Teilprojekt C04

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H. (2013): Investigation of the damage behaviour of cast steel 42CrMo4 during ultrasonic fatigue by combination of thermography and fractography. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300124.

Krewerth, D., Weidner, A., Biermann, H. (2013): A comparative study on infrared thermography during ultrasonic fatigue testing of cast steel 42CrMo4 and cast aluminium alloy AlSi7Mg. Key Engineering Materials, Special Issue of

MSMF7 2013, Juli 01-03, 2013 in Brno, Czech Republic.

Teilprojekt C05

Henschel, S., Krewerth, D., Ballani, F., Weidner, A., Krüger, L., Biermann, H., Emmel, M., Aneziris, C. G. (2013): Effect of filter coating on the quasi-static and cyclic mechanical properties of a G42CrMo4 casting. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300125.

Übergreifende Teilprojekte

Teilprojekt S02

Lehmann, H., Wertzner, E., Mendes, M., Trimis, D., Jung, B. (2013): In-situ data compression algorithm for detailed numerical simulation of liquid metal filtration through foam-like structures. AEM. Special Issue, 12/2013. DOI 10.1002/adem.201300129.

Teilprojekt Z

Aneziris, C. G. (2013): Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials. Überblick. Plenarvortrag auf der Technikwissenschaftlichen Klasse, Sächsische Akademie der Wissenschaften, 14.06.2013, Leipzig (Veröffentlichung im Jahrbuch der SAW), http://www.saw-leipzig.de/plenar/plenarvortraege_2010_2019/copy2_of_plenarvortraege-2011?searchterm=Aneziris#section-5.

Aneziris, C. G. (2013): Effizienz durch Keramik: Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration. Vortrag zur Jubiläumstagung „21 Jahre Empa-Hochleistungskeramik“, Empa, 02.07.2013, Dübendorf, Schweiz.

Aneziris, C. G., Fischer, U. (2013): Eine heiße Sache: Intelligente Filter für die Filtration von Metallschmelzen. Jahresmagazin Ingenieurwissenschaften, Im Fokus Werkstofftechnologien, IWV, Lampertheim, S. 99-104. ISSN 1618-8357.

TERMINE IM SFB

13./14.11.2013 - 8. Doktorandentreffen verbunden mit der 8. Mitgliederversammlung des SFB 920

27.11.2013 - 4. Freiburger Feuerfestforum, Workshop „Modulation of the Young Modulus“ mit Prof. Rodrigues (Brasilien)

KONFERENZEN UND CALLS FOR PAPERS

IREFCON - India International Refractories Congress, 15. - 18.01. 2014, Kolkata/ Indien: weitere Informationen unter <http://www.irmaindia.org/irefcon/>.

DKG-Jahrestagung und Symposium Hochleistungskeramik, 24. - 26.03.2014, Clausthal-Zellerfeld: weitere Informationen unter http://www.dkg.de/veranstaltungen/konferenzen_und_tagungen/event/57.

18. Conference on Refractories and HITHERM, 13. - 14. Mai 2014, Prag/ Tschechische Republik: Einreichung von Abstracts bis 31.01.2014; Einreichung von Beiträgen (full paper) bis 30.03.2014; weitere Informationen unter <http://www.silika.cz/index.php/en/>.

71. World Foundry Congress WFC 2014, 19.-21.05.2014, Bilbao/ Spanien: Einreichung von Beiträgen für mündliche und Posterpräsentationen bis zum 29.11.2013, Mitteilung über Annahme bis zum 31.01.2014; weitere Informationen unter <http://www.71stwfc.com/index.php/en/>.

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
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. 5, Heft 02/2013

ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich

