

# SFB 920



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

# NEWSLETTER

## 22 (1/2022)

**DFG** Deutsche  
Forschungsgemeinschaft



TECHNISCHE UNIVERSITÄT  
BERGAKADEMIE FREIBERG  
Die Ressourcenuniversität. Seit 1765.

Mechanik

Institut für Mechanisch Technolog  
Department of Mechanical Engineering



removal of small no



## LIEBE LESERINNEN UND LESER,

steigende Forderungen nach erhöhter Metallqualität und geringen Ausschussraten seitens der Anwender und Weiterverarbeiter verlangen nach maßgeschneiderten Lösungen bei der Auslegung, der Herstellung und dem Einsatz funktionalisierter Filterwerkstoffe und Filtersysteme. Neben Nachhaltigkeit, Ressourcen- und Energieeffizienz sind Klima- und Umweltschutz dabei wichtige Faktoren der vernetzten Forschungsaktivitäten der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler des SFB 920. Diese gewinnen beim Transfer von Forschungsergebnissen in industrielle Anwendungen sowie beim Austausch der wissenschaftlichen Erkenntnisse auf nationaler und internationaler Ebene immer mehr an Bedeutung.

Der Sonderforschungsbereich SFB 920 legt nun ausgewählte Ergebnisse seiner projektübergreifenden und interdisziplinären Arbeit u.a. in Form einer weiteren Sonderpublikation vor. Diese und weitere Neuigkeiten finden Sie in der aktuellen Ausgabe unseres Newsletters sowie auf unserer Homepage unter <http://tu-freiberg.de/forschung/sfb920>.

Viel Freude beim Lesen!

## INHALT

Aktuelles aus dem SFB 920

|   |   |
|---|---|
| <i>Neueste Entwicklungen und internationaler Austausch zur Metallschmelzefiltration</i> | 2 |
| <i>Weitere aktuelle Meldungen</i>   | 3 |
| <i>Aus den Arbeitsgruppen</i>   | 4 |

Aus der Forschung

|   |   |
|---|---|
| <i>Herstellung und Eigenschaften von Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-C-Kompaktzylindern basierend auf dem Laktose-Tannin-Bindersystem</i> | 6 |
| <i>Entfernung von Eisen aus einer sekundären Al-Si-Druckgusslegierung durch Metallschmelzefiltration</i>                              | 7 |

Aktuelle Publikationen

8

Internationale Gäste

9

Ausgezeichnet!

9

Promotionen im SFB 920

10

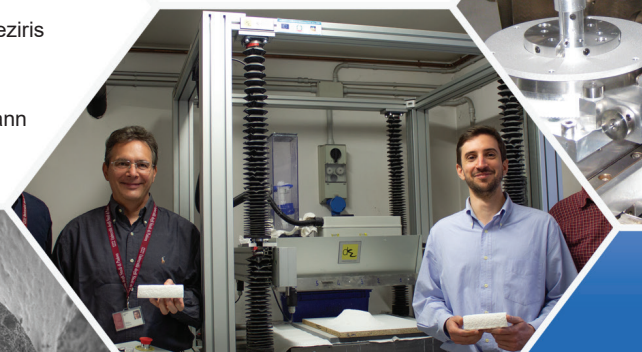
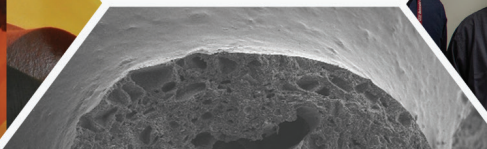
Termine und Impressum

10

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

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

Theodor-Haase-Preis



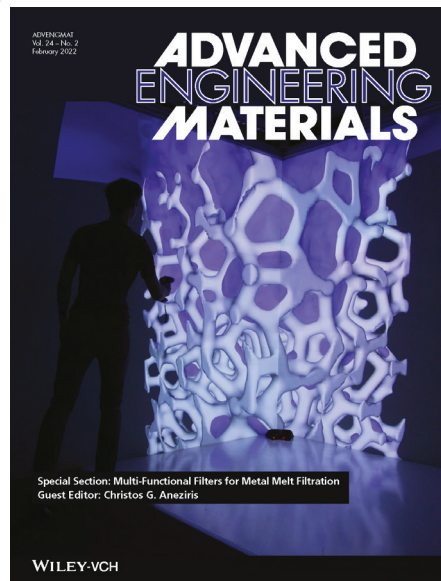
## NEUESTE ENTWICKLUNGEN UND INTERNATIONALER AUSTAUSCH ZUR METALLSCHMELZEFILTRATION

Ziel des Sonderforschungsbereichs 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero Defect Materials“ ist die enorme Reduzierung von anorganischen nichtmetallischen Einschlüssen in der Metallmatrix durch den Einsatz intelligenter Filtermaterialien sowie Filtersysteme mit funktionalisierten Filteroberflächen. Ein Sonderheft der „Advanced Engineering Materials“ sowie das 12. Freiburger Feuerfestforum widmen sich in umfassender Weise ausgewählten Forschungsergebnissen entlang der gesamten Prozesskette der Metallschmelzefiltration.

Insbesondere in der dritten Förderperiode des SFB 920 steht eine **neue Generation von kombinierten weiterentwickelten Filtersystemen** im Mittelpunkt der Forschungsarbeit. Dabei kommt die Metallschmelze zunächst mit einem reaktiven Filter in Kontakt, der sowohl Gasblasen in der Schmelze erzeugt als auch Gasblasen an der Oberfläche der Einschlüsse aktiviert. Dadurch wird eine Art Flotation der Einschlüsse in Richtung der Schlacke an der Oberfläche der Schmelze hervorgerufen. Weiterhin tragen die hohe Reaktivität sowie die Gasblasen zur Agglomeration der feinen Einschlüsse zu großen Clustern bei, die aufgrund von Auftriebskräften an die Oberfläche der Schmelze gelangen oder an der Oberfläche von aktiven Filtern filtriert werden, die keine Gasblasen bilden, sondern auf ihren funktionalisierten Oberflächen die gleiche Chemie wie die der Einschlüsse für eine ausreichende Adhäsion und damit für eine ausreichende Filtration der Einschlüsse bereitstellen. Mit Hilfe der Modellierung werden die verschiedenen Beiträge der Gasblasen und der in situ gebildeten reaktiven Schichten auf der Oberfläche der reaktiven Filter so abgebildet, dass über die Generierung von Codes hinsichtlich der thermomechanischen und funktionellen Eigenschaften der Filter ein 3D-Druck von Filterstrukturen möglich ist, die dann z. B. mit Hilfe einer robotergestützten Flamspritztechnologie ihre endgültige Form und Funktion erhalten.

Auf diese und weitere aktuelle Forschungsergebnisse des SFB 920 konzentriert sich eine **Sonderausgabe der „Advanced Engineering Materials“**. In 23 Beiträgen wird die gesamte Prozesskette der Metallschmelzefiltration „vom Material zum Bauteil“ aus 19 disziplinübergreifenden Projekten von mehr als 25 geförderten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern vorgestellt. Besonderes Augenmerk liegt dabei auf den

projektübergreifenden Beiträgen der Doktorandinnen und Doktoranden des SFB 920. Neben der Filtration von Stahlschmelzen werden auch Ergebnisse für die Metallschmelzefiltration von Aluminium- und Magnesiumlegierungen gezeigt. ■



Unter dem Gesichtspunkt aktueller Klimaschutzziele, dem Einsatz von grünem Wasserstoff als klimafreundlichen Energieträger der Zukunft und den damit verbundenen Auswirkungen auf feuerfeste Materialien in Hochtemperaturprozessen fand auf Einladung des SFB 920 „Multifunktionale Filter für die Metallschmelzefiltration - ein Beitrag zu Zero Defect Materials“, des DGM/DKG-Fachausschuss "Feuerfestwerkstoffe" und der DFG-Forschungsgruppe FOR 3010 „Refrabund“ das **12. Freiburger Feuerfestforum** im Dezember 2021 digital statt.

Rund 90 Teilnehmer aus dem In- und Ausland aus Wissenschaft, Industrie und Fachverbänden tauschten sich über aktuelle Entwicklungen feuerfester Materialien und deren Anwendungen aus. Zu den Referenten zählten internationale Experten aus Industrie und Wissenschaft. Beteiligte des SFB 920 und der FOR 3010 informierten im Rahmen einer digitalen Posterausstellung über neueste Entwicklungen und

innovative Forschungsansätze auf dem Gebiet der Metallschmelzefiltration und refraktären Verbundwerkstoffe.

Einen umfassenden Überblick zur Energiewende in Deutschland gab **Dr. Georg Nikolaus Stamatelopoulos**, Mitglied des Vorstandes der **EnBW Energie Baden-Württemberg AG** in Stuttgart. **Prof. Dr. Helge Jansen**, Geschäftsführer bei der **Refratechnik Steel GmbH** und **Refratechnik Casting GmbH** in Düsseldorf stellte neueste Erkenntnisse zum Einfluss von Wasserstoff bzw. wasserhaltiger Atmosphäre auf übliche feuerfeste Werkstoffe bei Hochtemperaturanwendung vor. Über energetische Aspekte bei der Nutzung von Gasblasen zur Reinigung von Stahlschmelzen informierte **Prof. Dr. Victor Carlos Pandolfelli** von der **Universidade Federal de Sao Carlos** in Brasilien. Weiterhin präsentierte Herr **Vincent Leroux** von der Firma **Vesuvius Group AG** in Belgien innovative Ansätze zur Verbesserung der Reinheit von Stahl. Frau **Dr. Vania Regina Salvini** vom **FATEC Sertaozinho** in Brasilien stellte neueste Entwicklungen beim Herstellungsprozess von Schaumkeramikfiltern vor.

Ein wichtiges Anliegen des Freiburger Feuerfestforums ist die Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses. Dazu stiftet der Verein „MORE – Meeting of Refractory Experts Freiberg e.V.“ jährlich den **Theodor-Haase-Preis** für hervorragende Master- und Diplomarbeiten auf dem Gebiet der „Feuerfest-Hochtemperaturanwendungen“, der im Rahmen des Freiburger Feuerfestforums verliehen wird. Diesjähriger Preisträger ist M.Eng. Serhii Yaroshevskiy von der TU Bergakademie Freiberg. In seiner Masterarbeit, die am Institut für Keramik, Feuerfest und Verbundwerkstoffe durchgeführt wurde, entwickelte Herr Yaroshevskiy Filamente aus metallokeramischen Verbundwerkstoffen für die additive Fertigung. Die Arbeit fand unter Betreuung von Prof. Christos G. Aneziris statt. Die Auszeichnung erinnert an den Freiburger Wissenschaftler Theodor Haase und sein Engagement für die Ausbildung von Silikattechnikern. ■

## WEITERE AKTUELLE MELDUNGEN

Von November 2021 bis Februar 2022 absolvierte **Dr.-Ing. Hanka Becker** einen Forschungsaufenthalt an der **Technical University of Denmark (DTU)** in Kongens Lyngby. Die DTU hat ca. 13.000 Studenten und zählt zu den führenden technischen Institutionen Europas.

Frau Dr. Becker folgte damit einer Einladung vom Leiter des Fachbereichs Werkstoffe und Oberflächentechnik an der Fakultät für Maschinenbau, Prof. Wolfgang Pantleon. An der DTU in Kongens Lyngby führte sie einen Teil der Arbeiten für das Teilprojekt A07 durch, das sich mit der Entfernung von Eisen aus Sekundäraluminium mittels Metallschmelzefiltration beschäftigt.

„In der Forschungsgruppe an der DTU konnte ich unter besten Bedingungen intensiv an den Forschungsaufgaben arbeiten“, fast Frau Dr. Becker ihren Aufenthalt zusammen. Mit Hilfe der Computertomographie und der Rasterelektronenmikroskopie konnte sie die Kinetik der Bildung von primären Partikeln aus eisenhaltigen intermetallischen Phasen in sekundären eisenhaltigen Al-Si-Schmelzen auf Filtersubstraten aus Aluminiumoxid und kohlenstoffgebundenem Aluminiumoxid

Die Herstellung drossfreier Großgussteile aus Gusseisen mit Kugelgraphit (GJS-Legierungen) ist Gegenstand eines **neuen Transferprojektes** unter der Leitung von **Prof. Gotthard Wolf und Prof. Michal Szucki** (beide Gießerei-Institut), das die Deutsche Forschungsgemeinschaft bewilligt hatte. Gemeinsam mit einem thüringischen Industriepartner soll der gezielte **Einsatz innovativer Filterbauteile für die Metallschmelzefiltration im Formguss für Gusseisenlegierungen** untersucht werden.

Schwerpunkt des Transferprojekts ist die Erforschung einer turbulenzfreien Gießtechnologie zur Entfernung nichtmetallischer Einschlüsse (Dross) in GJS-Legierungen mit Hilfe der im SFB 920 entwickelten intelligenter Filterwerkstoffe bzw. Filterbauteile für tonnenschwere Großgussteile. Gemeinsam mit dem Anwendungspartner Silbitz Guss GmbH

erfolgreich untersuchen. Durch die Nutzung geeigneter Filtersubstrate zur Entfernung von Eisen lässt sich die Qualität von eisenhaltigen Al-Si-Legierungen gezielt verbessern. ■

Außerdem weilte **Dr.-Ing. Enrico Storti** (Teilprojekt A01, C01) im Mai 2022 zu einem Gastaufenthalt an der **Universita di Padova** in Italien, um gemeinsam mit Wissenschaftlern der Forschungsgruppe von Prof. Paolo Colombo Untersuchungen zur Herstellung von Filterstrukturen mit Hilfe der additiven Fertigung durchzuführen. Dabei wurde der 3D-Druck von Probekörpern auf Basis der im SFB 920 entwickelten keramischen Werkstoffzusammensetzungen, die als Filtermaterialien verwendet werden können, mit der Binder-Jetting-Technologie realisiert.

Prof. Colombo ist Fachexperte auf dem Gebiet zellulärer Materialien, insbesondere der Entwicklung neuer Prozessrouten für präse Gläser und Keramiken, wie z. B. die additive Fertigung von porösen keramischen Bauteilen. Er unterstützt seit der ersten Förderperiode den SFB 920, u. a. als Mercator-Fellow. ■

werden die neuen Filtersysteme für die Drossentfernung entwickelt und entsprechend der Gussteilgeometrie ausgelegt sowie unter industriellen Bedingungen für komplexe Gießsysteme in Großgussversuchen eingesetzt. Neben der verbesserten Produktqualität soll die gezielte Filtration von Dross zu einer geringeren Ausschussrate und damit zu weniger kostenintensiven Behandlungsschritten in Gießereien führen.

Die Auslegung und der prozesssichere Einsatz der neuen Metallschmelzefilter im Gießsystem für GJS-Legierungen und die Untersuchungen der damit hergestellten Großgussteile erfolgt beim Industriepartner. Die Entwicklung und Eignungsprüfung der neuen Filter für Gusseisenlegierungen findet am Gießerei-Institut statt. ■

## INTERNATIONALER WISSENSAUSTAUSCH

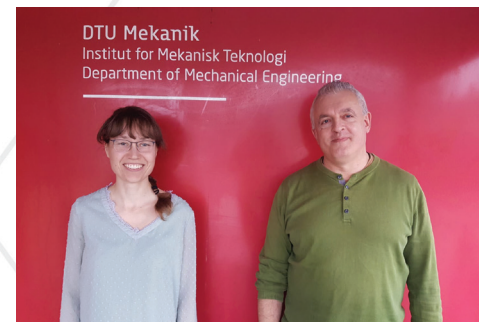


Foto (v.l.n.r.): Dr.-Ing. Hanka Becker, Prof. Wolfgang Pantleon (DTU Dänemark).

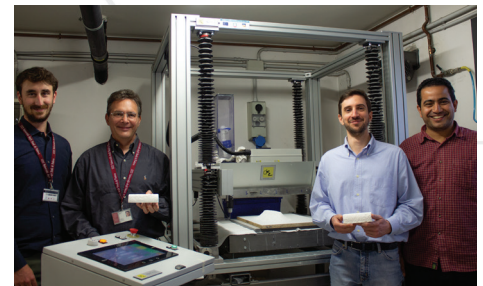


Foto (v.l.n.r.): Dr. Filippo Gobbin, Prof. Paolo Colombo (beide Universita di Padova), Dr.-Ing. Enrico Storti (TU BAF), Dr. Hamada Elsayed (Universita di Padova).

## WEITERES TRANSFERPROJEKT BEWILLIGT



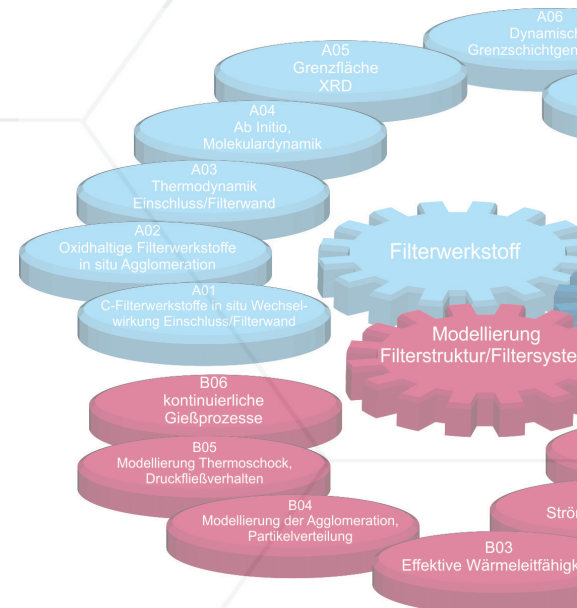
Foto: Impingementtest am Gießerei-Institut zur Eignungsprüfung neu entwickelter Metallschmelzefilter.

## 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. Hanka Becker)

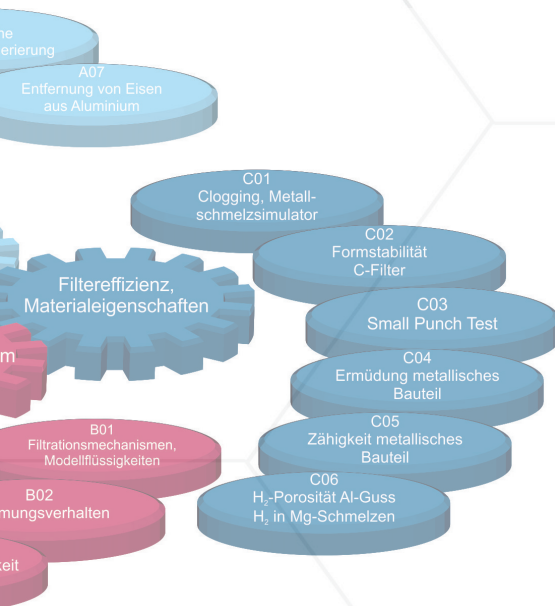
- Herstellung von Proben aus keramischen Rezepturen mit Eignung für den Einsatz als Filtermaterial (Universität Padova und TUBAF); 3D-Druck von Probekörpern mit Binder-Jetting-Technologie (A01),
- Untersuchung von kohlenstoffhaltigen Aluminaschlackern auf Basis von Laktose und Tannin für das alginatbasierte Robo-Gelcasting und deren Einfluss auf die Substrateigenschaften (A01),
- Herstellung von  $Al_2O_3$ -C Schaumfilter mit  $Al_2O_3$ -Flammspritzschichten für Unterguss-Gießversuche bei der Firma Deutsche Edelstahlwerke Specialty Steel (A02, T04),
- Untersuchung des ternären Systems  $MgO$ - $TiO_2$ - $SiO_2$ : Festkörperreaktion und Bestimmung der Liquidusfläche (A03),
- Bestimmung von Übergangszuständen in der Pyrolyse von Catechin mithilfe der NEB-Methode (A04),
- Untersuchung des Einflusses von zugegebenem SiC auf kohlenstoffgebundene  $Al_2O_3$  Filter mithilfe von Ramanspektroskopie (A04),
- Kinetische Beschreibung der Grenzflächenreaktion zwischen geschmolzenem Al und funktionalisierten  $SiO_2$ -Beschichtungen mittels HTXRD bei konstanten Heizraten (A05),
- Zweite Syntheseriehe für  $MnAl_2O_4$  aus  $Mn_2O_3 + C + \alpha$ - und  $\gamma$ - $Al_2O_3$  (A06),
- Neue Methode zur Habitus Ebenenbestimmung aus Daten von 2D EBSD-Karten zur Charakterisierung von Grenzflächen (A07),
- SNMS-Messungen an spodumenhaltigen Filtermaterialien unterschiedlicher Qualitäten zur Quantifizierung der Spodumengehalte (C06),
- Durchführung von Modell- und Real-Filtrationsversuchen mit  $Al_2O_3$ -,  $MgAlON$ -, und  $MgAl_2O_4$ -beschichteten sowie unbeschichteten  $Al_2O_3$ -C-Filtern mit AZ91 (C06),
- Untersuchungen zur Reduzierung des Wasserstoffgehaltes in einer  $AlSi7Mg$ -Schmelze durch den Einsatz von spodumenhaltigen Filtermaterialien unter praxisnahen Bedingungen im Sandguss (S03)
- Einfluss unterschiedlicher Filtermaterialien und -beschichtungen auf die Entfernung von Fe aus einer sekundären Al-Si-Legierung unter Verwendung einer Laborfiltrationsapparatur (T03)
- Erhalt von SiC-Fasern der Fa. BJS ceramics GmbH für Untersuchungen im RT-Modellsystem und für Abgüsse in einer  $AlSi10Mg$ -Legierung (T05).



### Arbeitsgruppe 3: „Thermomechanische Eigenschaften der Filterwerkstoffe und Filterstrukturen“ (Leitung: Dipl.-Ing. Alexander Malik)

- Mechanische, numerische und physikalische Charakterisierung von  $Al_2O_3$ -C-Schaumfiltern, hergestellt über verschiedene Routen. (A01, T01, B05, S01),
- Direct-FE<sup>2</sup> Implementierung von mikromorphen Theorien zur Modellierung von Größeneffekten (B05),
- Festigkeitsbewertung des Filters beim Eintauchvorgang mit Abgleich der Versuchsdaten von Transferprojekt T04 (B05),
- Simulation einer carbothermischen Reduktion und anschließenden Abscheidung von Korund unter Verwendung des entwickelten Phasenfeldmodells für chemisch reaktive Multikomponenten/Multiphasensysteme (B05),
- Bruchmechanische Prüfung der  $Al_2O_3$ -C-Kompaktstäbe basierend auf dem Laktose-Tannin-Bindersystem (C02),
- Thermomechanische Prüfungen (700 bis 1400 °C) der  $Al_2O_3$ -C-Schaumfilter basierend auf dem Laktose-Tannin-Bindersystem (C02),
- Untersuchung verschiedenen Arten von Filtermaterialien anhand des Hochtemperatur-Brazilian Disc Tests (C03),
- Bestimmung von Raumtemperatur- und Hochtemperatur-Bruchzähigkeit von Filtermaterialien anhand von Kohäsivzonenmodellen und experimentellen Daten (C03).





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

- Erweiterung des Schichtmodells zur Beschreibung von Van-der-Waals-Kräften für Oberflächen mit ungleichmäßiger Beschichtung unter Annahme von zufälliger sowie von der Rauheitstiefe abhängiger Verteilung (B01),
- Iterative Bestimmung der Kapillarkraftverteilung aus Größenverteilungen von Nanobläschen, welche aus AFM Topografiedaten gewonnen wurden (B01),
- Erweiterung und Parallelisierung eines Codes zur Lösung der 1D Strahlungstransportgleichung für die modellgestützte Bestimmung von Extinktionskoeffizient und Albedo keramischer Schaumfilter aus Messungen von Transmission und Reflexion (B02, B03),
- Verbesserung der Kühlwasserversorgung der Messapparatur zur Bestimmung der Wasserstoffsorption in Metallschmelzen, um höhere Messtemperaturen realisieren sowie die Ofentemperatur präzise mit definierten Abkühlraten herunterregeln zu können (B03),
- Durchführung erster Versuche zur Bestimmung des volumetrischen Wärmeübergangskoeffizienten bei Verwendung von Gusseisenschmelze (B03, S03),
- Untersuchung des Kontaktverhaltens von Modellpartikeln mit Heterokoagulaten mithilfe des CP-AFM (B04),
- Auswertung der 2D-Untersuchung zum Blasenauftstieg und der Interaktion zwischen aufsteigender Blase und dispergierten Partikeln anhand eines Wassermodells sowie Durchführung erster CFD-Simulationen einer Blasenkettenkette mithilfe der VOF-Methode im Hinblick auf eine detaillierte Modellierung der Partikel-Blase-Interaktion mittels VOF-DPM-Ansatz (B06),
- Auswertung umfangreicher porenskaliger Simulationen zum Einfluss verschiedener Modifikationen der Filtergeometrie auf den Filtrationsprozess beim Aluminiumstrangguss mithilfe von Werkzeugen zur automatisierten Reporterzeugung auf Grundlage von Python und Markdown (S02, B02).

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

- Auswahl eines optimalen Feuerfestwerkstoffs für die Herstellung einer Fe-TiC-Legierung. Es wurden drei keramische Substrate ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaZrO}_3$  und  $\text{ZrO}_2$ ) mit Hilfe der Sessile-Drop-Methode bei  $1650^\circ\text{C}$  in Kontakt mit der flüssigen Fe-TiC-Legierung getestet. (C01),
- Selen wird als zielführend für den Entkupferungsprozess angesehen. Es wurde nachgewiesen, dass sich CuSe bei Zugabe von Se in flüssiges Fe-Cu (1 Gew%) bildet. Weiterhin wurde nachgewiesen, dass sich durch Zugabe einer Schlacke zur Fe-Cu-Se-Schmelze eine große Menge des gebildeten CuSe in die Schlacke überführen lässt. Um die Effizienz des Entkupferungsprozesses zu erhöhen, wurde mehrere Schlackentypen für weitere Experimente ausgewählt. (C01),
- Nanoindentation von  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ -Einschlüssen in 42CrMo4 und Analyse des Verformungsverhaltens von  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  mittels Focused Ion Beam-Technik und Transmissions-Rasterelektronenmikroskopie (C04),
- Analyse der aktivierten Gleitsysteme in  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  bei der Nanoindentation anhand von EBSD-Daten und mit Hilfe der MATLAB-Toolbox MTEX (C04),
- Untersuchungen mittels Konfokalem Laser Scanning Mikroskop zum Verhalten von sparsartinhaltigen Multiphasen-Einschlüssen bis  $1300^\circ\text{C}$  und daraus Ableitung der Evolution dieser Einschlüsse während der reaktiven und aktiven Filtration von Stahlschmelze (A01, C04),
- Simulation der Probenerwärmung und -abkühlung während der Puls- und Pausephasen unter Verwendung von Anfangsverteilungen, Dirichlet- und Neumann-Randbedingungen für die Temperatur aus experimentellen Thermographiedaten. Validierung der 3D-FEM-Berechnung für die Abkühlphase durch Vergleich mit Ergebnissen aus einer 1D Formulierung sowie der Lösung des zugehörigen Wärmeleitungsproblems mit numerischen und analytischen Verfahren (C04),
- Bruchmechanische Charakterisierung von Probenmaterial aus Kombinations-Filtrationsversuchen mit Tauch- und Abgussfiltern unter quasi-statischer Belastung. Analyse der Bruchfläche hinsichtlich spaltbruchauslösender Defekte, die im unteren Übergangsbereich des Zähigkeits-Temperatur-Verlaufs zu erhöhter Streuung führen (C01, C05).

## HERSTELLUNG UND EIGENSCHAFTEN VON $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -KOMPAKTZYLINDERN BASIEREND AUF DEM LAKTOSE-TANNIN-BINDERSYSTEM

Autor: Dr. Xian Wu  
(Teilprojekt C02)

Das Teilprojekt C02 untersucht die Festigkeit und Stabilität von  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$  als Kompakt- und Filterproben bei Raum- und Hochtemperatur. Vor kurzem wurde ein Schlickergießverfahren für die Herstellung von  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -Kompaktzylindern basierend auf dem Laktose-Tannin-Bindersystem (L-T-Bindersystem) entwickelt.

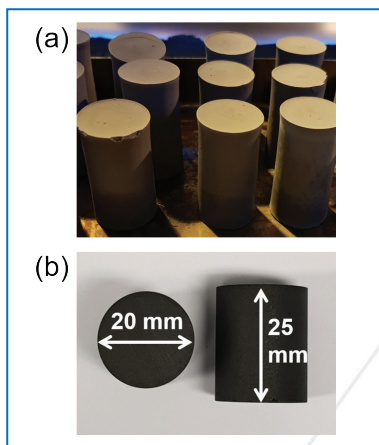


Abb. 1: Gießkörper nach Härtung (a) und nach Drehen (b).

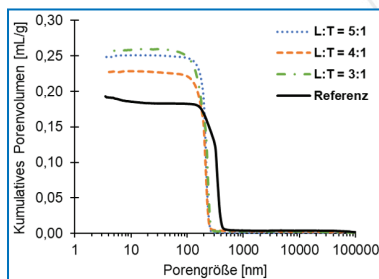


Abb. 2: Messergebnisse der Quecksilberdruckporosimetrie.

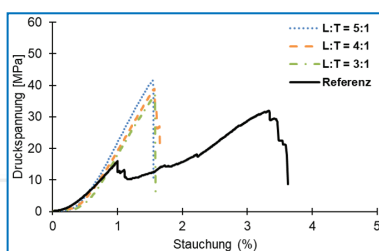


Abb. 3: Typische Kurvenverläufe der Kalkdruckfestigkeitsprüfungen.

$\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -Kompaktstäbe und -zylinder basierend auf dem Pechbinder Carbores P wurden bereits hergestellt und untersucht [1-3]. Die Formgebung dieser Proben erfolgte durch Pressen. Die Korrelation der physikalischen und mechanischen Eigenschaften solcher gepressten Kompaktproben mit denen der  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ -Schaumfilter, die auf der gleichen oder ähnlichen Rohstoffzusammensetzung basieren, ist eher begrenzt, da die Formgebung des letzteren über das Replika-Verfahren drucklos erfolgt. Eine Alternative ist die Anwendung des Schlickergießens statt des Pressens. Dies war allerdings nicht geeignet für Kompaktstäbe, da Risse auf den getrockneten Gießkörpern auftraten.

Daraufhin wurde die direkte Herstellung von Kompaktzylindern ( $\varnothing$  20 mm  $\times$  25 mm Höhe) im Schlickergießverfahren erprobt und für Proben basierend auf dem L-T-Bindersystem (16 Ma.% L-T + 4 Ma.% Carbores P) angewandt [4]. Durch die Verwendung von hohlzylindrischen Gießformen aus Kunststoff oder Metall mit geeignetem Innendurchmesser konnten Proben mit definierten Rohstoffzusammensetzungen mittels Schlickergießen hergestellt werden. Die Schlickerviskosität spielte dabei eine Schlüsselrolle für den Gießvorgang. Die optimale dynamische Viskosität lag zwischen 200 und 500 mPa·s bei einer Scherrate von  $100 \text{ s}^{-1}$ . Nach Trocknung, Härtung (notwendig für das L-T-Bindersystem) und Verkokung (bis  $1000 \text{ }^\circ\text{C}$ ) konnten die Proben zur gewünschten Größe gedreht werden. Kompaktzylinder mit hoher Qualität wurden so für L-T-Massenverhältnisse von 5:1, 4:1 und 3:1 erhalten. Auch Referenzproben basierend auf dem konventionellen Pechbinder wurden auf ähnliche Weise hergestellt.

Die L-T-basierten Proben wiesen niedrigere Rohdichten ( $1,72 - 1,76 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ ) und höhere offene Porositäten (44 – 45 %) im Vergleich zur Referenz ( $1,82 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$  und 38 %) auf. Das spiegelt sich auch im relativ höheren

Masseverlust und der geringeren Schwindung nach der Verkokung wider. Laut der Quecksilberdruckporosimetrie-Messungen lagen die Porengrößen der L-T-basierten Proben hauptsächlich im Bereich 190 – 250 nm, wohingegen die der Referenz höhere Werte (310 – 390 nm) zeigte (Abb. 2). Darüber hinaus war der Restkohlenstoffgehalt der L-T-basierten Proben wie erwartet deutlich niedriger als der der Referenz (23 % vs. 30 %).

Folgende mechanische Eigenschaften bei Raumtemperatur wurden ermittelt: Kaltdruckfestigkeit (KDF), Spaltzugfestigkeit ( $T_{sp}$ ) und dynamischer Elastizitätsmodul ( $E_{dyn}$ ). Demzufolge hatten die L-T-basierten Proben KDF-Werte von 34 – 47 MPa und  $E_{dyn}$ -Werte von 11 – 14 GPa, die vergleichbar mit den entsprechenden Werten der Referenz waren. Allerdings lagen die  $T_{sp}$ -Werte (3 – 5 MPa) deutlich niedriger als die der Referenz (11 MPa). Des Weiteren war die Stauchung (1 % – 2 %) der L-T-basierten Proben bei maximaler Druckspannung nur nahezu halb so groß wie die der Referenz (Abb. 3). Solche Unterschiede zwischen den L-T-basierten und den Pech-basierten Proben gehen im Wesentlichen aus den strukturell unterschiedlichen Rückständen dieser zwei Bindersysteme nach der Verkokung hervor. Das Pech zersetzte sich bei Hochtemperatur in laminierte Kohlenstoffpackungen mit orientierten Strukturmerkmalen auf der hexagonalen Basisebene, die als Präkursor des Graphits (nicht aber Graphit selbst) angesehen werden kann. Im Gegensatz dazu entstand aus dem gehärteten L-T-Bindersystem nach der Wärmebehandlung eher glasiger und strukturell kaum orientierter Restkohlenstoff wie im Fall von Phenolharzbindern. Die thermomechanischen und bruchmechanischen Eigenschaften der L-T-basierten Proben werden derzeit untersucht. Die Ergebnisse werden demnächst veröffentlicht. ■

- [1] Y. Klemm; H. Biermann; C.G. Aneziris, Influence of composition and coking temperature on the properties and microstructure of carbon bonded  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$  filter materials, Adv. Eng. Mat., 2013, 15, 1224-1229.  
 [2] Y. Klemm; H. Biermann; C.G. Aneziris, Microstructure and mechanical properties of fine grained carbon-bonded  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$  materials, Ceram. Int., 2013, 39, 6695-6702.  
 [3] J. Solarek; C. Hincinschi; Y. Klemm; C.G. Aneziris; H. Biermann, Ductile behavior of fine-grained, carbon-bonded materials at elevated temperatures, Carbon, 2017, 122, 141-149.  
 [4] X. Wu, A. Weidner, C.G. Aneziris, H. Biermann, Manufacture of carbon-bonded alumina based on a lactose-tannin binder system via slip casting, Ceram. Int. 2022, 48, 148-156.

# ENTFERNUNG VON EISEN AUS EINER SEKUNDÄREN Al-Si-DRUCKGUSSLEGIERUNG DURCH METALLSCHMELZEFILTRATION

Das Transferprojekt T03 untersucht in Zusammenarbeit mit den Teilprojekten A01, A07 und C04 die Einflüsse von chemischer Zusammensetzung, Temperatur, Zeit und Abkühlgeschwindigkeit auf die Bildung von eisenreichen, intermetallischen Phasen. Die Reduktion von Eisen aus einer sekundären Al-Si-Druckgusslegierung (AlSi9Cu3(Fe)) wurde mittels eines zweistufigen Verfahrens anhand einer speziell entwickelten Laborfiltrationsapparatur durchgeführt.

In Al-Si-Gusslegierungen stellt Eisen (Fe) ein Verunreinigungselement dar, welches als  $\beta$ -Al<sub>4</sub>.5FeSi-Phase, eine spröde, plattenförmige Komponente im Gefüge während der Erstarrung ausbildet [1]. Diese  $\beta$ -Phase führt zu negativen Einflüssen auf die mechanischen und gießtechnologischen Eigenschaften und verursacht Rissbildung und Spannungskonzentration [2]. Außerdem kann sich Fe aufgrund seiner hohen Löslichkeit im flüssigen Al ( $\approx 2,5$  Gew% bei 700 °C) [3] durch unzureichende Schrottabtrennung im globalen Werkstoffrecyclingprozess erheblich anreichern.

Zu diesem Zweck erfolgte die Fe-Reduktion in einem zweistufigen Verfahren. Das Verfahren umfasst: Erstens, die Konditionierung, wobei der Schmelze weitere Elemente (Mn, Cr) zugegeben werden, um die Bildung von primärerstarrender, Fe-haltiger Intermetallik (Schlamm) zu fördern [4]. Dazu muss die Schmelzbadtemperatur knapp oberhalb der Erstarrungstemperatur der Al-Dendriten, aber unterhalb der Temperatur der Schlamm-Bildung gehalten werden, um die Fe-reiche Intermetallik zu erhalten. Diese bindet das gelöste Fe im Kristallgitter als  $\alpha$ -Intermetallik [5], und vermindert somit den Fe-Gehalt in der Restschmelze. Im zweiten Schritt wird der Filtrationsprozess mithilfe einer speziell entwickelten Laborfiltrationsvorrichtung (Abb. 1) eingeleitet, um die intermetallischen Partikel von der Fe reduzierten Restschmelze zu separieren.

Zur Abschätzung des Entfernungspotenzials der Fe-haltigen, intermetallischen Partikel aus einer EN AC-AlSi9Cu3(Fe)-Legierung wurden Proben vor und nach der Filtration mittels Bildanalyse-Software (Stream Motion) untersucht [1]. Zur besseren Kontrastierung erfolgte die Ätzung der Proben mit heißer 30 % Schwefelsäure, was eine Schwärzung der intermetallischen Phasen im Vergleich zu dem weniger beeinflussten, eutektischen Silizium bewirkte (Abb. 2). Die Proben wurden lichtmikroskopisch ausgewertet, indem zuerst

der Porenanteil einer Probensektion (poliert) ermittelt und anschließend diese dem Gesamtanteil (Porosität inkl. geätzter Fe-Phasen) gegenübergestellt wurde. Da sich die Ausbildung der Fe-reichen, intermetallischen Phasen durch die Auswahl von Temperatur, Haltezeit und chemischer Zusammensetzung beeinflussen lässt [4], wurden die untersuchten Parameter gemäß einem vordefinierten Untersuchungscluster ausgewählt. Bei einer bestimmten chemischen Zusammensetzung (Leg D: 1,61 % Fe, 1,01 % Mn und 0,259 % Cr) erfolgte die Variation von Temperatur (620 °C, 655 °C und 685 °C) und Haltezeit (20 min, 70 min und 120 min). Während der prozentuale Flächenanteil in den filtrierten Proben mit sinkender Temperatur im Erstarrungsintervall der Schlammphase von  $\approx 5,0$  % (685 °C) auf  $\approx 1,5$  % (620 °C) abnahmen, konnte zwischen den Haltezeiten 20 min, 70 min und 120 min bei 620 °C keine weitere Verringerung an eisenreichen, intermetallischen Partikeln festgestellt werden [1]. Demnach ist die Bildung von Fe-reicher Intermetallik merklich auf den Einfluss der Temperatur zurückzuführen, womit zugleich die temperaturabhängige Löslichkeit des Fe im Al unterstrichen wird.

Außerdem erfolgte die Bewertung der Fe-Reduktion anhand chemischer Analysen (OES, SPECTROMAXx) des analysierten Probenmaterials vor und nach der Filtration im Induktionstiegelofen bei  $> 800$  °C. Die Ergebnisse für Fe, Mn und Cr sind in Abb. 3 dargestellt. Die Elementgehalte der Proben vor Filtration weisen kontinuierlich die konditionierte Referenzzusammensetzung (Leg D) auf. Die Gehalte der Elemente Fe, Mn und Cr in den filtrierten Proben liegen stets in den normkonformen Abweichungen der DIN EN 1706:2020-06 einer AlSi9Cu3(Fe)-Legierung bei 0,8 %, 0,34 % und 0,04 %. Daraus ergibt sich eine maximale Fe-Reduktion von  $\approx 50$  % [1]. Die Elemente Mn und Cr reduzieren sich um  $\approx 66$  % und  $\approx 86$  % nach der Metallschmelzefiltration. ■

Autor: Johannes P. Schoß  
(Transferprojekt T03)

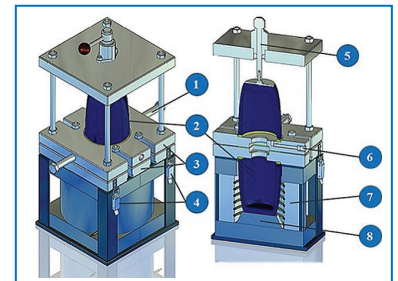


Abb. 1: Laborfiltrationsapparatur in isometrischer Darstellung und dimetrischer Schnittdarstellung mit Bauteilmarkierungen, nummeriert von 1-8 [1].

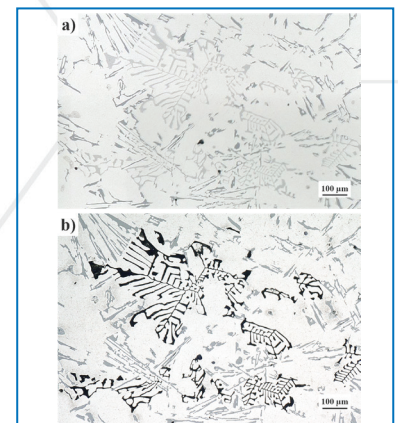


Abb. 2: Schematische Darstellung zur Bestimmung des Flächenanteils von Fe-reichen intermetallischen Phasen (repräsentativ für die Chinesenschriftartigen Morphologie) anhand von Schlibbildern eines exemplarischen Querschnitts: a) Originalschlibbild, b) nach Ätzung (80 °C, 1 min, 30 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), wodurch die Fe-reichen intermetallischen Phasen im Gegensatz zu der weniger beeinflussten Siliziumphase dunkel erscheinen [1].

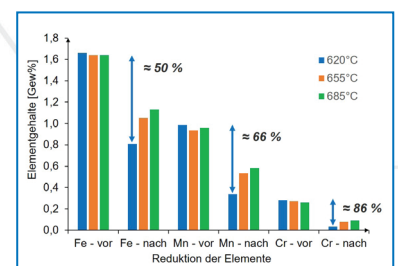


Abb. 3: Die chemische Zusammensetzung für die Reduktion der Elemente Fe, Mn und Cr vor und nach der Filtration (nach den Umschmelzversuchen des analysierten Materials) [1].

[1] Schoß, J.P., Becker, H., Keßler, A., Leineweber, A., Wolf, G.: Removal of iron from a secondary Al-Si die-casting alloy by metal melt filtration in a laboratory filtration apparatus. Adv. Eng. Mat. 24 (2022), 2100695.

[2] Wagner, R., Seleznev, M., Fischer, H., Ditscherlein, R., Becker, H., Dietrich, B.G., Keßler, A., Leißner, T., Wolf, G., Leineweber, A., Peuker, U.A., Biermann, H., Weidner, A.: Impact of melt conditioning and filtration on iron-rich  $\beta$  phase in AlSi9Cu3 and its fatigue life studied by  $\mu$ CT. Mater. Charact. 174 (2021), 111039.

[3] Taylor, J.A.: Iron-containing intermetallic phases in Al-Si based casting alloys. Procedia Mat. Sci. 1 (2012), 19–33.

[4] Dietrich, B.G., Becker, H., Smolka, M., Keßler, A., Leineweber, A., Wolf, G.: Intermetallic sludge formation in Fe containing secondary Al-Si alloys influenced by Cr and Mn as preparative tool for metal melt filtration. Adv. Eng. Mat. 19 (2017), 1700161.

[5] Becker, H., Leineweber, A.: Approximate icosahedral symmetry of  $\alpha$ -Al(Fe,Mn,Cr)Si in electron backscatter diffraction analysis of a secondary Al-Si casting alloy. Mater. Charact. 141 (2018), 406–411.

## AKTUELLE PUBLIKATIONEN (November 2021 - Juni 2022)

Weitere Informationen zu den 144 Publikationen seit Beginn der dritten Förderperiode sowie über die derzeit 21 Patente und Patentanmeldungen finden Sie unter <https://tu-freiberg.de/forschung/sfb920>

### Projektbereich A - Filterwerkstoffe

#### Teilprojekt A01

Neumann, M., Gehre, P., Nwokoye, R.I., Jelitto, H., Schneider, G.A., Aneziris, C.G. (2021): Life time prediction of self-supporting flame-sprayed alumina-rich coatings, *Ceramics International*, Vol. 47 Iss. 13, 1 July 2021, pp. 18656-18661, DOI 10.1016/j.ceramint.2021.03.197.

Bock-Seefeld, B., Wetzig, T., Hubálková, J., Schmidt, G., Abendroth, M., Aneziris, C.G.: A novel approach for the production of carbon-bonded alumina filters by water-soluble filter templates, *REFRA Prague 2022, 21<sup>st</sup> Conference on modern refractory materials*, 18.-20. Mai 2022, Prag, Tschechien, Vortrag.

#### Teilprojekt A02

Neumann, M., Hubálková, J., Voigt, C., Grabenhorst, J., Aneziris, C.G. (2021): On the fracture statistics of open-porous alumina foam structures, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 42, Iss. 5, May 2022, pp. 2331-2340, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2021.12.034.

Voigt, C., Hubálková, J., Bergin, A., Fritsch, R., Akhtar, S., Aune, R., Aneziris, C.G. (2022): Short- and long-term aluminum filtration trials with carbon-bonded alumina filters, in: Eskin D. (eds) *Light Metals 2022. The Minerals, Metals & Materials Series*. Springer, Cham, pp. 626-632, DOI 10.1007/978-3-030-92529-1\_82.

Bergin, A., Voigt, C., Fritsch, R., Akhtar, S., Arnberg, L., Aneziris, C.G., Aune, R.E. (2022): Performance of Regular and Modified Ceramic Foam Filters (CFFs) during Aluminium Melt Filtration in a Pilot-Scale Setup, in: Eskin D. (eds), *Light Metals 2022, The Minerals, Metals & Materials Series*, Springer, Cham, pp. 640-648, DOI 10.1007/978-3-030-92529-1\_84.

Voigt, C., Schramm, A., Fankhänel, B., Schmid, E., Malczyk, P., Hubálková, J., Stelter, M., Charitos, A., Aneziris, C.G. (2022): Preparation of ceramic foam filters with a lithium-containing surface, *Metallurgical and Materials Transactions B*, accepted: 12.04.2022, pp. 1-15, DOI 10.1007/s11663-022-02533-2.

#### Teilprojekt A03

Ilatovskaia, M., Fabrichnaya, O. (2022): Liquid immiscibility and thermodynamic assessment of the  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiO}_2\text{-SiO}_2$  system, *Journal of Phase Equilibria and Diffusion*, 2022, Vol. 43, pp. 15-31, DOI 10.1007/s11669-021-00935-4.

Ilatovskaia, M., Fabrichnaya, O.: Thermodynamic assessment of the  $\text{MgO-TiO}_2\text{-SiO}_2$  system, *Calphad XLIX - International Conference on Computer Coupling of Phase Diagrams and Thermochemistry*, Stockholm, Schweden, 22.-27. Mai 2022, Poster.

#### Teilprojekt A04

Kraus, J., Kortus, J. (2022): A theoretical investigation into gallic acid pyrolysis, *Journal of Computational Chemistry*, Vol. 43, Iss. 15, June 5, 2022, pp. 1023-1032, DOI 10.1002/jcc.26865.

Brehm, S., Kraus, J., Himcinchi, C., Kortus, J. (2022): A Raman spectroscopic study of the pyrolysis of lactose and tannins, *Journal of Raman Spectroscopy*, accepted: 29.04.2022, pp. 1-10, DOI 10.1002/jrs.6376.

#### Teilprojekt A07

Becker, H., Bulut, N., Kortus, J.: Influence of polytype formation and Al and Si ordering on the crystal structure in  $\beta\text{-Al}_{14}\text{FeSi}$ , 30<sup>th</sup> annual meeting of the German Crystallographic Society - DGK 30, 14.-17. März 2022, München, Webkonferenz, Vortrag.

Becker, H., Bulut, N., Kortus, J., Leineweber, A. (2022):  $\beta\text{-Al}_{14}\text{FeSi}$ : Hierarchical crystal and defect structure: reconciling experimental and theoretical evidence including the influence of Al vs. Si ordering on the crystal structure, *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 911, August 2022, 165015, DOI 10.1016/j.jallcom.2022.165015.

### Projektbereich B - Modellierung Filterstruktur/ Filtersystem

#### Teilprojekt B01

Ditscherlein, L., Zienert, T., Dudczig, S., Aneziris, C.G., Peuker, U.A. (2021): AFM investigation of the in situ-formed oxide layer at the interface of  $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-C}$ /steel melt in terms of adhesion force and roughness in a model system, *Advanced Engineering Materials*, 2021, 2100634, pp. 1-12, DOI 10.1002/adem.202100634.

Ditscherlein, L., Peuker, U.A.: Van der Waals Kräfte auf rauen Oberflächen – bestehende Konzepte und neue Ansätze, *Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Grenzflächenbestimmte Systeme und Prozesse*, 16.-17. Februar 2022, Webkonferenz, Vortrag.

Ditscherlein, L., Heilmann, C., Daus, S., Nicklas, J., Peuker, U. A.: Hydrophobe Wechselwirkungen am Beispiel Filtration: Ursache und Wirkung, *Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Mehrphasenströmungen, Mechanische Flüssigkeitsabtrennung sowie Zerkleinern und Klassieren*, 21.-22. Februar 2022, Webkonferenz, Vortrag.

Daus, S.; Peuker, U. A.: Inline-Partikeldetektion zur Optimierung der Tiefenfiltration von Schaumkeramikfiltern, *Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Mehrphasenströmungen, Mechanische Flüssigkeitsabtrennung sowie Zerkleinern und Klassieren*, 21.-22. Februar 2022, Webkonferenz, Poster.

Ditscherlein, L., Peuker, U.A.: Modelling of surface forces between two highly rough surfaces using AFM topography scans, *The 8<sup>th</sup> European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering - ECCOMAS Congress 2022*, Oslo, Norway, 5.-9. Juni 2022, Vortrag.

#### Teilprojekt B04

Nicklas, J., Ditscherlein, L., Peuker, U.A.: Wechselwirkung schlecht benetzbarer Partikel mit gekrümmten Gas-Flüssig Grenzflächen, *Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Grenzflächenbestimmte Systeme und Prozesse*, 16.-17. Februar 2022, Webkonferenz, Vortrag.

Nicklas, J., Ditscherlein, L., Peuker, U.A.: Contact behavior of particle laden bubbles, *The 8<sup>th</sup> European Congress on Computational Methods in Applied Sciences and Engineering - ECCOMAS Congress 2022*, Oslo, Norway, 5.-9. Juni 2022, Vortrag.

### Projektbereich C - Filtereffizienz, Materialeigenschaften

#### Teilprojekt C01

Wei, X., Dudczig, S., Chebykin, D., Aneziris, C.G., Volkova, O. (2021): Verification of possibility of molten steels decopperization with  $\text{ZnAl}_2\text{O}_4$ , *Metals*, 2021, 11 no. 12, 2030, pp. 1-11, DOI 10.3390/met11122030.

Wei, X., Dudczig, S., Storti, E., Ilatovskaia, M., Endo, R., Aneziris, C.G., Volkova, O. (2022): Interaction of molten Armco iron with various ceramic substrates at 1600 °C, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 42, Iss. 5, May 2022, pp. 2535-2544, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.01.011.

Wei, X., Storti, E., Dudczig, S., Yehorov, A., Fabrichnaya, O., Aneziris, C.G., Volkova, O. (2022): The interaction of carbon-bonded ceramics with Armco iron, *Journal of the European Ceramic Society*, Vol. 42, Iss. 11, pp. 4676-4685, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.04.058.

Wei, X., Kovtun, O., Yehorov, A., Aneziris, C.G., Volkova, O. (2022): Selenium as a new decopperization for steel scrap, *Journal of Materials Letters*, Vol. 323, September 2022, 132543, pp. 1-3, DOI 10.1016/j.matlet.2022.132543.

#### Teilprojekt C03

Takht Firouzeh, S., Abendroth, M., Fischer, U., Aneziris, C.G., Kiefer, B. (2021): Utilization of a Small Miniaturized Brazilian Disc Test for Strength Measurements of C-bonded Alumina Filter Materials, *Advanced Engineering Materials*, 2021, 2101081, pp. 1-10, DOI 10.1002/adem.202101081.

#### Teilprojekt C04

Wagner, R., Biermann, H., Weidner, A., Noack, E., Ditscherlein, R., Leißner, T., Peuker, U.A.: Digitale Volumenkorrelation zur Untersuchung des Ermüdungsverhaltens von intermetallischen Phasen in  $\text{AlSi}_9\text{Cu}_3$  (Digital volume correlation investigating the influence of intermetallic phases on fatigue behavior of  $\text{AlSi}_9\text{Cu}_3$ ), *Tagung Werkstoffprüfung 2021, Werkstoffe und Bauteile auf dem Prüfstand. Prüftechnik - Kennwertermittlung - Schadensvermeidung*, 02.-03. Dezember 2021, Aachen, Tagungsband, S. 271-276.





**Teilprojekt C06**

Schramm, A., Recksiek, V., Dudczig, S., Scharf, C., Aneziris, C.G.: Immersion Tests of Various Coated Ceramic Foam Filters in an AZ91 Magnesium Alloy Melt, MultiScience - microCAD, 34. International Multidisciplinary Scientific Conference, Miskolc, Ungarn, 23.-24. September 2021, Webkonferenz, Vortrag.

Schramm, A., Nowak, R., Bruzda, G., Polkowski, W., Fabrichnaya, O., Aneziris, C.G. (2022): High Temperature Wettability and Corrosion of  $ZrO_2$ ,  $Al_2O_3$ ,  $Al_2O_3-C$ ,  $MgO$  and  $MgAlON$  Ceramic Substrates by an AZ91 Magnesium Alloy Melt, Journal of the European Ceramic Society, Vol. 42, Iss. 6, June 2022, pp. 3023-3035, DOI 10.1016/j.jeurceramsoc.2022.01.040.

Schramm, A., Thümmeler, M., Fabrichnaya, O., Brehm, S., Kraus, J., Kortus, J., Rafaja, D., Scharf, C., Aneziris, C.G. (2022): Reaction Sintering of  $MgAlON$  at  $1500\text{ }^\circ\text{C}$  from  $Al_2O_3$ ,  $MgO$  and  $AlN$  and its wettability by  $AlSi7Mg$ , Crystals, Vol. 12, Iss. 5, 654, pp. 1-26, DOI 10.3390/cryst12050654.

**Transferprojekte****Transferprojekt T04**

Wetzig, T., Schöttler, L., Schwarz, M., Aneziris, C.G.: New steel melt filtration approaches in industrial ingot casting and continuous casting of steel, 97. DKG Jahrestagung - KERAMIK 2022, 07.-09. März 2022, Webkonferenz, Vortrag.

**Transferprojekt T05**

Hoppach, D., Peuker, U.A.: Using ceramic fibres for enhancing filtration efficiency in al-melts based on a room-temperature model system, FILTECH 2022 Conference, 08.-10. März 2022, Köln, Vortrag.

Hoppach, D., Peuker, U.A.: Einsatz von keramischen Fasern zur Erhöhung des Reinheitsgrades von Al-Schmelzen basierend auf einem Raumtemperatur-Modellsystem, Jahrestreffen der ProcessNet-Fachgruppen Mehrphasenströmungen, Mechanische Flüssigkeitsabtrennung sowie Zerkleinern und Klassieren, 21.-22. Februar 2022, Leipzig, Webkonferenz, Vortrag.

**INTERNATIONALE GÄSTE**

Mehrfach hatten Doktorandinnen und Doktoranden des SFB 920 die Gelegenheit, sich mit internationalen Wissenschaftlern zu Fachthemen sowie forschungsstrategischen Fragen auszutauschen.

**Prof. Victor Carlos Pandolfelli** von der **Universidade Federal de Sao Carlos (UFSCar)** in Brasilien, widmete seinen Workshop dem Thema „Trends in high temperature applications and refractories“. Prof. Pandolfelli ist Fachexperte auf dem Gebiet feuerfester Materialien und deren Mikrostrukturgestaltung und begleitet als Mercator-Fellow die Forschungsarbeiten zu keramischen und feuerfesten Werkstoffen und Bauteilen sowie die Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses in der dritten Förderperiode des SFB 920.



Foto: Prof. Victor C. Pandolfelli während des Workshops.

Außerdem stellten in einem online-Workshop mit Gastwissenschaftlern von der **University of Chemistry and Technology in Prag (VŠCHT Praha)** Doktoranden der Arbeitsgruppe von **Ass. Prof. Ondřej Jankovský** die Ergebnisse ihrer gemeinsamen Forschungsarbeit mit Freiburger Wissenschaftlern aus dem Teilprojekt A01 zu neuen Ansätzen bei der Herstellung von keramischen Filtermaterialien im SFB 920 vor.

Neben einem Überblick von Ass. Prof. Jankovský zu den besonderen Eigenschaften mehrschichtiger anorganischer Werkstoffe präsentierte **Dipl.-Ing. Anna-Marie Laueremannová** und **Dipl.-Ing. Michal Lojka** neueste Erkenntnisse zum Einsatz von kohlenstoffhaltigen Nanomaterialien in Verbundwerkstoffen sowie zur Optimierung der Herstellung von keramischen Supraleitern auf REBCO-Basis. ■

**AUSGEZEICHNET!**

Für seine herausragende Dissertation "Agglomeration von hydrophoben Partikeln in wässrigen Phasen" erhielt **Dr.-Ing. Paul Knüpfer** den **Heinrich-Schubert-Preis der Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik**. Damit zeichnet die Fakultät seine Arbeit zur Anwendung fundamentaler Modelle der Abstandsabhängigkeit der HAMAKER-Konstante sowohl für die Mechanische Verfahrenstechnik im Feld der Agglomerationstechnik als auch für die Aufbereitungstechnik im Bereich Blase-Partikel-Wechselwirkungen aus. Die Dissertation entstand im Rahmen des SFB 920 im Teilprojekt B04 - Maßgeschneiderte Agglomerate zur Erhöhung der Abscheideeffizienz (Leitung: Prof. Urs A. Peuker).

Seit 2019 wird der Preis jährlich an Studierende und Promovierende für exzellente Nachwuchsforschung in der Mechanischen Verfahrenstechnik, Mineraaufbereitung oder dem Recycling vergeben. Im Rahmen der Tagung „Aufbereitung und Recycling“ überreichte Dekan Prof. Tobias Fieback die Auszeichnung an die Preisträger und erinnert damit an das Wirken des ehemaligen Lehrstuhlinhabers Prof. Heinrich Schubert.



Foto: Dr.-Ing. Paul Knüpfer bei der Verleihung des Heinrich-Schubert-Preises.

Außerdem wurde **Eng. Mariia Ilatovskaia** für ihre Präsentation „Thermodynamic assessment of the  $MgO-TiO_2-SiO_2$  system“ mit dem **FactSage Best Student Poster Award** auf der CALPHAD Konferenz 2022 in Stockholm, Schweden ausgezeichnet. Die Forschungsergebnisse entstanden im Teilprojekt A03 des SFB 920 „Thermodynamik der Filterwand und der Einschlüsse“ unter der Leitung von PhD Dr.-Ing. habil. Olga Fabrichnaya. ■

## PROMOTIONEN IM SFB 920

Mit dem Ziel, Modelle des Sonderforschungsbereiches (SFB) 920 zur Filtration von Stahlschmelzen erstmals im industriellen Maßstab zu überprüfen, schloss **Dr.-Ing. Tony Wetzig**, Doktorand in den Transferprojekten T01 und T04 des SFB 920 seine Dissertation mit dem Titel „**New approaches for steel melt filtration in continuous casting of steel**“ erfolgreich im Januar ab. Dabei wurden die entwickelten großformatigen Filterbauteile im Stranggießverteiler des Industriepartners thyssenkrupp Steel Europe AG für circa 45 Minuten bei > 1550 °C in die Stahlschmelze erfolgreich eingetaucht.

**Dr.-Ing. Anne Schmidt**, ehemalige Doktorandin im Teilprojekt A01 des SFB 920, verteidigte im Februar erfolgreich ihre Dissertation mit dem Titel „**Funktionale Beschichtungen für die Stahlschmelzefiltration - Functional coatings for steel melt filtration**“. In der Dissertation wurden die Wechselwirkungen zwischen beschichteten kohlenstoffgebundenen Aluminiumoxid-Filtern und einer Stahlschmelze untersucht, um die Qualität von Stahlerzeugnissen durch Filtration nichtmetallischer Einschlüsse zu verbessern.



Foto: Dr.-Ing. Anne Schmidt.

Den Einfluss verschiedener Parameter auf die Partikelabscheidung in keramischen Tiefenfiltern mit Hilfe eines Raumtemperatur-Modells beschreibt **Dr.-Ing. Daniel Hoppach**, Doktorand im Teilprojekt B01 und Transferprojekt T05, in seiner Dissertation zur „**Abscheideeffizienz keramischer Tiefenfilter in einem Raumtemperatur-Modellsystem zur Charakterisierung der Aluminiumschmelzefiltration**“, die er im Mai erfolgreich abschloss. Die erzielten Ergebnisse leisten einen wichtigen Beitrag zum Verständnis der Abscheidungsprozesse von Verunreinigungen in keramischen Metallschmelzefiltern bei der Aluminiumschmelzefiltration.



Foto (v.l.n.r.): Prof. M. Szucki, Prof. U.A. Peuker, Dr.-Ing. D. Hoppach, Prof. H. Zeidler, Prof. T. Bier, Prof. C.G. Aneziris.

**Dr.-Ing. Andreas Herdering**, Doktorand im Graduiertenkolleg des SFB 920, verteidigte ebenfalls im Mai erfolgreich seine Dissertation mit dem Titel „**Entwicklung und Evaluierung additiver Fertigungsverfahren zur Herstellung makroporöser keramischer Strukturen am Beispiel von Filtern für die Metallschmelzefiltration**“. Im Mittelpunkt seiner Arbeit stand die Entwicklung von keramischen Filtern für die Metallschmelzefiltration mit reproduzierbaren maßgeschneiderten Strukturen mit Hilfe additiver Fertigungsverfahren, wie z. B. 3D-Druck und Laser-Sintern. ■

## KONFERENZEN UND CALLS FOR PAPERS

**ECeRS 2022:** 17<sup>th</sup> Conference of the European Ceramic Society, 10.-14. Juli 2022, Krakau, Polen, <https://icc2022.syskonf.pl/>.

**MSE 2022:** Materials Science Engineering MSE Congress, 27.-29. September 2022, Darmstadt, <https://dgm.de/mse/2022>.

**ICR 2022:** 65<sup>th</sup> International Colloquium on Refractories, 28.-29. September 2022, Aachen, [www.ic-refractories.eu](http://www.ic-refractories.eu).

**CellMAT 2022:** 7<sup>th</sup> International Conference on Cellular Materials, 12.-14. Oktober 2022, Dresden, <https://dgm.de/cellmat/2022/>.

**WFC 2022:** The 74<sup>th</sup> World Foundry Congress 2022, 16.-20. Oktober 2022, Busan, Republik Korea, <https://www.74wfc.com/>.

**13. Freiburger Feuerfestforum:** 14. Dezember 2022, TU Bergakademie Freiberg.

**UNITECR 2023:** The Unified Technical Conference on Refractories, 18<sup>th</sup> Biennial Worldwide Congress on Refractories, 26.-29. September 2023, Frankfurt am Main, <https://unitecr2023.org/>.

## IMPRESSUM

### HERAUSGEBER

Prof. Dr.-Ing. habil. Christos G. Aneziris  
Sprecher des SFB 920  
TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Keramik, Feuerfest und  
Verbundwerkstoffe  
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg  
Telefon: +49 3731 39 2505  
Telefax: +49 3731 39 2419  
E-Mail: [aneziris@ikfww.tu-freiberg.de](mailto:aneziris@ikfww.tu-freiberg.de)

Dr.-Ing. Undine Fischer  
Geschäftsführung des SFB 920  
TU Bergakademie Freiberg  
Institut für Keramik, Feuerfest und  
Verbundwerkstoffe  
Agricolastraße 17, 09599 Freiberg  
Telefon: +49 3731 39 3324  
Telefax: +49 3731 39 2419  
E-Mail: [undine.fischer@ikfww.tu-freiberg.de](mailto:undine.fischer@ikfww.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](mailto: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. 22, Heft 01/2022  
ERSCHEINUNGSWEISE: halbjährlich

