



LIEBE LESERINNEN UND LESER,

Auch in den vergangenen Monaten waren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des Sonderforschungsbereich 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration – ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ aktiv auf Konferenzen, Workshops und Messeveranstaltungen vertreten, um dort ihre Forschungsprojekte und –ergebnisse gegenüber einem Fachpublikum aus Wissenschaft und Industrie zu präsentieren. Davon profitieren insbesondere junge Forscherinnen und Forscher: Sie erhalten die Chance, frühzeitig international sichtbar zu werden und in einen intensiven Austausch mit Wissenschaftlern und Fachleuten aus anderen Forschungseinrichtungen und anderen Ländern einzutreten. Zudem bereichern Gastwissenschaftler aus dem Ausland regelmäßig die Forschung in den Teilprojekten und auch die universitäre Lehre in ausgewählten Themengebieten.

Über die internationalen Aktivitäten des Sonderforschungsbereichs und weitere relevante Ereignisse informiert Sie diese 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

Aktuelles aus dem SFB 920

<i>Internationaler Austausch auf Foren, Messen und gemeinsamen Workshops</i>	2
<i>Weitere aktuelle Meldungen</i>	3
<i>Aus den Arbeitsgruppen</i>	4

Aus der Forschung

<i>Modellierung des Hochtemperaturkriechverhaltens von Al₂O₃-C Schaumkeramiken</i>	6
<i>Mechanisches Verhalten feinkörniger, kohlenstoffgebundener Schaumstrukturen bei Temperaturen bis 1500 °C</i>	7

Aktuelle Publikationen

Auszeichnungen, Preise und Promotionen	10
----------------------------------------	----

Gäste aus der Industrie

Termine und Impressum	10
-----------------------	----



INTERNATIONALER AUSTAUSCH AUF FOREN, MESSEN UND GEMEINSAMEN WORKSHOPS

Hochtechnologie-Produkte der Zukunft basieren auf hochreinen, fehlerfreien Materialien und Werkstoffen. Deren Eigenschaften und Funktionen stellen technologische Herausforderungen an Fertigungsverfahren, Produktqualitäten, Lebenszyklen bzw. Ansätze einer ressourcenschonenden Herstellung dar. Der Sonderforschungsbereich „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ präsentierte seine aktuellen Ergebnisse auf mehreren nationalen und internationalen Konferenzen, u.a. auf dem 8. Freiburger Feuerfestforum sowie der 93. DKG-Jahrestagung in Verbindung mit der ceramitec 2018.

Neben der Erforschung und Anwendung feuerfester Materialien für die Metallschmelzefiltration und die Stahl- und Nichteisen-Metallurgie standen der Einsatz feuerfester Baustoffe für die Zementerzeugung und die Mikrowellensinterung bei der Herstellung keramischer Composite-Materialien im Mittelpunkt des 8. Freiburger Feuerfestforums. Etwa 120 Vertreter aus Wissenschaft, Industrie und Fachverbänden aus dem In- und Ausland nahmen daran teil. Neben zahlreichen Gastvortragenden gab Dr.-Ing. Enrico Storti, wissenschaftlicher Mitarbeiter im Sonderforschungsbereich (SFB) 920, einen Einblick in seine Forschungsarbeiten zur Entwicklung funktionalisierter keramischer Filter für die Metallschmelzefiltration. Die Teilprojekte des SFB 920 stellten ihre Forschungsergebnisse zudem in einer Posterausstellung vor.

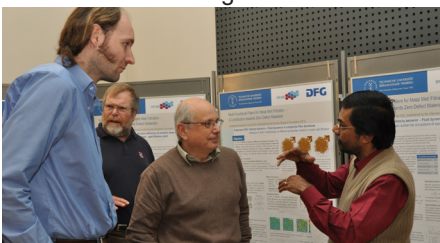


Foto: Teilnehmer des 8. Freiburger Feuerfestforums bei einer Postervorstellung.

Im Dezember 2017 veranstaltete der SFB 920 einen gemeinsamen Workshop mit elf Vertretern der Firma Foseco International Ltd. aus England, der Niederlande und den USA. Beim „Internationalen Workshop of Foseco International and CRC 920“ konnte damit ein direkter Austausch zwischen einem Hersteller und Anwender für Produkte für die Metallschmelzefiltration und dem SFB 920 hergestellt werden.

Außerdem war die 93. DKG Jahrestagung, die im April 2018 gemeinsam mit der ceramitec 2018 in München stattfand, eine wichtige Plattform zur Präsentation und zum Austausch von Forschungsergebnissen, wissenschaftlichen Projekten sowie Ergebnissen von Qualifizierungsarbeiten. Insgesamt präsentierte der SFB 920 sechs wissenschaftliche Beiträge.



Foto: Dr.-Ing. Jana Hubálková und Dr.-Ing. Steffen Dudczig auf dem gemeinsamen Messestand bei der ceramitec 2018.

Auf einem gemeinsamen Messestand präsentierten sich das Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik (IKGB), das Institut für Wärmetechnik und Thermodynamik (IWTT) und der SFB 920 zur ceramitec 2018. Die ceramitec ist die alle drei Jahre stattfindende führende Fachmesse der internationalen Keramikindustrie, auf der die gesamte Branche in ihrer Wertschöpfungskette inklusive Lehr- und Forschungseinrichtungen vertreten ist. In einer gemeinsamen Exkursion nach München konnten sich die Doktorandinnen und Doktoranden des SFB 920 über den aktuellen Stand in der internationalen Keramikindustrie, u.a. bei Herstellungsverfahren, Produktanwendungen, Analysetechniken oder Forschungstrends informieren und eigene Netzwerke knüpfen.

Ein Posterbeitrag von M.Sc. Bruno Luchini, Doktorand im SFB 920, zum nicht-linearen Verhalten von kohlenstoffgebundenen Aluminiumoxid bei Hochtemperaturanwendung, wurde mit einem dritten Preis für die beste Posterpräsentation auf der 93. DKG-Jahrestagung ausgezeichnet. Bruno Luchini ist seit 2017 als wissenschaftlicher Mitarbeiter am IKGB der TU Bergakademie Freiberg tätig und Doktorand im SFB 920. Er hat sein Studium in Brasilien und Frankreich absolviert und an der Universidade Federal de São Carlos, Brasilien seine Masterarbeit auf dem Gebiet der Prüfung und Modellierung von Hochtemperatureigenschaften keramischer Materialien erfolgreich abgeschlossen.



Foto: Auszeichnung für M.Sc. Bruno Luchini (rechts im Bild).

Einen wichtigen Beitrag zur Qualifikation der Doktorandinnen und Doktoranden im SFB 920 leisten international Fachexperten, deren wissenschaftliche Arbeiten international hoch angesehen sind. Unter anderem stellte Prof. Véronique Favier vom Arts et Métiers Paris Tech - PIMM aus Frankreich neueste Erkenntnisse zum Einfluss der Ermüdung unter zyklischer Beanspruchung auf die Lebensdauer metallischer Bauteile dar. Auf dem Gebiet des Hochtemperaturverhaltens feuerfester Werkstoffe konnte Priv.-Doz. Dr. Shengli Jin von der Montan Universität Leoben aus Österreich gewonnen werden. ■

WEITERE AKTUELLE MELDUNGEN

Mit einem Forschungsstipendium der **Alexander von Humboldt-Stiftung** wird von März bis August 2018 Herr **PhD Ondřej Jankovský** von der University of Chemistry and Technology in Prag (VŠCHT Praha) die Forschung zu kohlenstoffhaltigen Feuerfestwerkstoffen als Schlüsselbauteile für die Metallurgie von Prof. Christos G. Aneziris, Lehrstuhl Keramik am Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik unterstützen.

Herr PhD Jankovský ist ein junger, international anerkannter und führender Fachexperte auf dem Gebiet der Graphene und Graphenoxide unter besonderer Anwendung bei keramischen Werkstoff-

Von Oktober 2017 bis März 2018 absolvierte **Dipl.-Ing. Hanka Becker** einen Forschungsaufenthalt an der **Norwegian University of Science and Technology (NTNU)**. Die NTNU ist mit ca. 22.000 Studenten die zweitgrößte Universität Norwegens und verantwortlich für die technologische Forschung und Lehre in Norwegen.

Frau Becker folgte damit einer Einladung vom Leiter der Forschungsgruppe „Gießen und Erstarren“ Professor Yanjun Li. An der NTNU in Trondheim führte sie einen Teil der Arbeiten für das Teilprojekt A07 durch, das sich mit der Entfernung von Eisen aus Sekundäraluminium mit-

Seit Dezember 2017 präsentiert sich der Sonderforschungsbereich in einem neuen Imagefilm. Unter dem Titel „Intelligente Filter für mehr Sicherheit“ gibt der Film interessante Einblicke in die Forschungsarbeit des SFB 920. Der Film, der in Kooperation mit der Freiburger Filmproduktionsfirma avecfilm entstanden ist, dient neben der Homepage und dem halbjährlich erscheinenden Newsletter der Öffentlichkeitsarbeit des SFB.

fen sowie deren Herstellung. In seiner bisherigen Forschungstätigkeit als junger Nachwuchswissenschaftler kann er schon jetzt auf über 65 wissenschaftliche Journalbeiträge (Datenbank „Scopus“) verweisen.

Während der geplanten Forschungsarbeiten wird Herr PhD Jankovský unter anderem im Sonderforschungsbereich 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ die Untersuchungen zur Erzeugung und thermomechanischen Bewertung graphenhaltiger Oberflächen auf kohlenstoffhaltigen Filtermaterialien unterstützen. ■

tels Metallschmelzefiltration beschäftigt. „In der Forschungsgruppe an der NTNU habe ich beste Bedingungen zum konzentrierten und intensiven Arbeiten vorgefunden“, fasst Frau Becker ihren Aufenthalt zusammen.

Ein besonders intensiver Austausch fand während des Besuches von **Prof. Andreas Leineweber** vom Institut für Werkstoffwissenschaft und Leiter des Teilprojekts A07 im Sonderforschungsbereich 920 Anfang März 2018 in Trondheim statt. Dabei wurden alle Ergebnisse diskutiert, gemeinsame Forschungsinteressen ausgetauscht und der Besuch von Prof. Yanjun Li in Freiberg angeregt. ■

Abgerufen werden können die zwei ca. siebenminütigen Teile im Internet über folgenden QR-Code oder unter folgendem Link: <http://tu-freiberg.de/forschung/sfb920/test/imagefilm> ■



GASTWISSENSCHAFTLER



Foto: Alexander von Humboldt-Stipendiant PhD Ondřej Jankovský (links im Bild) zeigt Dr. Enrico Storti eine Kohlenstofflösung.

FORSCHUNGSaufenthalt in NORWEGEN



Foto: Wissensaustausch an der NTNU Trondheim in Norwegen. Stehende Reihe v.l.n.r.: Bjørn Holmedal, Knut Marthinsen (NTNU Trondheim), Andreas Leineweber (TU Freiberg), Yanjun Li (NTNU Trondheim), Hanka Becker (TU Freiberg). Sitzend: Studenten und Postdocs der Arbeitsgruppe „Casting and Solidification“.

NEUER IMAGEFILM DES SFB 920



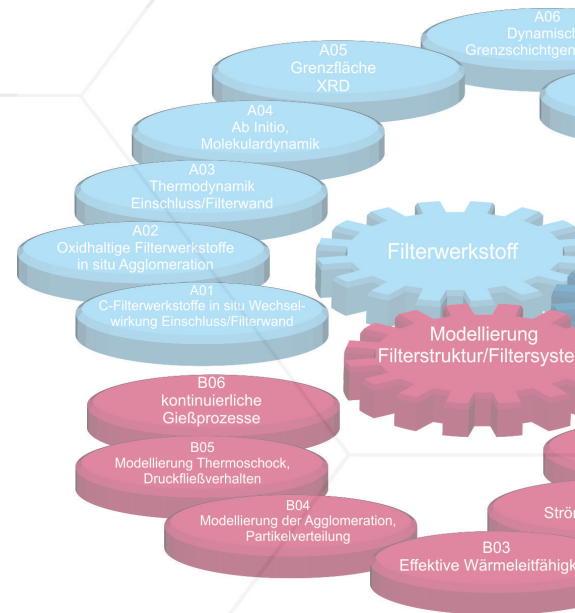
Foto: Ausschnitt aus dem neuen Imagefilm des SFB 920

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: Dr.-Ing. Claudia Voigt)

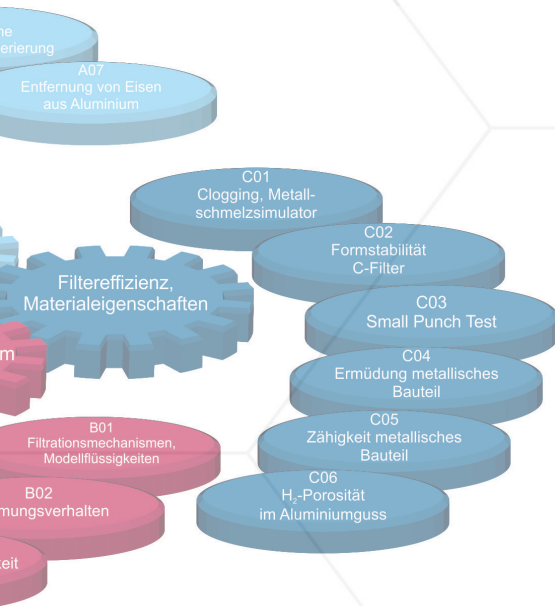
- Erfolgreicher Immersionsversuch großformatiger, wechselbarer Schaumkeramikfilter auf Basis von kohlenstoffgebundenem Alumina im Verteiler der Stranggießanlage Bruckhausen (Thyssenkrupp Steel Europe AG) mit 45-minütigen Einsatz und anschließender schadensfreier Entnahme (T01).
- TEM-Untersuchungen an mittels FIB präparierten Grenzflächen zwischen Rutil und heteroepitaktisch aufgewachsenen Korund- bzw. $MgTiO_3$ -Schichten nach Kontakt von TiO_2 mit schmelzflüssigem Aluminium bzw. geschmolzener Legierung $AlSi7Mg0,6$ bestätigten zuvor gefundene definierte Orientierungsbeziehungen sowie durch geometrisch bedingte Versetzungen hervorgerufene Abweichungen und zeigten einen starken Einfluss von Verunreinigungen auf die Phasenbildungssequenz (A06).
- Untersuchung des Einflusses des Benetzungsverhaltens auf die Filtrationseffizienz von Schaumkeramikfiltern bei der Aluminiumschmelze-Filtration (A02, B01, B02).
- Herstellung von Schaumkeramikfiltern, welche mit unterschiedlichen Spinellen beschichtete wurden ($MgAl_2O_4$, $FeAl_2O_4$, $MnAl_2O_4$, $Fe_{0,5}Mg_{0,5}Al_2O_4$ und $Fe_{0,5}Mn_{0,5}Al_2O_4$) und Charakterisierung dieser vor und nach Eintauchversuchen in 42CrMo4 im Stahlgussimulator (A01, C01).
- Untersuchung struktureller Unterschiede von Mangan-haltigen β - und δ - Al-Fe-Si-Phasen, die auf verschiedene Arten hergestellt wurden (A07).
- Untersuchung der Auswirkung von Anti-phasengrenzen auf das Hochtemperaturumwandlungsverhalten von metastabilen Aluminiumoxiden (A05).
- Experimentelle Untersuchung und thermodynamische Beschreibung des binären MgO - TiO_2 Systems und des ternären Al_2O_3 - MgO - TiO_2 Systems (A03).
- Erfolgreiche Anwendung von spodumenhaltigen Filtermaterialien bei der Filtration einer $AlSi7Mg$ -Schmelze im Labormaßstab zur Reduzierung der Wasserstoffporosität im Gussteil (C06, A02).
- Industrienahe Abgüsse (100 kg 42CrMo4) von Filtern im Stahlgussimulator (C01, A01, T01).



Arbeitsgruppe 2: „Modellierung und Auslegung der Filtergeometrie“ (Leitung: Dipl.-Ing. Eric Werzner)

- Im Rahmen der Untersuchungen zum Einfluss von Mikroblasen auf die Abscheidung in keramischen Tiefenfiltern im Wassermmodell wurden Heterokoagulate erzeugt, welche zur Abnahme der Abscheideeffizienz geführt haben (B01).
- Messung von Repulsion und Wechselwirkung zwischen hydrophoben Partikeln und Mikroblasen mittels CP-AFM sowie Untersuchungen zum Einfluss der Morphologie auf die Benetzungsheterogenität von hydrophoben Oberflächen (B04).
- LBM-DNS Lösungen der turbulenten Strömung im Filterinneren zeigen sehr hohe Turbulenzintensitäten sowie eine Energiekaskade mit schmalen Inertialbereich und kleinsten Strukturen von nur wenigen Mikrometern Größe, wobei zeitliche Statistiken mit hoher Genauigkeit durch ein Wand-adaptives LES Modell vorhersagt werden konnten (B02).
- Erweiterung der künstlich generierten Schaum-Modelle zur Berücksichtigung polydispenser und anisotroper Poren und numerische Untersuchung ihres Einflusses auf die Filtersteifigkeit (B05).
- Numerische Studie zur Wirkung von entstehenden Kohlenmonoxidblasen auf den Reinheitsgrad der Metallschmelze im Verteiler (B06, C01).
- Konzeptionierung eines Experiments zur Untersuchung des Einflusses der Filter auf die Verteilerströmung und Simulation der Flüssigstahlströmung im industriellen Stranggussverteiler mit Hilfe des in TP B06 entwickelten Lösers (T01).
- Automatisierte Visualisierung von Wirbelstrukturen in einer zufälligen künstlich generierten Schaumstruktur auf Grundlage einer hochauflösenden transienten Lösung (3 TB Datengröße), welche während der Simulation auf dem Hochleistungsrechner (ZIH) komprimiert und zur beschleunigten Auswertung indiziert wurde (S02, B02, B05).





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

- Mechanische Charakterisierung der „Fingertest“-Versuche FT7 bis FT9 (42CrMo4) im Hinblick auf Festigkeit, Verformbarkeit, Bruchzähigkeit, Ermüdungslbensdauer und schädigungsrelevante Einschlüsse (C04, C05).
- Elektrolytische Extraktion der nichtmetallischen Einschlüsse zur Beschreibung der Einschlussmorphologie im Gussblock (C04).
- Anhand von Bruchflächenanalysen der Ermüdungsproben und der Zugproben aus den „Fingertests“ wurden vorwiegend plattenförmige Al_2O_3 -Einschlüsse als Versagensauslöser identifiziert. Zum Teil liegen diese als Agglomerat mit anderen Platten oder kantigen Einschlüssen aus Al_2O_3 vor (C04, C05).
- Nichtmetallische Einschlüsse mit einem Durchmesser von ca. 50-60 μm sind Rissauslöser bei VHCF-Beanspruchung. Unterschiede bei der Menge kleiner Einschlüsse bei unterschiedlichen Abgüssen haben eine untergeordnete Bedeutung (C04).
- Weiterentwicklung der rule-Dateien, die somit eine bessere Klassifikation der verschiedenen Einschlusstypen anhand ihrer chemischen Zusammensetzung mittels der Analyse am ASPEX erlauben (C04).
- Die Bildung eines Ermüdungsrisses bei Ultraschallermüdung wurde experimentell erstmals mit Hilfe der Analyse akustischer Emissionen detektiert. Diese Methode kann zum gezielten Stoppen der Ermüdungsbeanspruchung kurz vor dem Entstehen des Anrisses verwendet werden (C04).
- Eine Methode zur Detektion von Agglomeraten/Clustern von nichtmetallischen Einschlüssen aufbauend auf der metallographischen Analyse wurde entwickelt. Der Methode liegen Bruchflächenanalysen nach VHCF-Beanspruchung und die hierarchische Betrachtung der Agglomeratbildung anhand von metallographischen Schliffen zugrunde (C04).
- Abguss der Al-Legierung AlSi9Cu3 mit unterschiedlichem Fe-Gehalt und unterschiedlicher Ausbildung intermetallischer Phasen. Charakterisierung der mechanischen Eigenschaften mit Hilfe von Ermüdungsversuchen (S03, C04, C06).
- Erforschung des Zusammenhangs zwischen plastischer Verformung und akustischer Emissionen im Stahl 42CrMo4 sowie im Gusseisen GJS-400. Hierbei zeigte sich, dass das Verhältnis aus der Energie der kontinuierlichen akustischen Emissionen bei der erstmaligen Plastifizierung des Stahls und dem Volumen des geprüften Werkstoffs eine charakteristische Größe ist. Diese Größe dient der Identifizierung des Rissinitiierungspunktes bei schlagartiger Lasteinleitung (C05).
- Beim Gusseisen ist diese Vorgehensweise nicht anwendbar. Dagegen wurde festgestellt, dass die diskontinuierlichen akustischen Emissionen (Bursts) mit den Spaltbruchereignissen im Zusammenhang stehen (C05).
- Der Widerstand des Stahls 42CrMo4 gegen Rissinitiierung und Rissausbreitung bei tiefen Temperaturen und sehr hohen Beanspruchungsraten wurde mit Hilfe des Split-Hopkinson Pressure Versuchsstandes untersucht. Die Verringerung der Temperatur führte zur Abnahme der Rissinitiation-zähigkeit und des Abstumpfungsvermögens der Riss Spitze (C05).

Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: M.WSc. Henry Zielke)

- Impingement-Test von Filter mit neuartigen umweltfreundlichen Bindersystem als Voruntersuchung für die dritte Förderperiode (A01).
- Herstellung gekerbter B3B-Proben von Teilprojekt A02 für Bestimmung des Versagensverhaltens mittels experimenteller Versuche (C03).
- Durchführung von Vorversuchen an der B3B-Versuchsapparatur 1500 °C (C03) und Verbesserung des konstruktiven Aufbaus.
- Bewertung des Deformationsverhaltens von kompakten Druck- und Biegeproben (B05, C02).
- Validierung des aufgestellten Schaum-Kriechgesetzes (B05) bei Hochtemperatur (1350 °C) mit Schaum-Kriechversuchen (C02) an realen Schaumproben.
- Hochtemperatur-Druckversuche an kompaktem Al_2O_3 -C durchgeführt (C02): Druckfestigkeit steigt bis 1500 °C an.
- Durchführung erster bruchmechanischer Versuche mit Teilentlastungen bei 1400 °C (C02).
- Bestimmung der Restfestigkeiten von CA6 und CA2 Fingertestproben (C02).

MODELLIERUNG DES HOCHTEMPERATURKRIECH- VERHALTENS VON $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ SCHAUMKERAMIKEN

Autor: Christoph Sett gast
(Teilprojekt B05)

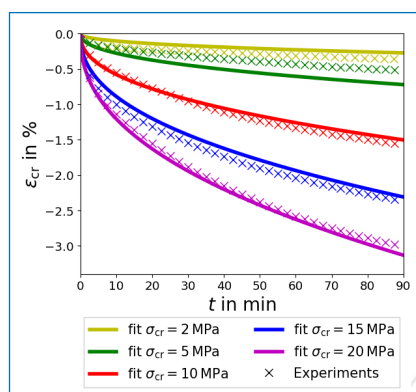


Abb. 1: Ergebnisse der Hochtemperatur-Kriechversuche und der Materialparameteranpassung.

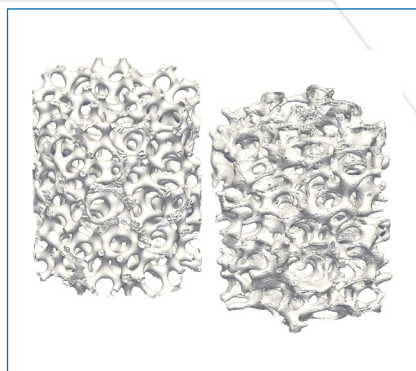


Abb. 2: Vergleich von virtuell erzeugter und echter Schaumstruktur.

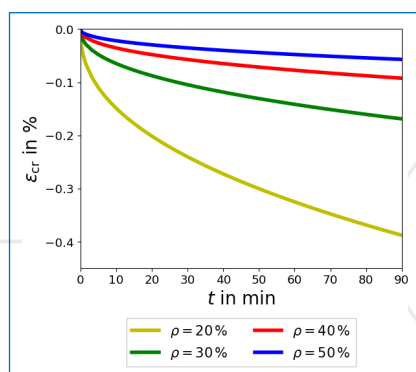


Abb. 3: Einfluss der relativen Dichte auf das Kriechdehnverhalten der virtuell erzeugten Schaumstruktur ($\sigma_{cr} = 0,1$ MPa).

Das Teilprojekt B05 beschäftigt sich mit der Beschreibung des temperaturabhängigen Materialverhaltens von Filterwerkstoffen und -strukturen.

Durch die Verwendung des Keramik-schaumfilters für metallische Schmelzen ist dieser hohen Temperaturen ausgesetzt. Deshalb ist es wichtig, das Hochtemperaturmaterialverhalten zu kennen und dieses beschreiben zu können. Es zeigte sich bei Temperaturen über $1200\text{ }^\circ\text{C}$ ein ausgeprägtes Kriechverhalten des kompakten kohlenstoffgebundenen Aluminiumoxides [1]. Der Werkstoff verformt sich somit bei gleichbleibender Belastung. Es bedarf einer geeigneten mathematischen Beschreibung dieser Materialeigenschaft, um darauf aufbauend das Kriechverhalten an Schaumstrukturen genauer untersuchen zu können.

Das Kriechverhalten des kompakten $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ wurde für zylindrische Proben mit einem Durchmesser von $d=25$ mm und einer Höhe von $h=25$ mm untersucht. Dabei wurden die Proben im Rahmen des Teilprojektes C02 hergestellt und getestet. Sie wurden bei verschiedenen Spannungen unter, innerhalb der Probe gleichbleibender, einachsiger Druckspannung σ_{cr} für eine Dauer von $t=90$ min getestet. Die Temperatur betrug dabei $T=1350\text{ }^\circ\text{C}$. Abbildung 1 zeigt die Kriechdehnungskurven der jeweiligen Druckspannungen. Vor allem bei höheren Spannungen ist ein dominierender Primärkriechbereich mit veränderlicher Kriechdehnrate zu beobachten.

Um dieses Verhalten beschreiben zu können, wurde das Norton-Bailey Gesetz verwendet. Dieses Gesetz stellt die Kriechdehnrate $\dot{\epsilon}$ in Abhängigkeit von der Spannung σ_{cr} und der Zeit t dar: $\dot{\epsilon} = (\sigma_{cr}/A)^n t^m$. Durch die Anpassung der Materialparameter A , n und m kann nun das Hochtemperatur-Kriechverhalten des Materials modelliert werden. Das Ergebnis der durchgeführten Materialparameteroptimierung ist in Abbildung 1 dargestellt. Ein Vergleich der experimentellen und der simulierten Kriechdehnkurven lässt eine

recht gute Übereinstimmung erkennen. Nur bei den Verläufen für eine Spannung von $\sigma_{cr}=5$ MPa sind vergleichsweise große relative Abweichungen vorhanden. Eine ausführlichere Diskussion des Hochtemperatur-Druckkriechversuches, des verwendeten Kriechgesetzes und der Materialparameteranpassung ist in [2] zu finden.

Das eben präsentierte und an reale Kriechdehnkurven angepasste Kriechgesetz wurde verwendet, um das Kriechverhalten von einer im Teilprojekt B05 entwickelten virtuell erzeugten Schaumstruktur vorherzusagen. Diese virtuelle Schaumstruktur weist sehr große Übereinstimmungen in ihren Struktureigenschaften mit realen Keramik-schäumen auf, wie es in [3] eingehend diskutiert wird und in Abbildung 2 zu sehen ist. Durch die Verwendung des lokalen Kriechgesetzes im Zusammenhang mit der virtuellen Schaumstruktur lässt sich der Einfluss von verschiedenen geometrischen Einflussfaktoren auf das Schaum-Kriechverhalten untersuchen. Somit können dann Aussagen über das Hochtemperaturverhalten von realen Strukturen abgeleitet werden.

Beispielhaft für diese Untersuchungen ist in Abbildung 3 der Einfluss der relativen Dichte ρ auf das Schaum-Kriechverhalten der virtuell erzeugten Struktur, bei gleicher Belastung $\sigma_{cr}^{\text{Schaum}} = 0,1$ MPa, dargestellt. Die relative Dichte stellt dabei das Verhältnis des Volumens des Materials zum Volumen des umgebenden Körpers dar. Mit zunehmendem Materialvolumen wird die Struktur steifer und somit nimmt die Schaumkriechdehnrate ab. Aus diesem Grund ist nach der gleichen Zeit eine geringere Schaum-Kriechdehnung vorhanden. Für eine hohe Kriechbeständigkeit und Formstabilität des belasteten Filters während der Anwendung bei Hochtemperatur ist somit eine hohe relative Dichte notwendig. ■

[1] J. Solarek, C. Bachmann, Y. Klemm, C. G. Aneziris, H. Biermann, J. Am. Ceram. Soc. 2016, 99 (4), 1390-1397

[2] C. Sett gast, J. Solarek, Y. Klemm, M. Abendroth, M. Kuna, H. Biermann, Adv. Eng. Mater. 2017, 19 (9), 1700082 (1-9)

[3] M. Abendroth, E. Wertzner, C. Sett gast, S. Ray, Adv. Eng. Mater. 2017, 19 (9) 1700080 (1-10)

MECHANISCHES VERHALTEN FEINKÖRNIGER, KOHLENSTOFFGEBUNDENER SCHAUM-STRUKTUREN BEI TEMPERATUREN BIS 1500 °C

In Teilprojekt C02 werden die mechanischen Eigenschaften von kohlenstoffgebundenen Filterwerkstoffen bei hohen Temperaturen untersucht. Besonderes Augenmerk liegt dabei neben der Untersuchung von Volumenproben auf der Prüfung von Filterstrukturen.

Aufgrund ihrer einzigartigen chemischen, physikalischen und mechanischen Eigenschaften bei hohen Temperaturen werden kohlenstoffgebundene Werkstoffe häufig für Feuerfestanwendungen eingesetzt. Die Mechanismen ihres Hochtemperatur-Verformungsverhaltens sind jedoch unklar.

Im vorliegenden Beitrag wurden Filterproben bei Temperaturen zwischen 800 °C und 1500 °C in quasi-statischen Druckversuche unter Argon-Atmosphäre durchgeführt, [1]. Abbildung 1 zeigt den Prüfaufbau der Versuche.

Die Filter zeigten bei mittleren Temperaturen zwischen 800 °C und 1200 °C sprödes Verhalten, siehe Abbildung 2a. Die Kraft-Kompressions-Kurven zeigten einen linearen Anstieg in Folge der elastischen Verformung der Filter. In unregelmäßigen Abständen traten zahlreiche abrupte Abfälle auf, die auf das Versagen einzelner Filterstege zurückzuführen sind.

Bei höheren Temperaturen bis 1500 °C kam es kaum noch zu abrupten Kraftabfällen und damit auch seltener zum Bruch einzelner Stege. Die Filter zeigten ein ausgeprägtes duktileres Verhalten, was sich in stetigen, kontinuierlichen Kraft-Kompressions-Kurven äußerte, siehe Abbildung 2b.

Alle Versuche wurden hinsichtlich ihrer Maximalkraft ausgewertet, um die Filterfestigkeit zu bewerten. Der Verlauf der Filterfestigkeit über der Temperatur ist in Abbildung 3 dargestellt. Während die Festigkeit bis 1300 °C nahezu konstant bleibt, zeigt sich bei 1400 °C ein ausgeprägtes Maximum mit anschließendem Abfall bis 1500 °C. Die Ursache für das Maximum liegt im Übergang des Materialverhaltens von spröde zu duktil bei hohen Temperaturen.

Bei mittleren Temperaturen zeigt der Filter keine plastische Verformung. Ab einer gewissen Last übersteigt die lokale Belastung an einem Steg dessen Festigkeit. Der Steg versagt, wodurch die Kraft fällt. Bei Kompression des Filters werden weitere Stege des Filters belastet, bis diese ebenfalls brechen.

Ab 1400 °C ist der Filter in der Lage, lokale Spannungskonzentrationen durch plastische Deformation abzubauen. Der Filter verformt sich, wodurch die Last auf die Stege gleichmäßiger verteilt wird. Da so der gesamte Filter belastet wird, kommt es zu einem Anstieg der Festigkeit. Ab 1500 °C sinkt die Festigkeit in Folge einer fortschreitenden Erweichung des Materials wieder.

Ein Nachweis für das duktile Verhalten der Filter war die bleibende plastische Kompression dieser um bis zu 2 mm nach Versuchen bei 1500 °C. Eine Probe zeigte nach Prüfung bei 1500 °C einen angerissenen Filtersteg, der auf stabiles Risswachstum bei diesen Temperaturen schließen lässt, siehe Abbildung 4. ■

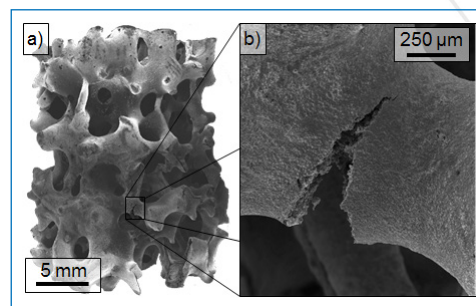


Abb. 4: Übersichtsaufnahme (a) und Detailaufnahme (b) eines bei 1500 °C getesteten Filters mit angerissenen Filtersteg, aufgenommen mittels REM.

Autor: Johannes Solarek (Teilprojekt C02)

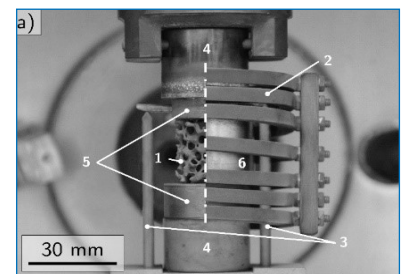


Abb. 1: Prüfsystem für Hochtemperatur-Druckversuche an Filterstrukturen mit Probe (1), Kupferspule zur Erwärmung (2), Messtastern zur Wegmessung (3), Si₃N₄-Stempeln (4), Suszeptoren (5) und Suszeptorkäfig (6).

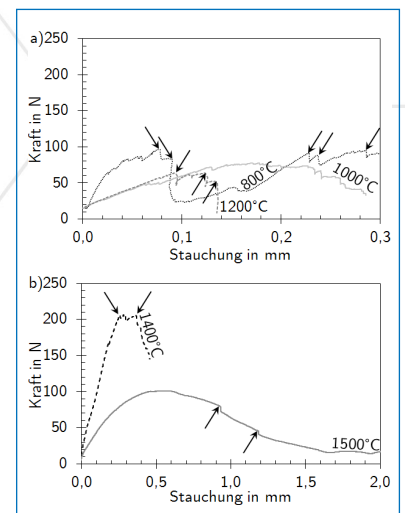


Abb. 2: Kraft-Stauchungs-Kurven der Filter bei mittleren Temperaturen mit sprödem Verhalten (a) und hohen Temperaturen mit duktilem Verhalten (b). Die Pfeile kennzeichnen spröden Bruch einzelner Filterstege.

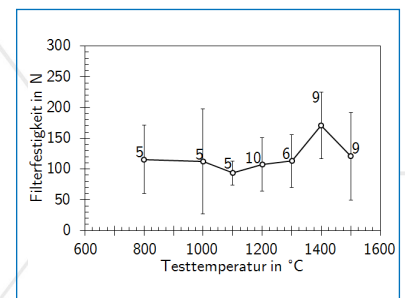


Abb. 3: Entwicklung der Festigkeit der Filterstrukturen über der Temperatur mit Maximum bei 1400 °C.

[1] J. Solarek, C. Hircinschi, Y. Klemm, C.G. Aneziris, H. Biermann, Carbon 2017, 122, 141-149

AKTUELLE PUBLIKATIONEN (DEZEMBER 2017 - MAI 2018)

Weitere Informationen zu den insgesamt 240 Publikationen aus der zweiten Förderperiode bis Mai 2018 sowie über die derzeit 17 Patente und Patentanmeldungen finden Sie unter <http://tu-freiburg.de/forschung/sfb920>.

Projektbereich A - Filterwerkstoffe

Teilprojekt A01

Bock, B., Schmidt, A., Schmidt, G., Jastrzebska, I., Szczerba, J., Aneziris, C.G. (2018): Spinel forming systems (Mg-/Fe-/Mn-Al-O) as coating material for carbon-bonded filters for steel melt filtration. 93. DKG Jahrestagung & Symposium Hochleistungskeramik 2018, 10.-13.04.2018, Messe München, Germany, Poster

Gehre, P., Schmidt, A., Dudczig, S., Hubáková, J., Aneziris, C.G., Child, N., Delaney, I., Rancoule, G., DeBastiani, D (2018): Interaction of slip- and flame-spray coated carbon-bonded alumina filters with steel melts. Journal of the American Ceramic Society, Vol. 101, Iss. 7, July 2018, pp. 3222-3233, DOI 10.1111/jace.15431.

Jankovský, O., Storti, E., Moritz, K., Luchini, B., Jiříčková, A., Aneziris, C.G. (2018): Nano-functionalization of carbon-bonded alumina using graphene oxide and MWCNTs. Journal of the European Ceramic Society, (2018), accepted: 30.04.2018, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.04.068

Luchini, B., Hubáková, J., Wetzig, T., Grabenhorst, J., Fruhstorfer, J., Panfolli, V.C., Aneziris, C.G. (2018): Carbon-bonded alumina foam filters produced by centrifugation: A route towards improved homogeneity. Ceramics International, accepted: 26.04.2018, DOI 10.1016/j.ceramint.2018.04.228

Luz, A.P., Gabriel, A.H.G., Consoni, L.B., Aneziris, C.G., Pandolfelli, V.C. (2018): Self-reinforced high-alumina refractory castables. Ceramic International, Vol. 44, Iss. 2, 1 Februar 2018, pp. 2364-2375, DOI 10.1016/j.ceramint.2017.10.205

Storti, E., Berek, H., Aneziris, C.G. (2018): Focused ion beam preparation and microscopy investigation of secondary layer on carbon-bonded alumina filter after steel contact. Ceramics International, accepted: 09.05.2018, DOI 10.1016/j.ceramint.2018.05.065

Storti, E., Dudczig, S., Schmidt, G., Aneziris, C.G. (2018): Impact of surface functionalization of carbon-bonded filters on steel purity. 93. DKG Jahrestagung & Symposium Hochleistungskeramik 2018, 10.-13.04.2018, Messe München, Germany, Vortrag

Storti, E., Jankovský, O., Colombo, P., Aneziris, C.G. (2018): Effect of heat treatment conditions on magnesium borate fibers prepared via electrospinning. Journal of the European Ceramic Society, (2018), Vol. 38, Iss. 11, (September 2018), pp. 4109-4117, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2018.04.050

Storti, E., Schmidt, A., Dudczig, S., Aneziris, C. G. (2018): Surface functionalization of carbon-bonded filters and impact on steel cleanliness. Proceedings of the 60th International Colloquium on Refractories 2017 – Supplier Industries enabling REFRACTORIES, 18.-19.10.2017, Aachen, pp. 190-193, ISBN 978-3-9815813-3-1

Yan, W., Schmidt, A., Dudczig, S., Wetzig, T., Wei, Y., Li, Y., Schafföner, S., Aneziris, C.G. (2018): Wettability phenomena of molten steel in contact with alumina substrates with alumina and alumina-carbon coatings. Journal of the European Ceramic Society, Vol. 38 (2018), pp. 2164-2178, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2017.12.001

Teilprojekt A02

Voigt, C., Aneziris, C.G. (2018): The influence of the measurement parameters on the crushing strength of reticulated ceramic foams. 93. DKG Jahrestagung & Symposium Hochleistungskeramik 2018, 10.-13.04.2018, Messe München, Germany, Poster

Voigt, C., Ditscherlein, L., Wertzner, E., Nowak, R., Peuker, U., Sobczak, N., Aneziris, C.G. (2018): Wettability of AlSi7Mg alloy on alumina, spinel, mullite and rutile and its influence on the aluminum melt filtration efficiency. Journal of Materials & Design, Vol. 150, 15 July 2018, pp. 75-85, DOI 10.1016/j.matdes.2018.04.026.

Voigt, C., Hubáková, J., Aneziris, C.G. (2018): Challenges of mercury intrusion porosimeter measurements on cellular ceramic foams for metal melt filtration. 93. DKG Jahrestagung & Symposium Hochleistungskeramik 2018, 10.-13.04.2018, Messe München, Germany, Vortrag

Voigt, C., Hubáková, J., Aneziris, C.G. (2018): Druckfestigkeitsmessungen an offenzelligen keramischen Schäumen ex situ und in situ CT Analysen. Interdisziplinäre Symposium für Ingenieurinnen und Naturwissenschaftlerinnen, ISINA 2018, Chemnitz, 5.-06.03.2018, Poster

Teilprojekt A03

Ilatovskaia, M., Saenko, I., Savinykh, G., Fabrichnaya, O. (2018): Experimental study of phase equilibria in the Al₂O₃-MgO-TiO₂ system and thermodynamic assessment of the MgO-TiO₂ system. Journal of the American Ceramic Society, accepted: 27.04.2018, DOI 10.1111/jace.15748

Zienert, T., Fabrichnaya, O. (2018): Experimental investigation and thermodynamic assessment of the Al-Fe system. Journal of Alloys and Compounds, Vol. 743 (2018), pp. 795-811, DOI 10.1016/j.jallcom.2018.01.316

Teilprojekt A05

Drehmann, R., Grund, T., Wielage, B., Wüstefeld, C., Motylenko, M., Rafaja, D. (2018): Essential Factors Influencing the Bonding Strength of Cold-Sprayed Aluminum Coatings on Ceramic Substrates. Journal of Thermal Spray Technology, Vol. 27, Iss. 3 (February 2018), pp. 446-455, DOI 10.1007/s11666-018-0688-0

Rudolph, M., Rafaja, D. (2018): γ -Al₂O₃ – a defect stabilized phase. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Kristallographie, DGK 2018, 05.-08.03.2018, Essen, Vortrag, Programm-ID: S18-05

Teilprojekt A07

Becker, H., Leineweber, A. (2018): Approximate icosahedral symmetry of α -Al(Fe,Mn,Cr)Si in electron backscatter diffraction analysis of a secondary Al-Si casting alloy. Materials Characterization, 141 (July 2018), pp. 406-411, DOI 10.1016/j.matchar.2018.05.013

Becker, H., Leineweber, A. (2018): Evaluation of the sample preparation quality for EBSD using SEMs with different EBSD detectors. DVM/DGM AK-Treffen „Mikrostrukturcharakterisierung im REM“, Universität Kassel, 28.-29.05.2018, Vortrag

Projektbereich B - Modellierung Filterstruktur/ Filtersystem

Teilprojekt B01

Ditscherlein, L., Peuker, U.A. (2018): The influence of nanobubbles on the interaction forces between alumina particles and ceramic foam filters in water. 8th World Congress on Particle Technology - WCPT, Orlando, USA, 22.-26.04.2018, Vortrag

Ditscherlein, L., Knüpfer, P., Peuker, U.A. (2018): AFM measurements of adhesion force on hydrophobic surfaces. 8th World Congress on Particle Technology - WCPT, Orlando, USA, 22.-26.04.2018, Vortrag

Hoppach, D., Peuker, U.A. (2018): Principles of Particle separation in ceramic deep foam filters based on a water model. Filtech 2018, 13-15 March 2018, Köln, Vortrag P069

Hoppach, D., Peuker, U.A. (2018): Prinzipien der Partikelabscheidung in keramischen Tiefenfiltern basierend auf einem Wassermode. ProcessNet Jahrestreffen, Merseburg, 26.-28.02.2018, Poster, MFA P06



Teilprojekt B03

Vijay, D., Goetze, P., Wulf, R., Gross, U. (2018): Homogenized and pore-scale analyses of forced convection through open cell foams. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 123, August 2018, pp. 787-804, DOI 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.03.008

Teilprojekt B04

Knüpfer, P., Peuker, U.A. (2018): Heterokoagulation von hydrophoben Partikeln durch Mikro/Nanoblasen. *ProcessNet Jahrestreffen*, Merseburg, 26.-28.02.2018, Plenarvortrag, Nr. 12362

Knüpfer, P., Peuker, U.A. (2018): Interaction Forces in Relation to Agglomerate Size of Hydrophobic Particles. *8th World Congress on Particle Technology - WCPT*, Orlando, USA, 22.-26.04.2018, Vortrag

Teilprojekt B06

Asad, A., Bauer, K., Chattopadhyaya, K., Schwarze, R. (2018): Numerical and experimental modeling of the recirculating melt flow inside an induction crucible furnace. *Metallurgical and Materials Transactions B*, Vol. 49, Iss. 3, pp. 1378-1387, DOI 10.1007/s11663-018-1200-4

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

Fruhstorfer, J., Dudczig, S., Rudolph, M., Schmidt, G., Brachhold, N., Schöttler, L., Rafaja, D., Aneziris, C.G. (2018): Interface analyses between a case-hardened ingot casting steel and carbon-containing and carbon-free refractories. *Metallurgical and Materials Transaction B*, Vol. 49, Iss.3, June 2018, pp. 1499-1521, DOI 10.1007/s11663-018-1216-9

Luchini, B., Grabenhorst, J., Fruhstorfer, J., Pandolfelli, V.C., Aneziris, C.G. (2018): On the non-linear behavior of carbon-bonded alumina at high temperatures. *93. DKG Jahrestagung & Symposium Hochleistungskeramik 2018*, 10.-13.04.2018, Messe München, Germany, Poster, Best Poster Award, 3. Platz

Luchini, B., Grabenhorst, J., Fruhstorfer, J., Pandolfelli, V.C., Aneziris, C.G. (2018): On the non-linear behavior of Young's modulus of carbon-bonded alumina at high temperatures. *Journal of the American Ceramic Society*, accepted: 25.03.2018, pp.1-13, DOI 10.1111/jace.15575

Teilprojekt C03

Zielke, H., Abendroth, M., Kuna, M., Kiefer, B. (2018): Determining the fracture toughness of ceramic filter materials using the miniaturized Chevron-notched beam method at high temperature. *Ceramics International*, (2018), accepted: 28.04.2018, DOI 10.1016/j.ceramint.2018.04.248

Zielke, H., Schmidt, A., Abendroth, M., Kuna, M., Aneziris, C.G. (2018): Determining the strength of carbon-bonded alumina using the ball on three balls test. *Proceedings of the 60th International Colloquium on Refractories 2017 – Supplier Industries enabling REFRACTORIES*, 18.-19.10.2017, Aachen, pp. 194-198, ISBN 978-3-9815813-3-1

Teilprojekt C04

Gleinig, J., Lippmann, A., Weidner, A., Biermann, H. (2018): Microstructural analysis of non-metallic inclusions in cyclically deformed 18CrNiMo7-6 treated with different crucible materials. *Proceedings of the 60th International Colloquium on Refractories 2017 – Supplier Industries enabling REFRACTORIES*, 18.-19.10.2017, Aachen, pp. 199, ISBN 978-3-9815813-3-1

Transferprojekte**Transferprojekt T01**

Wetzig, T., Solarek, J., Klemm, Y., Hubáľková, J., Aneziris, C.G., Biermann, H. (2018): Mechanical Properties of Fine-Grained Carbon-Bonded Refractory Foams at Temperatures up to 1400 °C, a Tool for Predicting the Form Stability Behavior of Large Filter Components. *Proceedings of the 60th International Colloquium on Refractories 2017 – Supplier Industries enabling REFRACTORIES*, 18.-19.10.2017, Aachen, pp. 200-203, ISBN 978-3-9815813-3-1

Wetzig, T., Solarek, J., Klemm, Y., Hubáľková, J., Biermann, H., Aneziris, C.G. (2018): Mechanical strength, fracture and deformation behavior of carbon-bonded alumina foams at temperatures up to 1500 °C as well as during steel casting. *93. DKG Jahrestagung & Symposium Hochleistungskeramik 2018*, 10.-13.04.2018, Messe München, Germany, Vortrag

Übergreifende Teilprojekte

Aneziris, C.G. (2018): Clean Steel - Technologien auf der Basis von Wechselwirkungen von funktionalisierten Filtersystemen mit Stahlschmelzen. *Plenarvortrag aus der Technikwissenschaftlichen Klasse, Sächsische Akademie der Wissenschaften*, 04.05.2018, Leipzig, Plenarvorträge 2018

Fischer, U., Dudczig, S., Aneziris, C.G. (2017): Intelligente Funktionshöhlräume: Keramische Filter für die Metallschmelzefiltration; ein Beitrag zu Zero Defect Materials. *Acamonta*, 24 (2017), TU Bergakademie Freiberg, S. 33-37.

Patente und Patentanmeldungen**Teilprojekt A01**

Verfahren zur Herstellung von porösen oder dichten keramischen, metallischen oder metallokeramischen komplexen Erzeugnissen mit verbesserten thermomechanischen Eigenschaften. *PCT - Patentanmeldung Nr. PCT/EP2018/051864*, Anmeldetag: 25.01.2018

Keramische Metallschmelze-Filter. *Patentanmeldung 10 2018 201 577.5*, Anmeldetag: 05.02.2018

Teilprojekt C02

Verfahren zur Herstellung von Bauteilen mit lokal definierter unterschiedlicher physikalischer Dichte und/oder Porosität. *Patentanmeldung Nr. 10 2016 212 474.9*, Anmeldetag: 08.07.2016, Offenlegungstag: 11.01.2018

AUSZEICHNUNGEN

Für seine herausragende Dissertation zum Thema „Haftkräfte zwischen technisch rauen Oberflächen“ erhielt **Dr.-Ing. Jörg Fritzsche** vom Institut für Mechanische Verfahrenstechnik und Aufbereitungstechnik den „Bernhard-von-Cotta-Preis“. Herr Dr.-Ing. Fritzsche ist ehemaliger Mitarbeiter der TU Bergakademie Freiberg im Teilprojekt B04. Der Preis wurde durch den Verein der Freunde und Förderer der TU Bergakademie Freiberg (VFF) auf seiner Mitgliederversammlung im Dezember 2017 verliehen.



Foto (v.l.n.r.): Dr. Jörg Fritzsche, Prof. Dr. Gerhard Roewer, Prof. Dr. Horst Brezinski, Prof. Dr. Jörg Schneider, M.Sc. Steffen Trümper, Prof. Dr. Olena Volkova, Dipl.-Ing. Matthias Groll, Prof. Dr. Gottfried Jäckel.

PREISE UND PROMOTIONEN

Zwei weitere Doktoranden im MGK des SFB 920 haben erfolgreich ihre Promotionen abgeschlossen. **Frau M.Sc. Lilit Amirkhanyan** wurde nach erfolgreicher Verteidigung ihrer Dissertation mit dem Titel „Thermodynamic properties of intermetallics: Surfaces and Interfaces“ promoviert.

Herr M.Sc. Enrico Storti verteidigte erfolgreich seine Dissertation mit dem Titel „Functionalization of carbon-bonded ceramic foam filters with nano-scaled materials for steel melt filtration“.



Foto (v. l. n. r.): Prof. H. Biermann, Prof. P. Colombo, Prof. C.G. Aneziris, Dr. E. Storti, Prof. R. Schwarze.

GÄSTE AUS DER INDUSTRIE

Am 12. Dezember vergangenen Jahres hatten Mitglieder des SFB 920 die Gelegenheit, an einem gemeinsamen Workshop mit der Firma Foseco International Ltd. aus England teilzunehmen. Das Thema des Workshops lautete „Metal Melt Filtration for Foundry/Steel product & application“.



Foto : Nick Child, Vertreter der Foseco International Ltd., bei seinem Vortrag auf dem gemeinsamen Workshop in Freiberg.

KONFERENZEN UND CALLS FOR PAPERS

CIMTEC 2018 - 14th International Conference on Modern Materials and Technologies: 04.-08.06.2018 in Perugia, Italien; weitere Informationen unter <http://2018.cimtec-congress.org>.

ICC 2018 - 7th International Congress on Ceramics: 17.-21.06.2017 in Foz do Iguaçu, Brasilien; weitere Informationen unter <http://www.icc7.com.br>.

WFC 2018 - 73. World Foundry Congress, Session CRC 920: 23.-27.09.2018 in Krakau, Polen; weitere Informationen unter <http://www.73wfc.com/>

61. Internationales Feuerfestkolloquium: 26.-27.09.2018 in Aachen; weitere Informationen unter <http://www.ecref.eu/index.php?id=kolloquium>

MSE 2018 - Material Science Engineering Congress: 24.-28.09.2018 in Darmstadt; weitere Informationen unter <https://www.mse-congress.de/home/>

CellIMAT 2018 - 5. Cellular Materials, Session CRC 920: 24.-26.10.2018 in Bad Staffelstein; weitere Informationen unter <https://cellmat2018.dgm.de/home/>

9. Freiburger Feuerfestforum: 12.12.2018 in Freiberg.

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
Langwiesener Straße 22, 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; avecfilm Film- & Medienproduktion

AUSGABE: Nr. 14, Heft 01/2018
ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich



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