ECEMP – EUROPEAN CENTRE FOR EMERGING MATERIALS AND PROCESSES DRESDEN

Innovative Werkstoffe und Technologien
– heute die Zukunft gestalten

Internationales ECEMP-Kolloquium 2014

23. und 24. Oktober 2014, Dresden

ECEMP – European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden

Internationales ECEMP-Kolloquium 2014

Organisation:

Technische Universität Dresden, ECEMP
Marschnerstraße 39
01307 Dresden
http://ecemp.tu-dresden.de

Für den Inhalt der Artikel sind die Autoren verantwortlich.

© 2014
ECEMP, TU Dresden

Kopie und Nachdruck erfordern die Genehmigung des Herausgebers.

http://ecemp.tu-dresden.de/konferenzen

Inhaltsverzeichnis

Vorwort
W. Hufenbach 6

Wettbewerbsvorteile für Handwerksbetriebe durch Wissens- und Technologietransfer
M. Salewski 8

Big Data: Wissensgenerierung und Vielfalt
W. E. Nagel 9

Plattform für Transfer und Verwertung von Technologiewissen
H. Wiemer, J. Weller 10

Biobasierte Verbundwerkstoffe für technische Anwendungen
A. Wagenführ, C. Siegel, M. Wanske 11

Chancen und Risiken eines KMU im innovativen Werkzeugbau für FVK aus nachwachsenden Rohstoffen
R. Wagner, D. Schulze 12

LignoTUBES – ein runder Furnierverbundwerkstoff für den ökologischen Leichtbau
C. Beck, R. Taranczewski 14

Der Beitrag keramischer Werkstoffe zum emissionsfreien Nutzfahrzeug-Dieselmotor
U. Gärtner 16

Strom aus Abwärme – Effizienzsteigerung von Wärmekraftmaschinen
G. Zikoridse, P. Pfeiffer 17

Von der Idee zum Markterfolg Technologie- und Innovationsberatung durch die IHK
W. Schnelle 18

Funktionsintegration in Leichtbaustrukturen – Chancen und Herausforderungen
M. Gude 19

Anforderung an Werkstoff und Prozess bei modernen Hochleistungsreifen
G. Heinrich 21

Magneto-sensitive Elastomere
M. Klüppel, S. Aloui 22

Adaptronics and sensors in aero engines
K. Schreiber 23

Multimaterialverbunde mit neuen zellularen Drahtstrukturen – Basis für visionäre Leichtbaulösungen
Ch. Cherif, O. Andersen, R. Böhm, A. Gruhl, G. Hoffmann, W. Hufenbach, S. Kaina, B. Kieback, C. Sennewald. G. Stephani, M. Thieme, D. Weck 24

Sondermaschinenbau als Schlüsselfaktor bei der Entwicklung und Herstellung neuer Leichtbaustrukturen
J. Kieselstein 25

Innovative Werkzeugsysteme als Schlüssel für eine effiziente Kompositfertigung
M. Krahl, S. Münter, M. Pohl, M. Zichner 27

Additiv-generative Fertigung – Chancen und Herausforderungen
C. Leyens 28

Additive Fertigung von komplexen Bauteilen im industriellen Umfeld
H. Zeidler, J. Jahn, L. Kant *29*

A1 – HSMetComp
Feine Körnung, fester Werkstoff
W. Skrotzki, L. Schultz, J. Eckert *31*

A2 – MolDiagnostik
Innovatives molekulares Design für eine volumenorientierte Bauteildiagnostik
M. Bartusch, M. Hetti, D. Pospiech, M. Riedel, J.-U. Sommer, R.-D. Hund, F. Moresco, Ch. Cherif, G. Cuniberti, B. Voit *32*

B1 – MobilStor
Wasserstofffestkörperspeicher und metallische Anoden für Energiedepotanwendungen im mobilen und stationären Umfeld
L. Giebeler, B. Böhme, F. Thoss, I. Lindemann, M. Baitinger, J. Eckert, J. Grin, L. Schultz *33*

B2 – CoMeT
Multimaterialverbunde für den Leichtbau auf Basis neuartiger 3D-Drahtstrukturen
C. Sennewald, O. Andersen, R. Böhm, Ch. Cherif, A. Gruhl, G. Hoffmann, W. Hufenbach, S. Kaina, B. Kieback, G. Stephani, M. Thieme, D. Weck *34*

B3 –TECer
Thermoelektrischer Generator Herstellungsdemonstration
F.-D. Börner, M. Schreier, W. Lippmann, B. Feng, H.-P. Martin, A. Hurtado, A. Michaelis *35*

B3 –TECer
Thermoelektrischer Generator Funktionsdemonstration
M. Schreier, D.-F. Börner, W. Lippmann, I. Veremchuk, B. Feng, H.-P. Martin *36*

B4 – SwitchCompII
Neuartige Materialien mit magnetisch schaltbaren Eigenschaften
M. Boisly, E. Dohmen, Th. Gundermann, Ch. Hintze, Ch. Spieler, D. Borin, M. Kästner, M. Gude, G. Heinrich, W. Hufenbach, V. Ulbricht, S. Odenbach *37*

C1 – NanoWearJoin
Push the button-polymer joining with reactive-multilayer-systems (RMS)
G. Dietrich, E. Pflug, M. Rühl, S. Braun, A. Leson, E. Beyer *38*

C2 – BioHybrid
Leichtbau mit Pflanzen
S. Tech, A. Wagenführ, A. Gohrbandt, C. Läßig, R. Kupfer, H. Wiemer, C. Siegel, F. Jornitz, M. Horbens *39*

C3 – CerMetComp
Kolbenringe, hergestellt durch Kombination pulver- und papiertechnologischer Verfahren
R. Scholl, T. Slawik, A. Bergner, T. Moritz, R. Zelm, H. Großmann, A. Michaelis, B. Kieback *40*

C3 – CerMetComp
Entwicklung metallgetragener Brennstoffzellen mittels papiertechnologischer Verfahren
T. Slawik, R. Scholl, A. Bergner, T. Moritz, R. Zelm, H. Großmann, A. Michaelis, B. Kieback *41*

D1 – CarboFunctCoat
Kohlenstoffbasierte Funktionsschichten für Verbrennungsmotoren
S. Makowski, V. Weihnacht, A. Leson, A. Götze, M. Hübner, M. Krause, M. Mesko, M. Posselt, S. Gemming, J. Faßbender, T. Kunze, J.-O. Joswig, G. Seifert, E. Beyer, H. Zellbeck *42*

D2 – Enertrode
Fertigungstechnologien und Bauteilintegration von nanostrukturierten Kohlenstoffelektroden für die Energietechnik
S. Dörfler, K. Pinkert, M .Weiser, C. Wabnitz, A. Goldberg, L. Giebeler, H. Althues, M. Schneider, J. Eckert, A. Michaelis, E. Beyer, S. Kaskel *43*

E1 – ProbaCast
Weiterentwicklung von neuartigen, effizienten Methoden zur Entwicklung von Herstellungsprozessen für Feingussbauteile
R. Schmidt, D. Pusch, D. Kulawinski, B.G. Dietrich, D. Holländer, M. Tränkner, K. Vogeler, H. Biermann, K. Eigenfeld, U. Gampe, C. Leyens *44*

E2 – SmaComp
Demonstrator für selbstadaptierende und selbstdiagnostizierende Werkstoffe
P. Kostka, A. Filippatos, K. Holeczek, R. Höhne *45*

E3 – CerHeatPipe
Entwicklung und Erprobung keramischer Wärmerohr-Wärmeübertrager für Hochtemperaturprozesse
S. Unz, P. Meisel, S. Schöne *46*

Vorwort

Prof. Werner Hufenbach

Sprecher des ECEMP,
Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik

Sehr verehrte Gäste, ich begrüße Sie ganz herzlich, auch im Namen unserer Kooperationspartner, der Handwerkskammer Dresden und der Industrie- und Handelskammer Dresden, zum ECEMP-Kolloquium 2014. Das nun bereits zum 5. Mal stattfindende internationale ECEMP-Kolloquium dient als Diskussionsplattform zwischen Wirtschaft und Wissenschaft und als Forum für richtungweisende Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten sowie neuartige, zukunftsfähige Geschäftsfelder.

Das Kolloquium 2014 steht in ganz besonderer Weise im Zeichen des Technologietransfers. Fünf erfolgreiche Forschungsjahre liegen hinter uns und die Projekte haben hervorragendes geleistet. Die Wissenschaftler stellen ihre Ergebnisse in Form von generischen Demonstratoren in einer Sonderausstellung im Rahmen des Kolloquiums zur Diskussion. Von der Bestätigung für das richtige Konzept bis zum marktreifen Produkt ist dort alles vertreten. Denn die Wissenschaft geht oft seltsame Wege. Nicht immer führt der gerade Weg zum Ziel. Manche mussten und müssen Umwege gehen und alles muss in aufwendigen Tests verifiziert werden bis es zur Anwendung kommen kann.

Doch es liegt ein immenses Potential in der Arbeit der Wissenschaftler. Denn neue Werkstoffe und neue Technologien sind der Schlüssel zur Steigerung von Innovationskraft und Wettbewerbsfähigkeit und damit auch für die Schaffung und den Erhalt von Arbeitsplätzen unseres Landes. Und da die Möglichkeiten gerade für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), eigene Forschung zu betreiben und so zu neuen, innovativen Entwicklungen zu kommen, häufig begrenzt sind, ist ein wichtiges Ziel des ECEMP der Know-how- und Technologietransfer zwischen den Forschungsinstituten und der Wirtschaft, insbesondere den Sächsischen KMU. Um diese Kontakte durchgängig weiter auszubauen, sind Industrie und auch Handwerk bei uns zu Gast.

Ein Branchentreff, den wir gemeinsam mit der Handwerkskammer Dresden im Rahmen des Kolloquiums veranstalten, bietet Vorträge von spezialisierten Handwerksbetrieben, Demonstratoren aus den ECEMP-Projekten und Diskussionen über zukünftige Anwendungen. Und so lassen Sie uns mit innovativen Werkstoffen und angepassten Technologien bereits heute die Zukunft nachhaltig gestalten.

Vorträge

Wettbewerbsvorteile für Handwerksbetriebe durch Wissens- und Technologietransfer

M. Salewski
Handwerkskammer Dresden

Die Handwerkskammer Dresden ist als Körperschaft des öffentlichen Rechts die Interessenvertretung des Handwerks im Direktionsbezirk Dresden (Sachsen). Mit ihren rund 23.000 Mitgliedsbetrieben, den 125.000 Beschäftigten und 5.200 Lehrlingen ist sie eine der mitgliedsstärksten Handwerkskammern Ostdeutschlands.

Die Wege des strukturierten Technologie- und Wissenstransfers lassen sich (im Handwerk) in vier Schwerpunktfelder gliedern:

Information

Die Bereitstellung von allgemeinen Fachinformationen über neue Technologien, Prozesse und Verfahren. Weiterhin die Darstellung von Vor- und Nachteilen sowie von Anwendungsbereichen der neuartigen Technologien.

Beratung

Individuelle Beratung zu Einsatzmöglichkeiten und zur Umsetzung von neuartigen Technologien in einem speziellen Unternehmen. Hierunter zählen ebenfalls die Herstellung von Kontakten zu Forschungseinrichtungen, Dienstleistern und anderen Partnern sowie die Betrachtung von Möglichkeiten der Finanzierung und Deckung von Fachkräftebedarf

Weiterbildung

Die Vermittlung neuen Wissens und neuer Fertigkeiten an die Mitarbeiter eines Handwerksbetriebes, um die richtigen und gewinnbringende Nutzung der neuen Technologie sicherzustellen.

Netzwerk

Schaffung einer Plattform, um sich mit anderen innovativen Unternehmen auszutauschen. Der Eintritt in den Innovations-/Technologietransferprozess kann in jedem Schwerpunktfeld erfolgen. Wettbewerbsvorteile durch Innovationen/Technologie- und Wissenstransfer bestehen nach Studien des ZEW in der

Erhöhung des Umsatzes innovativer Unternehmen

Innovative Unternehmen erzielten 2012 12,6 % ihres Umsatzes mit neuen Produkten.

Einsparung von Kosten

Prozessinnovationen erzielten 2012 Kosteneinsparungen in Höhe von 3,3 %.

Erhöhung des Marktanteils

Die erfolgreiche Markteinführung innovativer Produkte geht automatisch mit Marktanteilsgewinnen (in vom Unternehmen zuvor nicht bearbeiteten Marktsegmenten) einher.

Bei der Umsetzung und Organisation von Wissens- und Technologietransfer unterstützt die Handwerkskammer Dresden ihre Mitgliedsbetriebe gemeinsam mit ihren Partnern.

Big Data: Wissensgenerierung und Vielfalt

W. E. Nagel

Zentrum für Informationsdienste und Hochleistungsrechnen (ZIH), TU Dresden

In fast allen Wissensgebieten wird wissenschaftliche Konkurrenzfähigkeit immer häufiger durch den effizienten und intelligenten Umgang mit sehr großen, oft verteilt vorliegenden und vielfach auch heterogenen Datenbeständen bestimmt. Um den sich stellenden Herausforderungen im Bereich Big Data zu begegnen, ist die Kombination unterschiedlicher Ansätze zur Problemlösung erforderlich. Ein Kernthema dabei ist das Verständnis der zugrunde liegenden Daten, zum einen zur Ergründung des wissenschaftlichen Gehalts, aber auch zur effizienten Handhabung als Basis zur weiterführenden Verarbeitung.

Der Vortrag liefert einen Einblick in das breite Themenfeld zu Big Data, beleuchtet dabei das Umfeld und die Entwicklung hin zu einem bestimmenden Thema für viele Anwendungsgebiete, sowohl mit wissenschaftlichem, als auch zunehmend mit wirtschaftlichem Bezug. Es werden Aspekte des Themenkomplexes behandelt, die die große Vielfalt unterschiedlicher Ausprägungen von Big Data Anwendungen aufzeigen, die über die bloße Behandlung großer Datenmenge hinausreichen. In zunehmendem Maße zeichnen sich Big Data Anwendungen durch eine steigende Komplexität aus, die sich sowohl in der Behandlung der Datengrundlage zeigt als auch in der Notwendigkeit zum Einsatz von Methoden zur Extraktion von neuen Wissensinhalten aus bestehenden oder neu akquirierten Daten. Letzteres nimmt dabei eine Schlüsselposition im Verständnis der Daten für den jeweiligen Anwendungsfall ein. Ein differenzierter Umgang mit einer starken Heterogenität der Daten und Formate, sich zeitlich stark verändernde oder mit verschiedenen Unschärfen behaftete Daten erhöhen die Komplexität weiterhin und erschweren die Erfassung des nutzbaren Gehalts der Daten. Es werden daher Lösungswege aufgezeigt mit dieser zunehmenden Komplexität Schritt zu halten.

Plattform für Transfer und Verwertung von Technologiewissen

H. Wiemer[1], J. Weller[2]

[1]*Symate GmbH, Dresden*

[2]*Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik, TU Dresden*

Dem Wissens- und Technologietransfer (TT) kommt bei der Überführung von Forschungsergebnissen in marktfähige Produkte und Dienstleistungen und somit bei der Absicherung der Innovationsfähigkeit der Unternehmen eine Schlüsselrolle zu. Zugleich ist der TT mit seinem Verwertungsaspekt ein existenzielles Element für die finanzielle und kooperative Basis von Forschungseinrichtungen. Ein verlustarmer, sicherer und effektiver TT dient damit Technologie-Gebern und -Nehmern, wofür jedoch neue unterstützende Konzepte erforderlich sind. Im Folgenden wird ein möglicher Ansatz für einen verlustarmen, sicheren und effektiven TT – mit dem Fokus auf „Forschungskooperation" und „Know-how-Verwertung" – vorgestellt.

Ziel ist eine IT-Plattform für die Unterstützung des TT. Der verfolgte Ansatz geht davon aus, dass TT eine Phase im Innovationsprozess ist und dass das zu transferierende Wissen – zu Werkstoffen, Technologien und Produkten – das zentrale Element des Innovationsprozesses darstellt. Mit einer ganzheitlichen Sicht auf den Innovationsprozess resultieren aus diesem Ansatz folgende Möglichkeiten zum verlustarmen, sicheren und effektiven TT:

IT-Grundlage für die TT-Plattform ist ein System zum Technologiedatenmanagement (TDM). TDM dient bisher den Forschern beim Entwickeln neuartiger Werkstoffe und zugehöriger Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren. Die generierten Entwicklungsergebnisse liegen im TDM als Material- und Technologiewissen in unterschiedlichen Formen (Materialkennwerte und -gesetze, Technologietabellen, Regelungsmodelle, Arbeits- und Prüfpläne) vor und stehen für den TT bereit. In diesen bereitstehenden Formen wird das Material- und Technologiewissen auch für die industrielle Anwendung benötigt. Denn die Industrie nutzt das Wissen bisher u. a. zur Inbetriebnahme und Serienanwendung neuer Prozesse – ebenfalls mit TDM-Unterstützung. Die Lücke zu einem durchgängigen TT kann mit zusätzlichen „Transferfunktionen" geschlossen werden.

Ein verlustarmer TT ist mit der Weitergabe der im TDM vorliegenden Entwicklungsergebnisse durch Ausgabe von Tabellen, Diagrammen, Modellen oder mathematischen Funktionen technisch möglich. Neben den technischen Funktionen sind jedoch zunächst die Übergabeformalitäten, Verwertungskonzepte und geeignete Geschäftsmodelle zu entwickeln, um den Wert des Technologiewissens und die Form der Leistungsberechnung zu definieren, um somit eine Basis für die Refinanzierung der Forschungseinrichtungen sowie Kalkulationsgrundlagen für die Industrie zu schaffen.

Für den sicheren TT spielt vor allem der Know-how-Schutz eine existenzielle Rolle, der im TDM durch ein modernes Nutzer- und Rechtemanagement so gewährleistet werden kann, dass sowohl Software-Funktionalität als auch Detaillierungsgrad des Wissens rollengerecht konfiguriert und nutzbar gemacht werden können.

Für einen effektiven TT sind weitere Funktionen erforderlich, die sowohl eine systematische Ablage der Ergebnisse für die Technologie-Geber als auch eine anwendergerechte Recherche für die Technologie-Nehmer ermöglichen.

In der Plattform auf Basis von TDM werden sowohl von Verbundprojekten wie dem ECEMP oder FOREL als auch von Entwicklungszentren der Industrie große Potenziale für verlustarmen und effektiven TT gesehen. Symate als Spezialist für TDM wirkt mit seinem TDM-System Detact als Kooperationspartner bei der Plattformentwicklung mit.

Biobasierte Verbundwerkstoffe für technische Anwendungen

A. Wagenführ, C. Siegel, M. Wanske
Institut für Holz- und Papiertechnik, TU Dresden

Holz ist ein von der Natur optimierter und zellular aufgebauter Faserverbundwerkstoff, bestehend aus den Bioverbundpolymeren Cellulose, Hemicellulosen und Lignin. Biowerkstoffe aus Holz, insbesondere Vollholzwerkstoffe, klassische Holzwerkstoffe und Holzfaserdämmstoffe – werden seither im Holz-, Möbel- und Innenausbau eingesetzt. Biobasierte Verbundwerkstoffe mit Holz sind insbesondere Schichtverbunde, deren Deckschichten aus dünnen Holzwerkstoffen und Kernschichten aus leichten Materialien (z. B. Papierwaben oder Schäume), bestehen. Derartige Sandwichverbunde werden bevorzugt im Möbelbau zu Leichtbauzwecken eingesetzt. Unter Biocompositen versteht man naturstoffverstärkte Polymere, insbesondere Biopolymere, die beanspruchungsgerecht konstruiert und optimiert werden. Als Verstärkungsmaterialien konnten Sekundärrohstoffe, Naturfasern und Furniere erfolgreich für entsprechende Anwendungen eingesetzt werden. Das System von biobasierten Mehrkomponentenwerkstoffen wurde im Rahmen von ECEMP BioHybrid entwickelt. Ein erstes Anwendungsbeispiel ist der bionisch optimierte und funktionalisierte Fahrradgepäckträger in Schale/Rippenbauweise aus thermoplastischem Material. Das Verbundmaterial besteht aus Flachslangfasern und Flachsschäben sowie einem thermoplastischen Matrixmaterial auf Basis von Cellulose. Die Gepäckträgerschale wurde aus thermogeformtem Organoblech, die Rippenstruktur im Anschluss durch prozessintegriertes Anspritzen aus Granulat erzeugt.

Die Verarbeitung von Furnier und Flachs in Verbindung mit Biopolymerfolien zu neuen, vollständig biobasierten Faserverbundwerkstoffen und deren Herstellung in effizienten, serientauglichen Verfahren ist das Ziel des Teilprojektes C4 im Exzellenzcluster MERGE, (DFG). Die zugehörige Prozesskette umfasst die Schritte von der Herstellung der thermoplastischen Matrixfolien (Bio-Polyethylen oder Bio-Polyamid) und einer speziellen chemischen Modifizierung der Verstärkungsmaterialien über die Konzeption einer kontinuierlichen Fertigung von unidirektional verstärkten Natural-Fiber-Composites (NFC)-Prepregs bis hin zur Formgebung von hybriden Leichtbaustrukturen.

Als Beispiel für eine Reststoffnutzung werden Paper Polymer Composites (PPC) vorgestellt. Im Rahmen eines interdisziplinären Forschungsprojektes wurden typische Reststoffe des Papierherstellungsprozesses (Grobrejekte, Fangstoffe und Deinkingschlamm) unterschiedlicher Papierfabriken untersucht. Die in industriellen Anlagen erfassten faserhaltigen Reststoffe (Fangstoffe und Deinkingschlamm) wurden aufbereitet, gemeinsam mit Kunststoffen compoundiert und z. B. im Spritzgussverfahren zu Prüfkörpern sowie möglichen Konsumgütern weiterverarbeitet. Durch die Nutzung der Reststoffe ergeben sich folgende Vorteile: Verbesserung der Wirtschaftlichkeit des Altpapiereinsatzes durch die stoffliche Verwertung von Rejekten, Substitution erdölbasierender Kunststoffe in den Faserverbundwerkstoffen durch biogene Fasern sowie Möglichkeit der gezielten Steuerung der Eigenschaften der PPC bei der Reststoffaufbereitung.

Chancen und Risiken eines KMU im innovativen Werkzeugbau für FVK aus nachwachsenden Rohstoffen

R. Wagner, D. Schulze
Direkt Form Projektgesellschaft mbH

DIREKT FORM ist als Gießerei- und Gussteildienstleister auf die Herstellung von großen und komplexen Gussteilen mit Einzelteil- oder Kleinstseriencharakter unter Anwendung von Rapid Prototyping Technologien spezialisiert. Durch hochqualifizierte Mitarbeiter und einer auf Flexibilität und Kooperation orientierten Unternehmensstruktur werden unterschiedlichste Gussteile prozesssicher auf einem hohen Qualitätsniveau hergestellt.

Durch einzelne Aufträge in der jüngeren Vergangenheit sammelte DIREKT FORM Erfahrungen im Präzisionsguss von Werkzeugkomponenten mit größeren komplexen Geometrien für die FVK-Fertigung (GFK, CFK). Das auf dem Gießverfahren beruhende Werkzeugkonzept bietet eine hohe Gestaltungsvariabilität und erfordert im Vergleich zur klassischen Herstellung von Stahlwerkzeugen nur geringen Bearbeitungsaufwand. Durch funktionsorientierten Einsatz unterschiedlicher Materialqualitäten (z. B. Wirkbereich, Stützstrukturen) werden Kosten, Ressourcen und Energie eingespart. Darüber hinaus kann durch gießtechnische Integrierung eines konturnahen Temperiersystems eine bessere Temperatursteuerung, u. a. auch eine variotherme, mit dem Werkzeug realisiert werden.

Mit der immer stärkeren Nachfrage nach Leichtbaulösungen entstehen neue Materialverbünde, darunter auch aus Naturfasern (NF). Deren Verarbeitungstechnologien werden erst mit ihren konkreten Anwendungsfällen entwickelt oder an bewährte angepasst. Da die Konsolidierung der FVK-Bauteilen zumeist im formgebenden Werkzeug stattfindet und einem Urformprozess ähnlich ist, sieht DIREKT FORM mit dem neuen Werkzeugkonzept eine Chance als Branchenfremder für die Werkzeugherstellung eine Alternative zu bieten.

Derzeit bringt DIREKT FORM in einem regionalen Forschungsprojekt das eigene Know-how in die Entwicklung eines Werkzeugkonzeptes ein, das auf das zu entwickelnde Verfahren zur Herstellung und Verarbeitung komplett biobasierter Organobleche abgestimmt ist [1]. Mit dem Projekt eröffnet sich DIREKT FORM die Chance, die Anforderungen an den Werkzeug- und Formenbau dieser zukunftsträchtige NFK-Bauteileklasse frühzeitig kennenzulernen. Ziel von DF ist die Know-how-Entwicklung in der Werkzeugherstellung für Press- und/ oder Spritzgießverfahren und die Etablierung innerhalb einer regionalen wettbewerbsfähigen Wertschöpfungskette [2] im zukunftsträchtigen Leichtbau-Markt.

Die Herausforderung für DIREKT FORM besteht vor allem darin, sowohl möglichst regionale Werkzeugbauer als Kooperationspartner oder als Auftraggeber zu gewinnen als auch Kunden, die sich mit der FVK-Bauteileherstellung durch Pressen oder Spritzgießen befassen und offen für ein innovatives Werkzeugkonzept sind. Nach dem derzeitigen Wissensstand gibt es nur sehr wenige Unternehmen, deren Werkzeugbauer Erfahrungen in der Werkzeugherstellung durch Gießen besitzen und die die damit verbundenen effektiven Gestaltungsmöglichkeiten schon bei der Werkzeugentwicklung berücksichtigen. Das Mitwirken in regionalen Netzwerken wie dem CC Ost e.V. und in Forschungskooperationen erlaubt DIREKT FORM, gezielter, die Partner für das von DIREKT FORM favorisierte Leichtbau-Marktsegment zu gewinnen.

Literatur

1. Entwicklung eines Verfahrens und eines zugehörigen Presswerkzeugs zur Herstellung biobasierter Naturfaser-Organobleche, http://cimtt.de/Stand: 30.06.2014

2. http://www.cc-ost.eu/leistungsspektrum/cc-ost-innovationsforum, Hochleistungsfaserverbund -Etablierung wettbewerbsfähiger Fertigungsketten, Stand: 30.06.2014

LignoTUBES – ein runder Furnierverbundwerkstoff für den ökologischen Leichtbau

C. Beck, R. Taranczewski
LignoTUBE Technologies GmbH & Co. KG

Unsere Industriegesellschaft basiert auf der Nutzung zahlreicher metallischer und mineralischer Rohstoffe, die nur begrenzt zur Verfügung stehen. Die Reichweite fossiler Ressourcen kann nur geschätzt werden und ist mit großer Unsicherheit behaftet. Leicht erschließbare Rohstoffe wurden bereits zu einem großen Teil gewonnen, sodass sich die Rohstoffförderung zukünftig immer aufwendiger gestaltet. Dies führt zu einem gesteigerten Energieeinsatz und einer damit verbundenen erhöhten CO_2-Emission.

LignoTUBEs werden äußerst materialeffizient und ressourcenschonend aus dem nachwachsenden Rohstoff Holz hergestellt. Die stabilen Leichtbaurohre bieten durch ihre technischen Eigenschaften eine umweltfreundliche Alternative zu bestehenden Konstruktionsmaterialien wie Aluminium, Stahl, Carbon oder Kunststoff.

Sowohl metall- als auch kunststoffbasierte Werkstoffe zeichnen sich durch eine energieintensive und damit klimaschädliche Herstellung aus. Sie werden aus Erzen oder Erdöl gewonnen, welche nicht regenerativ sind und sich als Endprodukt nur begrenzt rezyklieren lassen.

Die erforderlichen Energiemengen für die Herstellung eines Kilogramm Werkstoffs – von der Rohstoffgewinnung bis zum verarbeitungsfähigen Rohprodukt – unterscheiden sich deutlich (vgl. Abb. 1). Furnierstämme werden je nach Verfahren gedämpft und zugeschnitten, weshalb die Fertigung von Furnier mehr Energie verbraucht als die von Schnitt- oder Kantholz. Dennoch ist der Energieeinsatz bei der Furnierherstellung mit etwa 22 MJ/kg im Vergleich zu anderen Konstruktionsmaterialien äußerst gering.

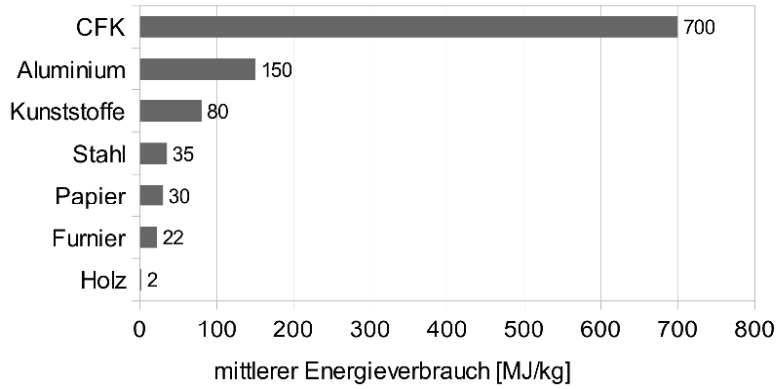


Abb. 1: Energieverbrauch für die Herstellung verschiedener Werkstoffe.

Wie hoch der Energieverbrauch für die Herstellung von LignoTUBEs ist, kann zum aktuellen Zeitpunkt noch nicht beziffert werden. Durch unsere Bestrebungen, möglichst energieeffizient zu produzieren, kann jedoch von einer sehr günstigen Energie- und CO_2-Bilanz der Furnierverbundrohre ausgegangen werden.

Mit LignoTUBEs können nachwachsende Rohstoffe durch den materialeffizienten Einsatz des Naturmaterials Holz geschont werden und Werkstoffe aus nicht regenerativen Ressourcen lassen sich durch die leichten und belastbaren Furnierverbundrohre teilweise substituieren – aber nur dort, wo der Einsatz auch sinnvoll und materialgerecht erscheint.

Literatur

1. Büro für Umweltchemie (1998): Graue Energie von Baustoffen. Herausgabe im Eigenverlag, Zürich

2. e-mobil BW GmbH. Landesagentur für Elektromobilität und Brennstoffzellentechnologie Baden-Württemberg (2012): Leichtbau in Mobilität und Fertigung. Stuttgart

3. Informationsdienst Holz (2001): Holz – Rohstoff der Zukunft. Berlin

4. Kolb, B. (2004): Nachhaltiges Bauen in der Praxis. Blok Verlag, München

5. Bellersheim, R.; et al. (2011): Tabellenbuch Fahrradtechnik. Verlag Europa-Lehrmittel, Haan-Gruiten

Der Beitrag keramischer Werkstoffe zum emissionsfreien Nutzfahrzeug-Dieselmotor

U. Gärtner

Daimler AG, Stuttgart

Mitte der achtziger Jahre des letzten Jahrhunderts traten in Europa erstmalig Emissionsvorschriften für den gasförmigen Schadstoffausstoß von Nutzfahrzeug-Dieselmotoren in Kraft. Die ehemaligen Grenzwerte und Zertifizierungstests wurden seitdem kontinuierlich fortgeschrieben und verschärft.. Moderne Motoren der EURO VI Generation zeichnen sich mittlerweile durch eine Abgasreinheit aus, die die Qualität der von diesenMotoren aus der Umgebung angesaugten Frischluft vielfach übertrifft. Dieses bisher einzigartige Emissionsniveau wird erreicht durch eine aufwendige nachmotorische Kombination von Filtrationsprozessen und katalytisch initiierter Reaktionen, die – von mehreren Regelkreisen kontrolliert und von einer Vielzahl von Sensoren überwacht – die motorischen Schadstoffe auf ein kaum noch messbares Niveau reduziert. Gleichzeitig öffnet diese hochkomplexe Abgasnachbehandlung einen Ausweg aus dem seit Jahrzehnten andauernden Zielkonflikt zwischen der Forderung nach niedrigem Kraftstoffverbrauch und dem Zwang zur innermotorischen Schadstofflimitierung. Das EURO VI Abgasreinigungskonzept räumt damit dem Entwicklungsingenieur neue Freiheitsgrade ein zur zukünftigen Verringerung des CO_2-Ausstosses von Verbrennungsmotoren.

Der vorliegende Beitrag beschreibt Funktion, Aufbau und Werkstoffeigenschaften der zur Abgasreinigung eingesetzten Dieselpartikelfilter, Oxidationskatalysatoren, Reduktionskatalysatoren und Sperrkatalysatoren. Als Filterwerkstoffe und Katalysatorträger kommen bei den genannten Applikationen vorzugsweise keramische Materialien, wie Siliziumkarbid, Cordierit und Aluminiumtitanat in Form monolithischer Wabenkörper in Betracht.

Ausgehend vom heutigen Stand der EURO VI Technologie werden aus Sicht eines Fahrzeugherstellers weiterhin die zukünftigen Anforderungen an die Keramiksubstrate aufgezeigt. Zentrale technische Ziele umfassen neben der Optimierung von Strömungsverlusten, Bauvolumen und Gewicht auch die Integration unterschiedlicher chemisch-physikalischer Prozesse in nur einen Keramikträger.

Literatur

1. U. Gärtner, P. Benz, M. Ernst, J. Lehmann Thermodynamik und Emissionskonzept der neuen mittelschweren Motoren von Mercedes-Benz für weltweiten Einsatz Der Arbeitsprozess des Verbrennungsmotors, Graz, September 2013

2. A. Dittler, U. Gärtner Fahrzeugintegration komplexer Abgasnachbehandlungssysteme in Nutzfahrzeugen 9. Dresdner Motorenkolloquium, Juni 2011

3. U. Gärtner, A. Massner, M. Kemmner Oxidationskatalysator und Partikelfilter in Kombination mit SCR-Katalysator – Grundlagen und Betriebsstrategie 8. FAD Konferenz, Dresden, November 2010

Strom aus Abwärme – Effizienzsteigerung von Wärmekraftmaschinen

G. Zikoridse, P. Pfeiffer

HTW Dresden, Forschungsinstitut Fahrzeugtechnik

Das Erreichen zukünftiger Ziele bezüglich Energieeinsparung und der Verminderung der Kohlendioxidemission ist ohne weitere Steigerung der Energieeffizienz künftiger Wärmekraftmaschinen nicht zu realisieren. Daher ist es zu erwarten, dass jetzt verstärkt Technologien entwickelt werden, die die bisher ungenutzt an die Umgebung abgegebene Wärmeenergie wieder nutzbar machen.

Die meisten Wärmekraftmaschinen sind nach technischen Gesichtspunkten für die Kraft-Wärme-Kopplung geeignet. Die gleichzeitige Erzeugung von Wärme und elektrischem Strom dient der besseren Ausnutzung des Brennstoffs. Die Technik der Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) gibt es in einer Vielzahl von Anwendungsformen, einmal für industrielle Eigenerzeuger, zum anderen für die öffentliche Versorgung mit Strom und Fernwärme, beide in Deutschland und Europa etwa gleich wichtig [1]. Die bereits industriell angewandten Lösungen nutzen verschieden Technologien zur Gewinnung, Speicherung und Umwandlung der Abwärme. Dabei spielt das Temperaturniveau der anfallenden Abwärme eine sehr wichtige Rolle.

Im Unterschied zur bereits etablierten Technologien zur Abwärmenutzung im Sektor der industriellen Energieerzeugung, sind die Lösungsansätze bei den Verbrennungskraftmaschinen im mobilen Bereich noch im Forschungs- und Entwicklungsstadium. Etwa zwei Drittel der im Kraftstoff chemisch gebundener Energie geht in Verbrennungskraftmaschinen als Abwärme verloren [2]. Es wird zwar nie möglich sein, die abgeführte „verlorene" thermische Energie vollständig nutzbar zu machen, aber das Nutzungspotential gerade in diesem Bereich ist besonders groß.

Zur Wärmerekuperation bieten sich beispielsweise geschlossene Kreisprozesse unter Einsatz von Dampfturbinen (z.B. Rankine-Cycle) oder Stirlingmotoren an. Diese Systeme wandeln die Wärme in mechanische Energie und haben derzeit unter allen Technologien zur Wandlung der Restwärme den besten Wirkungsgrad. Jedoch ist die Integration durch die hohe Anzahl an Komponenten komplex und aufwändig. Eine besonders interessante Lösung für mobile Anwendung ist die direkte Wandlung der Wärme in elektrische Energie mit einem Thermoelektrischen Generator unter Ausnutzung des Seebeck-Effekts [3].

In diesem Beitrag werden Lösungen vorgestellt, mit denen man aus der Abwärme von Wärmekraftmaschinen wertvollen Strom gewinnen kann.

Literatur

1. „Elektrizität: Schlüssel zu einem nachhaltigen und klimaverträglichen Energiesystem", eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft (DPG) (2010); Teil II.3, Kraft-Wärme-Kopplung

2. Zikoridse, G.; Pfeiffer, P.: Thermoelektrische Abwärmenutzung bei Verbrennungsmotoren, Internationales ECEMP-Kolloquium, 27. und 28. Oktober 2011

3. Eder. A.; Liebl. J.; Brück, R.; Maus, W.: Der Thermoelektrische Generator zur Reduktion der CO_2-Emissionen – Rekuperation der Energieverluste im Abgassystem, 01/2010

Von der Idee zum Markterfolg
Technologie- und Innovationsberatung durch die IHK

W. Schnelle
Industrie- und Handelskammer Dresden

Unternehmen und Existenzgründer sind in der Regel dann erfolgreich, wenn es ihnen immer wieder von Neuem gelingt, eigene Ideen und Entwicklungsergebnisse sowie neue Erkenntnisse aus der Wissenschaft schnell und effizient in verkaufsfähige Produkte, Verfahren oder neue Dienstleistungen umzusetzen. Der Weg dorthin ist meist nicht einfach und immer mit hohen Risiken und mit hohen Kosten verbunden. Vor allem kleine und mittlere Unternehmen (KMU) benötigen hierzu nicht selten externe Hilfe.

Deshalb unterstützten die sächsischen Industrie- und Handelskammern (IHK) im Rahmen ihres Dienstleistungsangebotes Unternehmen und Existenzgründer bei der Planung und Durchführung ihrer betrieblichen Innovationsvorhaben einschließlich bei deren Finanzierung. Sie vermitteln Kontakte zu Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen und unterstützen den Technologietransfer aus der Wissenschaft in die Wirtschaft. Auch Informationen zur Geräte- und Produktsicherheit, zur EG-Konformitätsbewertung und CE-Kennzeichnung sowie zum Schutz des betrieblichen Know how vor unkontrollierter Nachahmung gehören zum Leistungsangebot der IHKs.

Es ist dringend erforderlich, das in Sachsen umfangreich vorhandene wissenschaftliche Potenzial noch viel stärker als bisher für die einheimische Wirtschaft zur Wirkung zu bringen. Insoweit spielt die Vermittlung von FuE-Kooperationspartnern aus Universitäten, Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen eine ganz besondere Rolle, ebenso wie die Anbahnung und Unterstützung von FuE-Verbundvorhaben zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Hier gilt es, noch zahlreiche Vorbehalte sowohl auf der unternehmerischen Seite als auch bei den Forschungseinrichtungen abzubauen. Die Anonymität der großen Forschungseinrichtungen sowie die Unkenntnis über deren einzelne Potenziale und Forschungsfelder, mangelnde Kontinuität in der Themenbearbeitung, die unterschiedliche „Sprache" von Wissenschaftlern und Unternehmern sowie bürokratische Hemmnisse bei der Vertragsgestaltung und der Finanzierung werden Immer wieder als Hemmnisse für einen erfolgreichen Technologietransfer genannt.

Die Aktivitäten der IHKs zur Unterstützung von Forschungskooperation und Technologietransfer sind im Übrigen nicht auf Sachsen begrenzt. Bundesweit steht ein flächendeckendes Netz von IHK-Technologie- und Innovationsberatungsstellen zur Verfügung. Etwa 140 IHK-Innovationsberater sind darin tätig.

Funktionsintegration in Leichtbaustrukturen – Chancen und Herausforderungen

M. Gude

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden

Vor dem Hintergrund der weltweiten Ressourcenverknappung zählt der Leichtbau mit seiner inhärenten Material- und Energieeffizienz branchenübergreifend zu den Schlüsseltechnologien bei der Entwicklung moderner Hightech-Produkte mit hoher Nachhaltigkeit und Wertschöpfung. Dabei kommt insbesondere dem funktionsintegrierenden Systemleichtbau mit faserverstärkten Mehrkomponentenwerkstoffen hoher Stellenwert zu. Besonders die hohe Festigkeit und Steifigkeit bei geringer Masse, die einstellbaren Dämpfungs- und Crasheigenschaften, die große Vielfalt textiler Verfahren und Strukturen und vor allem die zahlreichen Möglichkeiten der Funktionsintegration durch passive und aktive Funktionselemente gepaart mit neuen wirtschaftlichen und reproduzierbaren Fertigungsverfahren eröffnen ein breites Anwendungspotential der multifunktionalen Werkstoffklasse in Klein- und Großserien. Als wesentliche Anwendungsfelder seien hier „Active Vibration and Noise Control", „Structural Health Monitoring" und „Condition Monitoring" für innovative Leichtbauanwendungen genannt.

Im Vortrag werden anwendungsspezifisch Chancen, die sich durch neue Integrationsansätze und -technologien von piezokeramischen und faseroptischen Sensoren und Aktoren für Faserverbundstrukturen eröffnen, am Beispiel aktueller Entwicklungen beleuchtet und Herausforderungen hinsichtlich des Einsatzes in wettbewerbsfähigen Produkten dargestellt.

So werden etwa neue Möglichkeiten zur werkstoffkompatiblen Gestaltung, fertigungsgerechten Auslegung und serienfähigen Umsetzung von thermoplastverbundkompatiblen Piezokeramik-Modulen (TPM) für aktorische und sensorische Anwendungen aufgezeigt. Deren funktionalisierte thermoplastische Trägerfolie ist bereits auf den Matrixwerkstoff der faserverstärkten Verbundstruktur abgestimmt, in die sie integriert werden soll. Durch gezieltes Anschmelzen der Thermoplast-Komponenten von Funktionsmodul und Tragstruktur lässt sich somit im Fertigungsprozess der Thermoplastverbundstruktur eine homogene Anbindung einstellen, womit der klebtechnische Montageschritt entfällt. Zur technologischen Umsetzung der TPM wurde ein durchgängiger Rolle-zu-Rolle-Prozess auf Basis einer Siebdruckeinrichtung, einer Montage- und Konfektioniereinheit und einer Heißpresse entwickelt und aufgebaut. In einem anschließenden Direktverfahren lassen sich die TPM in die Thermoplastverbundstruktur integrieren und online polarisieren.

Ein weiteres hoch effizientes Verfahren zum prozessintegrierten Aufbau und zur Einbettung von piezokeramischen Sensoren und angepasster Auswerteelektronik in großserienfähige faserverstärkte Polyurethanverbunde bietet eine neue Multi-Fibre-Injection- (MFI-)Technologie für Glasfaser-Polyurethan-Verbund- (GPV-)Werkstoffe und piezokeramische Funktionselemente. Hierbei lassen sich unter Einsatz piezokeramischer Halbzeuge, wie etwa kostengünstige Kurzfasern und Perlen, sowie geeigneter Elektrodenstrukturen neuartige piezoelektrische Funktionsmodule während des Herstellungsprozesses lokal im Verbund aufbauen und einbetten. So werden die Verfahrensschritte Modulfertigung sowie Bauteilfertigung und -integration erstmals in einem einstufigen effizienten Verfahren realisiert. Besondere Herausforderungen ergeben sich bei der Polarisierung der eingebetteten piezokeramischen Halbzeuge, da hier geeignete Schaltungskonzepte zum Schutz der Sensorelektronik vor den zu erwartenden hohen Polarisationsspannungen zu entwickeln sind.

Neben den piezokeramischen Funktionsmodulen werden faseroptische Raman-Sensoren und deren Potentiale für den Einsatz in faserverstärkten Hochleistungsverbundbauteilen dargestellt. Diese bieten im Unterschied zu den etablierten Faser-Bragg-Gittern die Möglichkeit, eine kontinuierlich aufgelöste Temperatur- und Dehnungsmessung vorzunehmen und damit eine online-Überwachung sowohl von Fertigungsprozessen als auch Betriebszuständen von Mehrkomponentenwerkstoffen und -strukturen zu realisieren.

Anforderung an Werkstoff und Prozess bei modernen Hochleistungsreifen

G. Heinrich[1,2]

[1]*Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.*
[2]*Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden*

Moderne Pkw- und Lkw-Reifen stellen komplexe Hochleistungsverbundkörper dar, deren vielfältige Anforderungen wie zum Beispiel niedriger Rollwiderstand, kurzer Bremsweg, geringer Verschleiß, hohe Laufleistung, niedriges Abrollgeräusch usw. in intrinsischen Konfliktfeldern optimal und marktgerecht entwickelt und gefertigt werden müssen. Weitere Anforderungen wie die Übernahme von Funktionen in einem Fahrzeugkontrollsystem oder in der Wechselwirkung mit der Straße erhöhen den Anforderungsgrad an moderne Fahrzeugreifen [1, 2].

Der Vortrag verdeutlicht, wie über neue Konzepte zum Design elastomerer Nanokomposite, die am IPF Dresden entwickelt worden sind, rollwiderstandsärmere und verschleißärmere Reifenlaufflächenmischungen für die Reifenindustrie vorgeschlagen werden können [3]. Parallel zu den werkstofflichen Entwicklungen stellen sich Herausforderungen an die Entwicklung neuartiger Laborprüfmethoden für ein sog. 'Predictive Testing' von Leistungskennwerten von Reifen. Beispielhaft werden dazu die am IPF Dresden durchgeführten Entwicklungen zur Bruchmechanik und Verschleißanalyse von Reifengummis unter zyklischen mehrachsigen Belastungsformen vorgestellt [4, 5].

Literatur

1. Heinrich, G., Grave, L., Stanzel, M.: Material- und Reifenphysikalische Aspekte bei der Kraftschlußoptimierung von Nutzfahrzeugreifen. VDI-Berichte Nr. 1188, (1995) 49-67

2. Heinrich, G.; Klüppel, M.: Rubber friction, tread deformation and tire traction. Wear 265 (2008) 1052-1060

3. Das, A., Stöckelhuber, K.W., Rooj, S., Wang, De-Yi, Heinrich, G.: Synergistic effects of expanded nanoclay and carbon black on natural rubber compounds. Kautschuk Gummi Kunststoffe 63 (2010) 296-302

4. Stoček, R., Gehde, M., Heinrich, G.: Analyse des dynamischen Risswachstums von Elastomeren. Kautschuk Gummi Kunstoffe (KGK) 62 (2009) 170-176

5. Schneider, K., Schulze, A., Heinrich, G., Lombardi, R., Calabro, R., Kippscholl, C., Horst, Th.: Charakterisierung und Versagensverhalten von Elastomeren bei dynamischer biaxialer Belastung. Kautschuk Gummi Kunststoffe (KGK) 67 (2014) 48-52

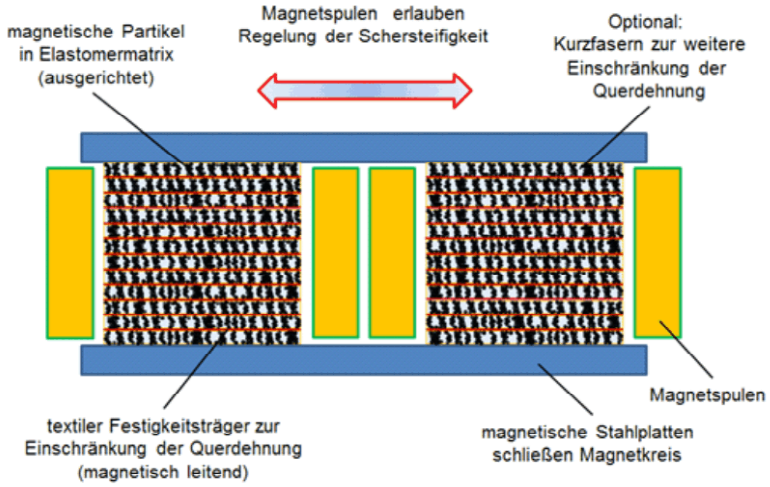
Magneto-sensitive Elastomere

M. Klüppel, S. Aloui

Deutsches Institut für Kautschuktechnologie e. V., Hannover

Neue Konzepte im Bereich der Materialwissenschaften ermöglichen die Entwicklung von adaptiven Materialien, den sogenannten Smart Materials. Diese sind in der Lage ihre physikalischen (oder chemischen) Eigenschaften so zu variieren, dass sie z. B. bei einer Anwendung in tragenden Strukturen wie Hochhäuser oder Brücken, eine Anpassungsfähigkeit dieser Bauwerke an katastrophale Umwelteinflüsse sicherstellen. Diese Anpassungsfähigkeit bietet insbesondere Vorteile bei besonders weitgespannten Brücken oder sehr hohen Hochhäusern, die extremen Belastungen wie Wirbelstürmen oder Erdbeben ausgesetzt sind, da die Bauwerke auf diese Ereignisse aktiv reagieren können.

Beispiele adaptiver Funktionsbauteile auf der Basis magneto-sensitiver Elastomere sind elektromagnetisch gesteuerte, adaptive Schwingungstilger (siehe Abb.). Hier regelt ein Elektromagnet die Magnetfeldfeldstärke in einem ringförmig angeordneten Verbund aus Eisenkern und magnetisch leitendem Gummi. Damit lässt sich ein System aus schwingender Masse und Federelement realisieren, dessen Federkonstante aktiv über die Magnetfeldstärke steuerbar ist. Da sich die Eigenfrequenz durch Variation der Federkonstante systematisch verschiebt, lässt sich die Dämpfungscharakteristik des Systems aktiv an die äußeren Deformationen anpassen und so gezielt regeln.



Eine Verbesserung der Schaltbarkeit magneto-sensitiver Elastomere mit magnetisch leitenden Füllstoffpartikeln wird durch die Vulkanisation unter Einfluss eines Magnetfeldes erzielt. Hierbei wird der Effekt der magnetisch und thermisch induzierten Flockulation, d. h. Aufbau eines Füllstoffnetzwerks, entlang der Magnetfeldlinien ausgenutzt. Durch den Einfluss der Vulkanisationstemperatur (bis zu 180 °C) wird die Viskosität der Polymermatrix herabgesetzt und somit die Beweglichkeit der Füllstoffpartikel erhöht. Dadurch reihen sich die Füllstoffpartikel wie an Schnüren aufgezogen entlang der Magnetfeldlinien an und der mittlere Abstand wird so reduziert. Die resultierende Magnetisierung wird hierdurch anisotrop senkrecht zur Planarebene verstärkt und parallel herabgesetzt.

Adaptronics and sensors in aero engines

K. Schreiber

Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG

Modern aero-engines are equipped with a series of sensor systems to monitor e. g. temperatures, pressures, vibrations and fuel consumption. The determined data are needed to calculate the actual engine performance, to evaluate the structural integrity and they are required input as data to regulate the engine control devices such as the valves for fuel supply, the actuator system of the variable vanes blades and seals to control secondary air flow.

Regarding the improvement of the engine efficiency, the relevant engine manufacturers provide a tremendous effort for further possibilities to control additional features like the gap between blade tip and casing or blade shape itself. To achieve remarkable progress in engine monitoring and control especially novel methods for sensor and actor systems have to be developed.

With the aim to meet these challenges, Rolls-Royce has initiated a series of research projects on the one side to develop novel approaches for engine control systems and on the other side provide the corresponding actor and sensor systems. Exemplarily, the results of two innovative research projects, the national AiF-project SAD and European project DREAM will be introduced within the presentation.

The aim of the work within SAD and DREAM is to develop a self-adapting vibration damping system for composite propellers and a novel integrable system for an online damage diagnosis.

The composite propellers with integrated damper system (IDS) consist of fibre reinforced composite material for the blade structure, in which the elements of the active damper: sensors, actuators, wires and insulators are integrated. The development of propeller rotors with an integrated damping system builds on the knowledge already gained in the German project "Selbstadaptierender Dämpfer. In DREAM, the applicability of the IDS is demonstrated for more complex composite rotors like fanblades. Therefore, scaled and full scale composite blades with IDS were designed, fabricated and are tested in a stationary test stands and in a spin rig test.

These demonstrators are used for determination of the effectiveness and efficiency of the IDS, while two design concepts are considered. On the one side, composite blade with IDS using central processor and amplifier were developed and fabricated. In this case the processor and amplifier could be mounted to the fan disk. This demonstrator with IDS is actually tested in a rotor spin rig. On the other side, composite blade with IDS using local processor and amplifier are developed.

The integrated diagnostic system is using modal parameters as features for the design rules. In DREAM first trials were performed using diagnostic system to detect and located changes of the structure of a scaled composite blade.

In addition to the results of the SAD and the DREAM project, an outline on further trend in future engine control and monitoring will be given within the speech.

Multimaterialverbunde mit neuen zellularen Drahtstrukturen – Basis für visionäre Leichtbaulösungen

Ch. Cherif[1], O. Andersen[2], R. Böhm[3], A. Gruhl[3], G. Hoffmann[1], W. Hufenbach[3], S. Kaina[4], B. Kieback[4], C. Sennewald[1]. G. Stephani[2], M. Thieme[3], D. Weck[3]

[1]Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, TU Dresden
[2]Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Dresden
[3]Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden
[4]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden

Die Nachfrage nach neuen, flexiblen und anpassungsfähigen Materialien steigt stetig, dabei wird insbesondere nach innovativen Werkstoffkonzepten verlangt. Aufgrund des hervorragend einstellbaren Eigenschaftsprofils ist die Werkstoffgruppe der Multimaterialverbunde auf Basis zellularer Drahtstrukturen von hohem Interesse. Die Kombination von Metallkomponenten mit textilen Verstärkungs- bzw. Funktionsstrukturen zu textilbasierten Verbunden im Multimaterialdesign schafft neue Möglichkeiten für den ingenieurmäßigen Leichtbau.

Im Rahmen des ECEMP Forschungsprojektes „CoMeT" wurden dreidimensionale, textilbasierte metallische Strukturen in zellularer Bauweise sowie eine dafür notwendige Fertigungstechnologie entwickelt. Diese Strukturen vereinen die Vorteile metallischer Werkstoffe mit einer belastungsgerechten Faseranordnung. Die zellularen Strukturen werden als 3D-Drahtstrukturen in einem modifizierten Webverfahren gefertigt. Die Stabilität sowie die mechanischen Eigenschaften wie zum Beispiel die Druckfestigkeit und -steifigkeit der 3D-Drahtstrukturen können durch die Anpassung des Strukturaufbaus gezielt eingestellt werden.

Dank ihrer hohen geometrischen Variabilität, der einstellbaren mechanischen Eigenschaften und der hohen Temperaturstabilität, verbunden mit einem sehr niedrigen spezifischen Gewicht, eignen sich die entwickelten Strukturen hervorragend für vielfältige Anwendungen in Leichtbaustrukturen. Sie können als Kernlage in impactbelasteten Sandwichstrukturen oder als Verstärkungsstruktur in metallischer Matrix eingesetzt werden. Durch völlig neue Strukturkonzepte und Fertigungstechnologien können außerdem hybride zellulare Strukturen mit individuell einstellbaren Eigenschaften bereitgestellt werden, welche für ein breites Anwendungsspektrum geeignet sind.

Ein besonderer Vorteil ist die hohe Gestaltungsfreiheit aufgrund der flexiblen Fertigungstechnologie. Es lassen sich sowohl gradiente als auch hybride Werkstoffverbunde realisieren. Durch den vollständig metallischen Aufbau können die entwickelten Werkstoffe auch bei höheren Temperaturen eingesetzt werden. Dieser Aspekt ist insbesondere in Bereichen von Vorteil, wo vom Gesetzgeber strenge Brandschutzbestimmungen vorgegeben werden. Auf Basis der Drahtstrukturen können doppelwandige Leichtbausysteme für Karosserien im Fahrzeugbau entwickelt werden. Die neuartigen Strukturen können auch erfolgreich in Schienenfahrzeugen als Crashelemente eingesetzt werden. Ein weiterer Anwendungsbereich sind lokale Verstärkungen Leichtmetall-Druckguss-Verbunden, wodurch Wandstärken reduziert und die mechanischen Eigenschaften deutlich verbessert werden können.

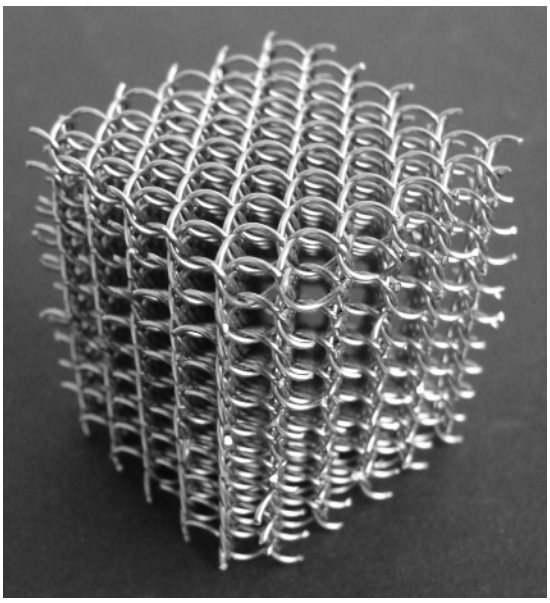
Darüber hinaus sind die entwickelten Werkstoffe zu 100 % recycelbar, wodurch insbesondere ökonomischen Aspekten Rechnung getragen wird. Mit Hilfe der entwickelten Werkstoffe lassen sich folglich Leichtbaulösungen realisieren, die mit konventionellen Werkstoffen nicht denkbar wären. Somit ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für den ingenieurmäßigen Leichtbau.

Sondermaschinenbau als Schlüsselfaktor bei der Entwicklung und Herstellung neuer Leichtbaustrukturen

J. Kieselstein

Kieselstein International GmbH, Chemnitz

Aufgrund der stetigen Bestrebungen, besonders im Automobilbau, zu immer geringeren Schadstoffausstößen und Verbräuchen steigen die Anforderungen an die verwendeten Bauteile und deren Gewicht. Neben der Entwicklung von neuen hochfesten Materialien, z. B. Stahl- und Titanlegierungen, höherfesten Aluminiumlegierungen und Verbundwerkstoffen CFK, GFK werden Strukturleichtbauelemente entwickelt. Eines dieser Elemente ist das Produkt strucwire.



Strucwire als 3-dimensionale Drahtstruktur, die aus mehreren, sich zur Bildung einer Vielzahl von Zellen im dreidimensionalen Raum überkreuzenden und miteinander verbundenen Drähten besteht, wurde im Rahmen eines, durch die sächsische Aufbaubank geförderten, Entwicklungsprojekts von Industrie- und Forschungseinrichtungen entwickelt. Die Motivation für die Entwicklung einer derartigen Struktur geht auf eine Kagome-Strukturen zurück, welche bestens bekannt ist, jedoch bis zum heutigen Tag keine vernünftige Lösung gefunden werden konnte, diese industriell herzustellen.

Daher war es eine Forderung bei strucwire, neben der Erarbeitung von Kennzahlen und Eigenschaften, auch die automatisierte Herstellung im Auge zu haben. Hierbei erwies es sich als wesentlich, dass das Unternehmen KIESELSTEIN sowohl Drahtverarbeiter und damit Hersteller von strucwire, als auch ein Maschinenbauer im Bereich Sonderanlagen für die Drahtindustrie ist.

Nach der ersten Ermittlung von Eigenschaften von strucwire wurde sich intensiv mit dessen Herstellungsmethodik auseinandergesetzt. Eine wesentliche Schwierigkeit stellten dabei die bis dahin nicht vorhandenen Anwendungsfelder dar. Jedoch sind es gerade diese, die über die Bedarfe und damit über die Gestaltungen des zu verwendenden Fertigungsmittels entscheiden.

Von daher wurde während des gesamten Entwicklungsprozesses der Struktur auch die Entwicklung der dafür vorgesehenen Fertigungsmittel mit betrachtet. Nachdem die Werkstoffkenndaten ermittelt und dadurch erste mögliche Ansatzpunkte für Anwendungen erkannt werden konnten, wurde gleich nebenher die Anlagentechnik entwickelt. Dabei, ausgehend von einer Prototypenanlage, welche eine Vielzahl von Nebentätigkeiten durch Eingriffe des Bedieners realisiert, war es wesentlich, die automatisierte Fertigung im Auge zu behalten.

Auf den ersten Grundlagenerkenntnissen entstand ein Lastenheft zur Gestaltung der Anlagentechnik. Dabei wurde die gesamte Fertigungskette betrachtet. Aus dieser ergaben sich zwei Arbeitsschwerpunkte:

Zum einen die Erzeugung der Spiralen als Grundelement für die 3D-Struktur und zum anderen die Fertigungsmittel zum Fügen der Strukturen.

Neben der getrennten Fertigung wurde auch die kombinierte betrachtet und letztendlich im ersten Prototyp realisiert. Mit diesem konnten erste Erkenntnisse zur Verarbeitung und den technologischen Randbedingungen untersucht werden. In einer nachfolgenden Betrachtung entstand eine neue, verbesserte Lösung zur Herstellung von strucwire. Diese befindet sich derzeit in der Endphase der Entwicklung.

Neben strucwire gibt es natürlich auch andere Leichtbaustrukturen, die Sondermaschinen benötigen. So wurde an der TU Dresden eine ähnliche, eher flächige 3D-Drahtstruktur entwickelt – eine Gewebestruktur mit zellularem Aufbau – basierend auf der Herstellung durch Weben. Gemeinsam mit der Firma KIESELSTEIN wurde in der Folge ein entsprechender Abzug für die Herstellung dieser Struktur konzipiert.

Zusammenfassung

Ziel und Motivation des Vortrags ist es, den Entwicklern von Leichtbaustrukturen zu verdeutlichen, dass bei aller Entwicklung und Konzentration auf die physikalischen Eigenschaften auch die Betrachtung der Fertigungsmethodik von Anfang an im Vordergrund stehen muss. Blendet man diese aus, könnte das unter Umständen dazu führen, dass ein gutes Element später nicht sinnvoll und wirtschaftlich hergestellt werden kann und somit niemals den Weg in eine Anwendung findet. Somit empfiehlt es sich, in Grundlagenprojekten Sondermaschinenbauer, in den Entwicklungsprozess zu integrieren und dessen Erfahrungen und Anmerkungen von Anfang an einfließen zu lassen.

Innovative Werkzeugsysteme als Schlüssel für eine effiziente Kompositfertigung

M. Krahl[2], S. Münter[2], M. Pohl[2], M. Zichner[1]

[1]Leichtbau-Systemtechnologien KORROPOL GmbH, Dresden
[2]Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden

Die kosteneffiziente Herstellung von Faserkunststoffverbund-Bauteilen (sog. Composite-Strukturen) in kleinen und mittleren Stückzahlen bedingt oftmals kostengünstige Werkzeugsysteme. Hier bieten laminierte GFK (Glasfaserverstärkter Kunststoff)-Werkzeuge ein besonderes Einsatzpotential. Insbesondere die Produktion größerer Composite-Strukturen (> 2 x 1 x 1 m Kantenlänge) – etwa für Schienenfahrzeuge, Schiffe, Windenergieanlagen oder im Maschinenbau – ist bislang nur durch den Einsatz von GFK-Werkzeugen zu realisieren. Die prozesssichere Einbettung zusätzlicher Funktionalitäten, wie dynamische lokale Temperierungen oder Markersysteme, ist hierin mittlerweile Stand der Technik, wie auch die praktisch spaltfreie Mehrfachteilung der Werkzeuge für die Composite-Verarbeitung im Handlaminier-, VARI-, VAP- sowie Autoklav-Verfahren.

Derartige hochbeanspruchbare GFK-Werkzeuge bedingen jedoch bislang die Herstellung und den Einsatz eines sog. Master-Models, die heute vorrangig aus Polyurethan(PUR)-Hartschaumblöcken zusammengesetzt, verklebt und auf Basis von 3D-CAD-Datensätzen überfräst werden. Anschließend sind die Modelle noch zu fillern und auf Maß zu schleifen. Nur so lassen sich die hohen Kundenanforderungen an Oberfläche und Genauigkeit (ca. 1 - 0,1 mm Toleranzbereich, je nach Dimension) sicher realisieren. Dabei bleibt jedoch fest-zuhalten, dass die Modellkosten die eigentlichen Herstellkosten der GFK-Werkzeugschale um ein Vielfaches übersteigen (ca. 5:1), obwohl die geforderten – vergleichsweise groben – Toleranzen sogar den Einsatz kostengünstiger Roboterfrässysteme in den Fertigungszellen erlauben. Der Vortrag gibt hierzu eine Einführung in den Stand der Technik.

Der Einsatz der Fused Deposition Modeling (FDM)-Technologie bietet daneben neue Möglichkeiten zur effizienten Herstellung komplexer Bauteilstrukturen. Diese sind jedoch bei Einsatz marktüblicher Systeme hinsichtlich der Austragsleistung und der erzeugbaren Strukturabmessungen eher klein und von einer – für die Herstellung von Formwerkzeugen – ungenügenden Oberflächenqualität. Die Skalierung und Zusammenführung der beiden bekannten Technologien zu einer Integrierten FDM/Fräs-Hybridfertigungszelle bietet branchenunabhängig erhebliches Innovationspotential und eröffnet neue Wege zur effizienten Herstellung großformatiger Bauteilstrukturen (> 3 m^3 Strukturvolumen) mit hoher Oberflächenqualität. Neben Formwerkzeugen für die Herstellung von Composite-Strukturen lässt sich noch eine Vielzahl weiterer Einsatzszenarien für eine derartige Hybridfertigungszelle ableiten, etwa im Bereich der Gießereitechnik (Urmodelle), des Maschinenbaus (Maschinenbetten, Tragsysteme), der Luft- und Raumfahrt (Montage- und Kleblehren, Transportgestelle), des Messebaus (Anschauungsexponate, Standsysteme) oder der Architektur (Fassadenverkleidungen, Inneneinrichtungen).

Technologische Voraussetzung hierfür ist die direkte Verknüpfung der subtraktiven Fräsbearbeitung mit einer additiven FDM-Anlage. Hierfür sind zum einen angepasste Schnittstellen und selbstadaptierende Steuerungssysteme für die Fräsanlage zu entwickeln, die einen unterbrechungsfreien Prozess ermöglichen. Zum anderen ist eine spezielle Leichtbau-FDM-Anlagentechnik zu entwickeln, die sich analog einem Fräswerkzeug vollautomatisiert andocken lässt und deren Dimensionierung sowie Peripherieausrüstung für die Herstellung großvolumiger Bauteilstrukturen dimensioniert ist. Der Vortrag gibt hierzu einen Einblick in den Stand der Entwicklungsarbeiten und die ersten Projektergebnisse.

Additiv-generative Fertigung – Chancen und Herausforderungen

C. Leyens[1,2]

[1]*Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden*
[2]*Fraunhofer Institut für Werkstoff- und Strahltechnik, Dresden*

Die zeit- und ressourceneffiziente Herstellung von Bauteilen durch additiv-generative Verfahren zählt derzeit zu den innovationsträchtigsten Revolutionen in der Fertigungstechnik. Individualisierte Produkte hoher Komplexität können mit Hilfe von 3D-Drucktechniken sowie laser- und elektronenstrahlunterstützten Fertigungsverfahren hergestellt werden. Der Werkstoffeinsatz wird auf die Bereiche reduziert, wo das Bauteil Material erfordert, ohne dass aufwändige Nachbearbeitungs- und Zerspanungsoperationen durchgeführt werden müssen. Hierdurch entstehen signifikante Zeit- und Kostensenkungen besonders bei solchen Bauteilen, bei denen Geometrieanforderungen hohe Zerspanungsgrade bedingen. Darüber hinaus ermöglichen die additiv-generativen Fertigungsverfahren die Darstellung neuartiger, anwendungsgerecht spezifizierter Eigenschaftsprofile, so etwa auf der Basis von innovativen hierarchischen Strukturansätzen oder Multi-Material-Konzepten.

Ein durchschlagender Erfolg der additiv-generativen Fertigung wird sich nur dann einstellen, wenn die Abhängigkeit der Bauteileigenschaften von Prozess und Werkstoff weitgehend verstanden und intensiv genutzt wird. Ähnlich wie Guss- und Knetlegierungen für die jeweiligen Herstellungsverfahren entwickelt wurden, können die Vorteile der additiv-generativen Fertigung nur dann ausgeschöpft werden, wenn die verwendeten Werkstoffe auf die Spezifika des Herstellungsprozesses abgestimmt sind. Der Beitrag adressiert daher zunächst einmal die heute üblichen Pulverbettverfahren und vergleicht diese mit den pulver- und drahtbasierten Verfahren der direkten Metallabscheidung. Anhand von Anwendungsbeispielen wird dann die Bedeutung des tiefgreifenden werkstoffwissenschaftlichen Verständnisses für die Bauteilherstellung erörtert. Es werden Trends für zukünftige Werkstoff- und Werkstoffsystementwicklungen aufgezeigt und deren Potentiale und Grenzen diskutiert.

Additive Fertigung von komplexen Bauteilen im industriellen Umfeld

H. Zeidler[2], J. Jahn[1], L. Kant[1]

[1]NRU GmbH

[2]NRU Verbund GmbH & Co. KG

Die NRU GmbH als etablierter Systemanbieter für Prototypen und komplexe Gussteile aus anspruchsvollen metallischen Materialien und Kunststoffen nutzt bereits seit ihrer Gründung vor über 20 Jahren additive Fertigungsverfahren. Damals noch unter dem Begriff des Rapid Prototyping geführt, wird das Verfahren der Stereolithographie als Werkzeug zur schnellen Erzeugung von Modellen für Gussformen des Kunststoff-Vakuumgusses und des Metall-Feingusses eingesetzt. Die kontinuierliche, auch interne Weiterentwicklung der Technologie und der Werkstoffe ermöglicht es heute, präzise Bauteile mit hohen Anforderungen an Detailtreue und Oberflächenfinish auch direkt zu erzeugen; flexiblere Materialien und Prozess-Know-how erhöhen die Wirtschaftlichkeit.

Trotz aller Entwicklungen im Additive Manufacturing – für eine industrielle, sowohl ökonomisch als auch ökologisch sinnvolle Nutzung sind zunächst immer die spezifischen Randbedingungen zu betrachten. Eine optimale Prozesskette wird auf dieser Basis in Abhängigkeit von Einsatzgebiet, Stückzahl, erforderlichem Material und Präzision sowie der daraus abzuleitenden Fertigungsverfahren zusammengestellt.

Der Vortrag gibt Einblick in die in langjähriger Erfahrung gewonnenen Erkenntnisse im Additive Manufacturing und zeigt notwendige Entwicklungen zum Schließen existenter Technologielücken z. B. für mehrkomponentige Bauteile oder funktionale Oberflächen auf – Zukunftsperspektiven für neue Materialien und Verfahren u. a. in den Bereichen Automotive, Medizintechnik und life sciences.

Demonstratorausstellung

A1 – HSMetComp

FEINE KÖRNUNG, FESTER WERKSTOFF

W. Skrotzki[1], L. Schultz[2], J. Eckert[2]

[1]*Institut für Strukturphysik*
[2]*Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung*

Im Teilprojektes ‚High Strength Metallic Composites' werden Mehrkomponentenwerkstoffe für den funktionsintegrativen Leichtbau hergestellt. Sie weisen aufgrund ihrer Struktur und ihres Gefüges eine höhere spezifische Festigkeit bei gleichzeitig guter Duktilität gegenüber den konventionellen Ausgangsmetallen auf.

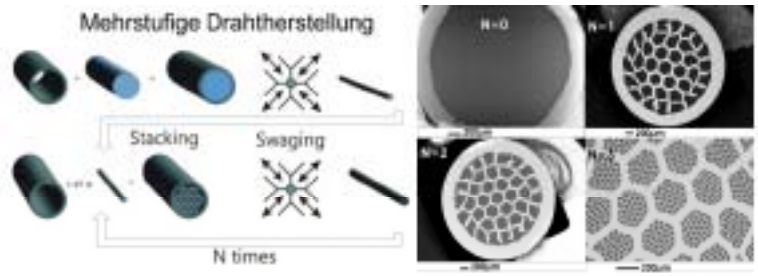


Abb. 1: Prinzip Drahtschmiedetechnologie (li.); Ti/Al-Kompositdrähte (re.).

Die Hochleistungsmaterialien können durch kumulatives Walzplattieren (ARB) von Blechen und Bändern sowie mit Hilfe einer eigens entwickelten Drahtschmiedetechnologie hergestellt werden.

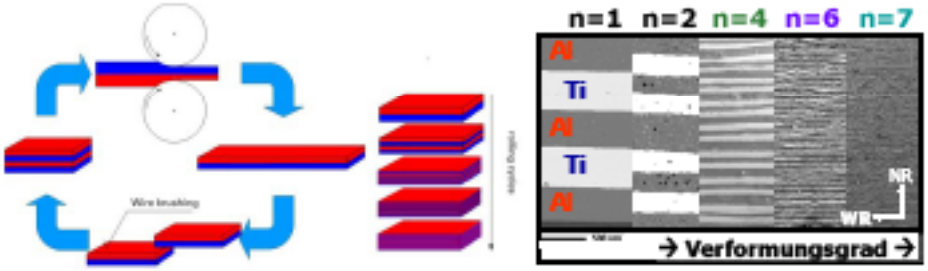


Abb. 2: Prinzip Kumulatives Walzen (li.); Ti/Al-Kompositbleche (re.).

Die realisierbaren Gewichtsreduzierungen beim Einsatz der Materialien in Strukturbauteilen können zur Energieeinsparung und Ressourcenschonung beitragen. Eine weitere Anwendung derartiger Werkstoffe ist die Herstellung miniaturisierter Bauteile mit ausreichender Festigkeit und reduzierter Anisotropie.

Literatur

1. *T. Marr et al., 2013, metals 3(2), 188-201.*
2. *T. Marr et al., 2014, metals 4, 37-54.*

A2 – MolDiagnostik

INNOVATIVES MOLEKULARES DESIGN FÜR EINE VOLUMENORIENTIERTE BAUTEILDIAGNOSTIK

M. Bartusch[1], M. Hetti[2], D. Pospiech[2], M. Riedel[2], J.-U. Sommer[2], R.-D. Hund[1], F. Moresco[3], Ch. Cherif[1], G. Cuniberti[3], B. Voit*[2]

[1]Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik
[2]Leibniz-Institut für Polymerforschung Dresden e.V.
[3]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden

Bei diesen Exponaten werden die folgenden Materialien gezeigt:

Im Projektrahmen untersuchte Hochleistungsgarn (UHMW-PE, ultrahochmolekulares Polyethylen) in verschiedenen Modifikationsstadien: unbehandelt, nach Aktivierung im Atmosphärendruckplasma und mit magnetischen Nanopartikel ausgerüstet.

Glasgefäße mit dunkelbraunem Pulver. Hierbei handelt es sich um die eingesetzten Magnetitnanopartikel, ohne die spätere funktionelle Umhüllung, sowie in einem zweiten Glas mit Polymerhülle, jeweils in getrocknetem Zustand. Wird ein Magnet in die Nähe gebracht, kann der Magnetismus der Partikel einfach sichtbar gemacht werden.

Gewebe aus Hochleistungs-Polyethylen, wie sie im Rahmen des ECEMP-Teilprojekts A2 genutzt wurden. Ausgestellt sind unbehandelte Gewebe, plasmabehandelte Gewebe sowie mit magnetischen Nanopartikel ausgerüstete Proben. Zudem wurde das Gewebe mit funktionalisiertem Garn bestickt und mittels Infusionsverfahren in ein duromeres Harz eingebettet, um die Detektierbarkeit des modifizierten Textils gegenüber dem unbehandelten nachweisen zu können.

B1 – MobilStor

WASSERSTOFFFESTKÖRPERSPEICHER UND METALLISCHE ANODEN FÜR ENERGIEDEPOTANWENDUNGEN IM MOBILEN UND STATIONÄREN UMFELD

L. Giebeler[1,2], B. Böhme[3], F. Thoss[1,2], I. Lindemann[1,2], M. Baitinger[3], J. Eckert[1,2], J. Grin[3,4], L. Schultz[1,2]

[1]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden
[2]Leibniz-Institut für Festkörper- und Werkstoffforschung (IFW) Dresden e.V.,
[3]Max-Plnack-Institut für Chemische Physik fester Stoffe
[4]Institut für Anorganische Chemie, TU Dresden

Im Teilprojekt B1 werden neue Materialansätze für Wasserstoffspeicher als auch Elektroden in Lithiumionenbatterien untersucht. Neben der chemischen Zusammensetzung spielt die Nanostrukturierung der Proben hierbei eine entscheidende Rolle. Diese kann durch die verschiedenen Herstellungsverfahren beeinflusst werden und führt zu qualitativ unterschiedlichen Eigenschaften der Materialien. Potenzielle Wasserstoffspeichermaterialien wie Borhydride oder Alanate werden durch Infiltrations- und Schmelztechniken in mesoporöse Kohlenstoff-materialien eingebracht. Dadurch konnte aufgrund einer günstigeren Kinetik eine Senkung der Wasserstoffdesorptionstemperatur erzielt und auch eine Reversibilität und Zyklenstabilität erreicht werden. Bei den Speichermaterialien für Lithium stehen nicht-kristalline Legierungen bzw. amorphe Zustände elektrochemisch mit Lithium legierbarer Elemente im Fokus der Untersuchungen. Jedoch bieten auch kristalline, mit charakteristischen Hohlräumen ausgestattete Elementmodifikationen interessante Ansatzpunkte. [1]

Literatur

1. B. Böhme, C. Bonatto Minella, F. Thoss, I. Lindemann, M. Rosenburg, C. Pistidda, K. T. Møller, T. R. Jensen, L. Giebeler, M. Baitinger, O. Gutfleisch, H. Ehrenberg, J. Eckert, J. Grin, L. Schultz, Adv. Eng. Mater. DOI: 10.1002/adem.201400182(2014).

B2 – CoMeT

MULTIMATERIALVERBUNDE FÜR DEN LEICHTBAU AUF BASIS NEUARTIGER 3D-DRAHTSTRUKTUREN

C. Sennewald[1], O. Andersen[2], R. Böhm[3], Ch. Cherif[1], A. Gruhl[3], G. Hoffmann[1], W. Hufenbach[3], S. Kaina[4], B. Kieback[4], G. Stephani*[2], M. Thieme[3], D. Weck[3]

[1]Institut für Textilmaschinen und Textile Hochleistungswerkstofftechnik, TU Dresden
[2]Fraunhofer Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, Dresden
[3]Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden
[4]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden

Ziel des Projekts B2 „CoMeT" des Spitzentechnologieclusters ECEMP ist die systematische technische sowie technologische Entwicklung von belastungsgerecht ausgelegten multifunktionalen Mehrkomponentenverbundhalbzeugen für den Leichtbau sowie der dazu benötigten Fertigungstechnologien. Die wachsende Nachfrage nach kosteneffizienten, umweltfreundlichen Produkten hat einen stetig steigenden Bedarf an Leichtbaulösungen herbeigeführt. Die Materialansprüche werden immer komplexer und die Nachfrage nach neuen, innovativen, flexiblen und anpassungsfähigen Materialien steigt. Im Rahmen dieses Projektes wurden eine Vielzahl metallischer und hybrider zellularer 3D-Drahtstrukturen, sowie die dazu notwendige Fertigungstechnologie entwickelt, umgesetzt und anhand der definierten Ausgangsmaterialien sowie Versuchsstrukturen experimentell erprobt. Diese Strukturen vereinen die Vorteile metallischer Werkstoffe mit einer belastungsgerechten Faseranordnung. Sie weisen ein hervorragendes Umformverhalten auf, wodurch sie insbesondere für doppelt gekrümmte Bauteile geeignet sind.

Die zellularen Strukturen werden als 3D-Drahtstrukturen in einem modifizierten Webverfahren gefertigt. Die Stabilität sowie die mechanischen Eigenschaften wie zum Beispiel die Druckfestigkeit und -steifigkeit der 3D-Drahtstrukturen können durch die Anpassung des Strukturaufbaus gezielt eingestellt werden. Eine lokale Anpassung der Eigenschaften sowie die Realisierung gradienter Strukturen mit variabler Dicke und integrierten Umformzonen sind möglich.

Dank ihrer hohen geometrischen Variabilität, der einstellbaren mechanischen Eigenschaften und der hohen Temperaturstabilität verbunden mit einem sehr niedrigen spezifischen Gewicht, eignen sich die entwickelten Strukturen hervorragend für vielfältige Anwendungen in Leichtbaustrukturen. Sie können als Kernlage in impactbelasteten Sandwichstrukturen oder als Verstärkungsstruktur in metallischer Matrix eingesetzt werden. Auf Basis der Drahtstrukturen können doppelwandige und doppelgekrümmte Leichtbausysteme für Karosserien im Fahrzeugbau entwickelt werden. Die neuartigen Strukturen können auch erfolgreich in Schienenfahrzeugen als Crashelemente eingesetzt werden. Ein weiterer Anwendungsbereich sind lokale Verstärkungen Leichtmetall-Matrix-Verbunden, wodurch Wandstärken reduziert und die mechanischen Eigenschaften deutlich verbessert werden können. Mit Hilfe der entwickelten Werkstoffe lassen sich folglich Leichtbaulösungen realisieren, die mit konventionellen Werkstoffen nicht denkbar wären. Somit ergeben sich völlig neue Möglichkeiten für den ingenieurmäßigen Leichtbau.

B3 – TECer

THERMOELEKTRISCHER GENERATOR HERSTELLUNGSDEMONSTRATION

F.-D. Börner[1], M. Schreier[1], W. Lippmann[1], B. Feng[2], H.-P. Martin[2], A. Hurtado[1], A. Michaelis[2]

[1]*Institut für Energietechnik, TU Dresden*
[2]*Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden*

Der thermoelektrische Effekt kann zur direkten Umwandlung von Wärmeenergie in elektrische Energie genutzt werden. Thermoelektrische Werkstoffe zeichnen sich durch einen hohen Seebeck-Koeffizienten, hohe elektrische Leitfähigkeit und niedrige Wärmeleitfähigkeit aus. Diese Eigenschaftskombination ist Voraussetzung für eine technisch interessante Effizienz bei der energetischen Transformation.

Die generierte elektrische Spannung ergibt sich aus der Gleichung

$U = S \cdot \Delta T$,

wobei S - Seebeck-Koeffizient, U - generierte elektrische Spannung und ΔT – Temperaturgradient sind.

Um möglichst hohe Spannungen zu generieren werden p- und n-leitende Elemente elektrisch in Reihe geschaltet und über metallische Kontakte stoffschlüssig miteinander verbunden. Die einzelnen thermoelektrischen Elemente werden als Schenkel bezeichnet.

Der Herstellungsdemonstrator illustriert, wie auf einer elektrisch isolierenden Keramiksubstratplatte eine Metallisierung aufgebracht wird, die zur Kontaktierung der Thermoschenkel genutzt werden kann. Beispielweise kann eine strukturierte Kontaktierung über einen Siebdruckprozess realisiert werden. Die Schenkel werden auf den Kontakten platziert und mittels eines Lötprozesses stoffschlüssig verbunden.

In dem ECEMP-Projekt TECer (B3) wurde die Herstellung der Kontaktverbindungen in einem schnellablaufenden Laserprozess erzielt. Das dafür notwendige Fügelot kam in Form einer dünnen Metallfolie zur Anwendung. Die keramischen Schenkel, bestehend aus Titansuboxid (n-leitend) bzw. substöchiometrischem Borcarbid (p-leitend), wurden während des Projektes entwickelt und bezüglich ihrer Zusammensetzung optimiert. Bei dem Aufbau eines thermoelektrischen Moduls werden die n- und p-leitenden Schenkel alternierend zwischen zwei AlN-Substratplatten positioniert. Um eine verlustarme Wärmeübertragung an die Substrate zu sichern, werden auch die äußeren Flächen der Substrate ebenfalls metallisiert.

Das Herstellungsverfahren ist hinsichtlich Geometrie und Prozessbedingungen sehr flexibel und für viele Werkstoffkombinationen geeignet.

B3 – TECer

THERMOELEKTRISCHER GENERATOR FUNKTIONSDEMONSTRATION

M. Schreier[1], D.-F. Börner[1], W. Lippmann[1], I. Veremchuk[2], B. Feng[3], H.-P. Martin[3]
[1]Institut für Energietechnik, TU Dresden
[2]Institut für Anorganische Chemie, TU Dresden
[3]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden

Auf der Grundlage des Seebeck-Effektes kann die Umwandlung thermischer Energie in elektrische Energie realisiert werden. So entsteht beim Einsatz geeigneter n- und p-dotierter Materialien sowie beim gleichzeitigen Vorliegen eines Temperaturunterschiedes ($\Delta T = T_1 - T_2$), ein nutzbares Spannungspotential U_0 zwischen den Kontaktstellen. Dafür müssen die thermoelektrische n- und p-Komponenten thermisch parallel und elektrisch seriell verbunden sein. So aufgebaute Einheiten sind die Kernkomponente von thermoelektrischen Generatoren (TEG).

Der vorgestellte Demonstrator ist aus Titansuboxid (TiO_x) und Borcarbid (B_4C) aufgebaut. Der Modulaufbau wurde mittels Laserfügen der Einzelkomponenten Substrat, elektrische Kontakte und Thermschenkel realisiert. Das verwendete Aluminiumnitrid-Substrat ist elektrisch isolierend und besitzt gleichzeitig eine sehr gute thermische Leitfähigkeit. Die Verbindung der einzelnen Schenkelpaare ist durch den Einsatz von Cu-Leiterbahnen realisiert, wobei alle Kontaktierungen im Modul stoffschlüssig mittels eines Ag-Cu-Aktivlotes entstehen.

Die verwendete Materialpaarung ist für den Hochtemperatureinsatz konzipiert und generiert in diesem Bereich die maximale elektrische Leistung.

Um die Funktionsfähigkeit der lasergefügten TEG-Demonstratoren bei Umgebungstemperatur zu veranschaulichen, wird die Körperwärme in elektrischer Energie transformiert. Die Temperaturdifferenz von etwa 15 K ist ausreichend zur Betätigung eines elektronischen Schalters, der eine Indikator-LED zum Leuchten bringt (Abb. 1).

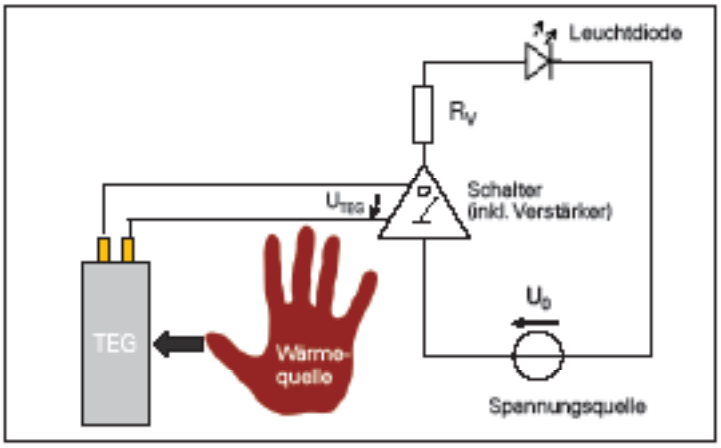


Abb. 1: Schaltschema zum Aufbau de Demonstrators.

B4 – SwitchCompII

NEUARTIGE MATERIALIEN MIT MAGNETISCH SCHALTBAREN EIGENSCHAFTEN

M. Boisly[1], E. Dohmen[2], Th. Gundermann[3], Ch. Hintze[4], Ch. Spieler[1], D. Borin[3], M. Kästner[1], M. Gude[2], G. Heinrich[4], W. Hufenbach[2], V. Ulbricht[1], S. Odenbach[3]

[1]Institut für Festkörpermechanik, TU Dresden
[2]Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden
[3]Institut für Strömungsmechanik, TU Dresden
[4]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden

Das Ziel der Forschungsarbeit war die Entwicklung von Verbundwerkstoffen mit magnetisch schaltbaren physikalischen Eigenschaften. Die Anwendung magnetischer Felder zum stufenlosen Schalten der dynamisch-mechanischen Merkmale dieser intelligenten Verbundmaterialien ist sowohl hinsichtlich der Schaltgeschwindigkeiten, des Energiebedarfs als auch des räumlichen Designs für spätere Anwendungen in Industrie und Technik außerordentlich vorteilhaft. Im Rahmen der Untersuchungen wurden zwei Modellstrategien verfolgt. Ein Teilziel war die Herstellung und Modellierung eines schaltbaren Mehrkomponentenwerkstoffes (MKW) auf der Grundlage einer magnetorheologischen Flüssigkeit (MRF) und eines Polyurethan-Schaumstoffes (PUR) [1]. Das zweite Teilziel beschäftigte sich mit der Fertigung und Untersuchung von magnetorheologischen Elastomeren (MRE) aus einer weich-elastischen Polymermatrix mit eingelagerten magnetisierbaren Partikeln [2].

Auf Basis der in der Forschungsarbeit erzielten Ergebnisse ist ein Materialdemonstrator entstanden, der es ermöglicht visuell die unterschiedlichen Materialien zu charakterisieren und magnetfeldinduzierte Effekte zu verdeutlichen. Als Demonstrator dient ein Pendelhammer mit einem definierten Arbeitsvermögen. Dieser lässt sich zur Beurteilung des elastischen Verhaltens bei Stoßbeanspruchungen heranziehen. Als Messgröße ist hierbei der Rückprallweg des Pendels definiert. Durch die Kombination mit einem Magnetfeld lassen sich auch MRE und MKW untersuchen. Der Vergleich des Pendelrückpralls bei einer Probenuntersuchung mit und ohne Magnetfeldeinfluss verdeutlicht in einer gut nachvollziehbaren visuellen Weise die Änderung der mechanischen Eigenschaften unter Magnetfeldeinfluss. Durch die Vielseitigkeit des Demonstrators lassen sich direkt die Eigenschaften von MKW und MRE miteinander vergleichen.

Literatur

1. Dohmen E., Boisly M., Borin D., Kästner M., Ulbricht V., Gude M., Hufenbach W., Heinrich G., Odenbach S., Advancing Towards PU-Based MR Composites. Advanced Engineering Materials (2014), accepted.

2. Hintze Ch., Borin D. Yu., Ivaneyko D., Toshchevikov V., Saphiannikova-Grenzer M., Heinrich G., Soft magnetic Elastomers with controllable Stiffness: Experiments and Modelling, Kgk-Kautschuk Gummi Kunststoffe 67 (2014) 53-5.

C1 – NanoWearJoin

PUSH THE BUTTON-POLYMER JOINING WITH REACTIVE-MULTILAYER-SYSTEMS (RMS)

G. Dietrich, E. Pflug, M. Rühl, S. Braun, A. Leson, E. Beyer

Fraunhofer IWS Dresden

Established joining techniques like welding, soldering or brazing typically are characterized by a large amount of heat input into the components. Especially in the case of heat sensitive structures like polymers no generally heat can be used without damaging the material. So far Polymers only can be joined by adhesive or mechanical bonding. Additional there is a huge effort of surface treatment essential in most cases when using adhesives. So-called Reactive-Multilayer-Systems offer a promising approach to join polymers without pre-treatment or surface damaging.

Reactive-Multilayer-Systems consist of several hundreds or thousands of alternating nanoscale layers, which can exothermically react with each other. Placing a Reactive- Multilayer-System between two surfaces, it can be used as a controllable local heat source for joining. After activating the chemical reaction by an electrical spark, laser pulse or mechanical impact, a self-sustaining intermixing reaction starts, which propagates through the whole film resulting in a stable intermetallic compound, such as NiAl. The peak temperature of the reaction can be well above 1400 °C, but this temperature is only reached for milliseconds and very localized. So the polymer surface melts down to a depth of a few micrometers while the component itself remain at room temperature during the entire process.

In the exhibition you can watch our live-show. We will demonstrate how easy you can use RMS for joining polymers. Also we will present samples of fiber-reinforced as well as unreinforced thermoplastics which were joined by using RMS. Additionally you will see a carbon-fiber reinforced cap-profile joined with RMS as a sample for the application in the field of the automotive industry.

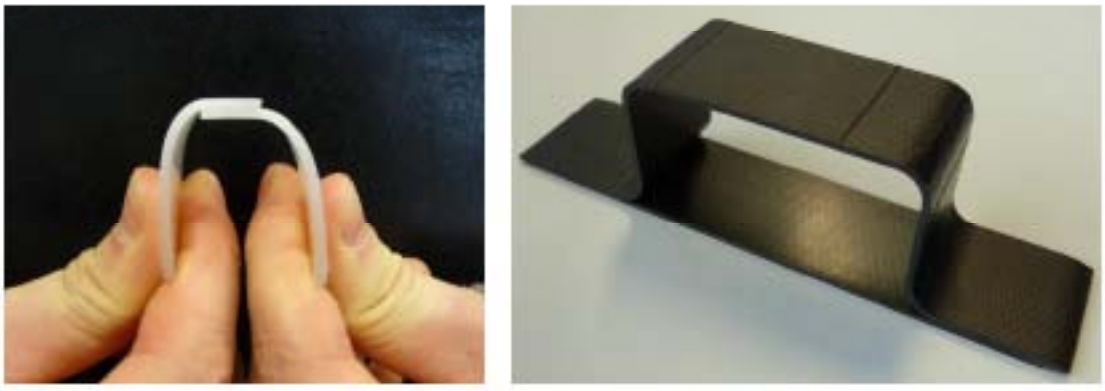


Figure 1. Left, strain of a RMS-Polymer joint; right, cap-profile joined by using RMS.

C2 – BioHybrid

LEICHTBAU MIT PFLANZEN

S. Tech[1], A. Wagenführ[1], A. Gohrbandt[2], C. Läßig[3], R. Kupfer[3], H. Wiemer[4], C. Siegel[1], F. Jornitz[1], M. Horbens[5]

[1]Institut für Holz- und Papiertechnik, TU Dresden
[2]Institut für Pflanzen- und Holzchemie, TU Dresden
[3]Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden
[4]Institut für Werkzeugmaschinen und Steuerungstechnik, TU Dresden
[5]Institut für Botanik, TU Dresden

Durch optimierte Strukturen besitzen Pflanzen meist ein hohes Leichtbaupotential und können so Ideengeber für Mehrkomponentenwerkstoffe sein. Die Verwendung von Naturstoffen ist ressourcenschonend und häufig schon in der Herstellung von Werkstoffen energieeffizient. Im ECEMP-Teilprojekt C2 BioHybrid wurden Design-Prinzipien aus der Natur analysiert und die technische Anwendung überprüft.

Die Ausgangsmaterialien des Werkstoffverbundes wurden auf Basis nachwachsender Rohstoffe, sowohl als struktur- und Festigkeitselemente als auch als Matrixkomponente gewählt. Dabei wurden Bestandteile von Flachs und Hanf in unterschiedlichen Aufschlussverfahren und Bedingungen hergestellt und im Verbund als Compound oder im Verbund mit biogener Matrix getestet. Ein zentraler Projektbestandteil ist die Verbesserung der Faser-Matrix-Haftung durch Modifizierung von Cellulose Acetate Butyrate (CAB) sowie die Verbesserung der Verarbeitungseigenschaften. Dazu wurde der Einfluss von durchschnittlichem Substitutionsgrad (DS) und Weichmachergehalt auf die mechanischen und rheologischen Eigenschaften bestimmt und optimiert. Um diese Komplexität zwischen den Materialeigenschaften und Prozesseinstellungen entlang der gesamten Prozesskette effizient beherrschen zu können, wurde das Tool Detact zur Modellierung und Analyse von technologischen Prozessketten eingesetzt und weiterentwickelt. Zur anwendungsnahen Demonstration wurde ein Technologieträger in Form eines Fahrradgepäckträgers in Schalen-Rippen-Bauweise hergestellt. Als Halbzeuge wurden dazu Organobleche aus thermoplastischen Folien und Naturfasergeweben im Heißpressvorgang erzeugt. Die Verarbeitung erfolgte in einem kombinierten Verfahren aus Organoblechumformung mit Hinterspritzung.

Abbildung 1: Fahrradgepäckträger aus nachwachsenden Rohstoffen (Quelle: TUD).

C3 – CerMetComp

KOLBENRINGE, HERGESTELLT DURCH KOMBINATION PULVER- UND PAPIERTECHNOLOGISCHER VERFAHREN

R. Scholl[1], T. Slawik[1], A. Bergner[1], T. Moritz[1], R. Zelm[2], H. Großmann[2], A. Michaelis[1,3], B. Kieback[3,4]

[1]*Fraunhofer IKTS Dresden*
[2]*Institut für Holz- und Papietechnik, TU Dresden*
[3]*Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden*
[4]*Fraunhofer IFAM Dresden*

Kolbenringe übernehmen in Verbrennungsmotoren sehr unterschiedliche Funktionen, wie: (i) Abdichten des Verbrennungsraums gegen das Kurbelgehäuse, (ii) Ableitung der vom Kolben bei der Verbrennung aufgenommene Wärme an die gekühlte Zylinderlaufbahn, und (iii) Begrenzung des Ölverbrauches. Häufig werden 3 Kolbenringe eingesetzt, um diese Aufgaben zu erfüllen. Die verschiedenen Funktionen bedingen aber auch unterschiedliche Querschnitte und Oberflächeneigenschaften. Aufgrund der großen Laufwege und hohen Axialgeschwindigkeiten beeinflussen sie über Reibverluste den Kraftstoffverbrauch des Motors. Oberflächenbeschichtungen (Cr, Mo, diamantähnlicher Kohlenstoff) oder lokal eingebrachte Festschmierstoffe werden derzeit eingesetzt, um die Reibung zu reduzieren. Dies erfordert aber immer ein mehrstufiges Herstellungsverfahren, einschließlich einem schwer zu automatisierenden Beschichtungsprozess.

Die Pulvertechnologie bietet in Kombination mit Fertigungsverfahren aus der Papierverarbeitung (Schlickerherstellung, Foliengießen, Wickeln) die Möglichkeit, ein Bauteil mit radialen Eigenschaftsgradienten aufzubauen und in einem leicht zu automatisierenden Prozess zu fertigen. Dabei werden in einem ersten Schritt endlose, partikelgefüllte flexible Grünfolien über Gieß- oder Streichverfahren hergestellt. Durch sequentielles Spiralwickeln verschieden funktionalisierter Folien entsteht nach dem Sintern ein Halbzeug (Abb 1, links) mit dichten und gezielt porösen Werkstoffbereichen. Durch Einlagerung tribologisch aktiver Partikel (Keramik, Festschmierstoff) erfolgt die Verbesserung der Reib- und Gleiteigenschaften. Das beschriebene Konzept bedingt aber, dass poröser und dicht sinternder Bereich annähernd dieselbe Schwindung aufweisen (Abb. 1, rechts) müssen, da ansonsten mechanische Spannungen zu Fehlern am Halbzeug führen. Für den porösen Teil wird dies durch eine Mischung aus plättchenförmigen und hochenergetisch gemahlenen Metallpulvern (HEM) [1] erreicht. Der passende dichte Bereich besteht, aus HEM-Pulvern und kommerziell erhältlichen Pulvern. Kolbenringe (Abb. 1, Mitte) werden letztlich über spanende Bearbeitung hergestellt.

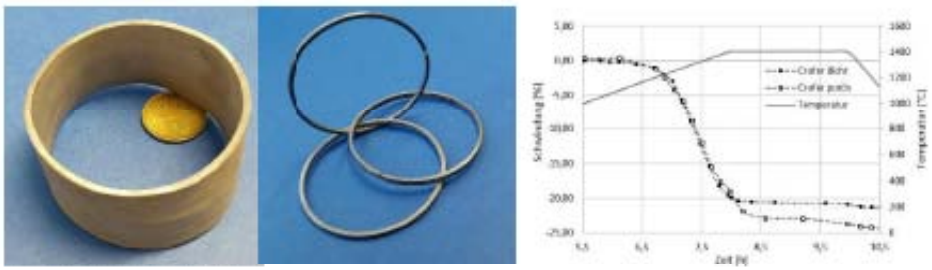


Abbildung 1: Gewickeltes und gesintertes Metallrohr (links), Kolbenringe (Mitte) und angepasste Schwindungskurven einer dicht und einer porös sinternden Folie (rechts) [2].

Literatur

1. *DE 10331785 B4: Herstellung feiner Metall-, Legierungs- und Verbundpulver.*
2. *Abschlussbericht 09/2014: ECEMP, CerMetComp (C3), im Druck.*

C3 – CerMetComp

ENTWICKLUNG METALLGETRAGENER BRENNSTOFFZELLEN MITTELS PAPIERTECHNOLOGISCHER VERFAHREN

T. Slawik[1], R. Scholl[1], A. Bergner[1], T. Moritz[1], R. Zelm[2], H. Großmann[2], A. Michaelis[1,3], B. Kieback[3,4]

[1]*Fraunhofer IKTS Dresden*
[2]*Institut für Holz- und Papiertechnik, TU Dresden*
[3]*Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden*
[4]*Fraunhofer IFAM Dresden*

Metallgetragene Brennstoffzellen (SOFC) sind eine aussichtsreiche und kostengünstige Ergänzung zu vollkeramischen Systemen. Der Herstellungsprozess umfasst typischer Weise den sequentiellen Aufbau der Halbzelle aus kommerziellen Komponenten (poröses Metallsubstrat, Barriere, Anode, Elektrolyt). Dieser Ansatz erfordert verschiedene Füge- und Beschichtungsschritte, einschließlich mehrerer thermischer Behandlungen. Da die Fertigungsschritte sehr unterschiedliche Technologien mit getrennten Wärmebehandlungen beinhalten, und diese nur sehr aufwendig automatisierbar sind, kann man zukünftige Kostenvorteile nur durch Reduzierung von Prozessschritten und die Verwendung angepasster Fertigungstechniken erreichen. [1]

Durch papiertechnologische Verarbeitung der verschiedenen Ausgangspulver ist ein entscheidender Schritt in Hinblick auf eine effizientere Herstellung erarbeitet worden. Eine gemeinsame Formgebung aller strukturellen und funktionellen Metall, Keramik- und Cermet-Schichten, gefolgt von der anschließenden gemeinsamen Wärmebehandlung (Co-Sinterung) minimiert deutlich den fertigungstechnischen Aufwand. Im Einzelnen startet man mit der Herstellung partikelgefüllter metallischer, keramischer und metall-keramischer wässriger Suspensionen, aus denen über papiertechnisches Streichen der 4-schichtige Grünkörper (Abb. 1, links) gebildet wird, gefolgt von der „Co-Sinterung". Als Ergebnis erhält man die MSC-Halbzelle (Abb. 1, rechts) mit erforderlicher Schichtfolge (Metallsubstrat-Barriere-Anode-Elektrolyt) in einem nur 2-stufigen Verfahren. Das besondere Know-how [1, 2] besteht in der Anpassung der Ausgangsstoffe, der Einstellung und Verarbeitung der Schlicker, sowie der Einstellung des Gefüges (Abb. 1, Mitte).

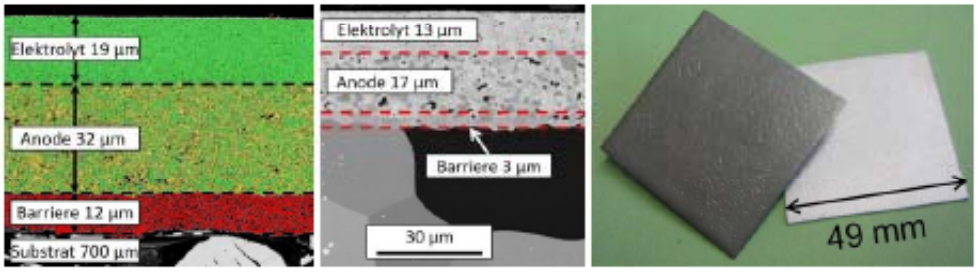


Abbildung 1: REM-Aufnahme inkl. EDX-Mapping (grün: ZrO2, gelb: Ni, rot: Perowskit) der „grünen" (links) und der gesinterten (Mitte) Halbzelle, sowie ein Foto (rechts) der gesinterten Halbzelle [1].

Literatur

1. T. Slawik, C. Belda, R. Scholl, T. Moritz, M. Kusnezoff: Metall getragene Brennstoffzelle durch papiertechnologische Verfahren. Jahresbericht Fraunhofer IKTS 2013/2014, 2014.

2. [2] Krüger, Holger: Herstellung und Charakterisierung von MSC-Schichtverbunden unter Anwendung papiertechnologischer Streich-verfahren, Diplomarbeit TU Dresden, 2012.

D1 – CarboFunctCoat

KOHLENSTOFFBASIERTE FUNKTIONSSCHICHTEN FÜR VERBRENNUNGSMOTOREN

S. Makowski[1], V. Weihnacht[1], A. Leson[1], A. Götze[2], M. Hübner[2], M. Krause[3], M. Mesko[3], M. Posselt[3], S. Gemming[3], J. Faßbender[3], T. Kunze[4], J.-O. Joswig[4], G. Seifert[4], E. Beyer[1], H. Zellbeck[2]

[1]Institut für Fertigungstechnik, TU Dresden
[2]Institut für Automobiltechnik, TU Dresden
[3]Helmholtz-Zentrum Dresden-Rossendorf,
[4]Theoretische Chemie, TU Dresden

Stetig wachsende Anforderungen an die Energieeffizienz und Ökobilanz von Verbrennungsmotoren erfordern neue Werkstoffe und Technologien jenseits klassischer Stahl-Stahl-Kontakte mit Ölschmierung. Beschichtungen mit kohlenstoffbasierten Funktionsschichten bieten die Möglichkeit, Reibung und Verschleiß positiv zu verändern. Baugruppen können dann kleiner dimensioniert werden, wodurch Gewicht und Treibstoff gespart werden.

Neben den wasserstoffhaltigen amorphen Kohlenstoffschichten (a-C:H) welche bereits in Serie etabliert sind, erschließen wasserstofffreie amorphe Kohlenstoffschichten (ta-C) durch nun industriell nutzbare PVD-Beschichtungstechnik neue Potenziale. Aufgrund der deutlich höheren Härte von bis zu 70 GPa und der geringen chemischen Reaktivität erzielen diese Schichten besonders niedrige Reibung. Dieser positive Effekt tritt bereits ein, wenn nur ein Reibpartner beschichtet wird.

In zahlreichen Untersuchungen wurden ta-C-Beschichtungen auf verschiedenen Komponenten des Verbrennungsmotors untersucht, wie zum Beispiel Kolbenbolzen, Kolbenringen, Tassenstößeln sowie Hochdruck-Dieselpumpen.

Im Ventiltrieb beispielsweise zeigte sich eine Reduzierung des Antriebsmoments von 10 bis 20 % im Versuch bei einer ta-C-beschichteten Nockenwelle in Kombination mit einem Serien-Rollenschlepphebel im Vergleich zu einer unbeschichteten Paarung. [1]

Eine um bis zu 50 % geringere Reibung trat in Tribometertests bei Schmierstoffen auf Pflanzenölbasis auf. Solche Bedingungen finden sich aufgrund der Beimischung von Biodiesel in Mineraldiesel zum Beispiel in der Dieselpumpe. [2]

Literatur

1. Götze, A., Makowski, S., Kunze, T., Hübner, M., Zellbeck, H., Weihnacht, V., Leson, A., Beyer, E., Joswig, J.-O., Seifert, G., Abrasonis, G., Posselt, M., Fassbender, J., Möller, W., Gemming, S. and Krause, M. (2014), Tetrahedral Amorphous Carbon Coatings for Friction Reduction of the Valve Train in Internal Combustion Engines. Adv. Eng. Mater. doi: 10.1002/adem.201400188.

2. Stefan Makowski, Volker Weihnacht, Frank Schaller, Andreas Leson (2014), Ultra-low friction of biodiesel lubricated ta-C coatings. Tribology International doi: 10.1016/j.triboint.2013.11.002.

D2 – Enertrode

FERTIGUNGSTECHNOLOGIEN UND BAUTEIL-INTEGRATION VON NANOSTRUKTURIERTEN KOHLENSTOFFELEKTRODEN FÜR DIE ENERGIETECHNIK

S. Dörfler[1,2], K. Pinkert[3,4], M .Weiser[3,5], C. Wabnitz[3,5], A. Goldberg[5], L. Giebeler[3,4], H. Althues[2], M. Schneider[5], J. Eckert[3,4], A. Michaelis[3,5], E. Beyer[2,3], S. Kaskel[1,2]

[1]Institut für Anorganische Chemie I, TU Dresden
[2]Fraunhofer IWS Dresden
[3]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden
[4]IFW Dresden
[5]Fraunhofer IKTS Dresden

Im Teilprojekt „Enertrode" wurden die Verfahren zur Material- und Elektrodenherstellung für die Anwendung in Supercaps bzw. Brennstoffzellen weiterentwickelt bzw. aufskaliert. Für die Weiterentwicklung von porösen CDC-Materialien für Supercaps wurde ein nachträglicher Aktivierungsschritt eingeführt, wodurch sich die spezifischen Oberflächen und damit die spezifischen Kapazitäten der Materialien deutlich erhöhen ließen. Weiterhin konnte die Synthese hierarchisch poröser (2100 m^2/g) karbidischer Kohlenstoffe mittels templatbasierter sol-gel Synthesen vereinfacht werden. Eine breite Porenradienverteilung ermöglichte dabei schnelle Lade- und Entladeprozesse. Für die Verarbeitung poröser Kohlenstoffe zu Supercap-Elektroden konnte ein lösungsmittelfreies Press-Verfahren erfolgreich getestet und im Labormaßstab etabliert werden. An kommerziellen Materialien erfolgte die Demonstration der Rolle-zu-Rolle-Beschichtung. Zudem wurden in Zusammenarbeit mit der Fa. WiMa Demonstratorzellen gefertigt, die sich mit industriellen Standards vergleichen und evaluieren lassen. Für die Herstellung von Elektroden auf Basis vertikal orientierter Kohlenstoffnanoröhren (VA-CNT) wurde erfolgreich die bisherige zweistufige Beschichtung mit Co-Katalysator + Katalysator durch ein einstufiges Verfahren vereinfacht. Weiterhin wurden kritische Prozessparameter identifiziert, die eine essentielle Grundlage für die Aufskalierung des Beschichtungsprozesses bilden und zu einer wesentlichen Verbesserung der Schichthomogenität beitrugen, die durch Weißlichtinterferometrie als neue optische Methode evaluiert wurde. Die CNT-Schichten wurden auf Probengrößen > 1 cm^2 mit Platin-Partikeln beschichtet und in MEAs (membrane electrode assembly) verarbeitet. Die Proben wurden in einem speziellen Brennstoffzellen-Teststand unter realitätsnahen Bedingungen gemessen und gegenüber einer kommerziellen Referenz bewertet. Nach Normierung auf die Platinmasse konnten deutlich höhere Leistungen für die VA-CNT-Elektroden nachgewiesen werden. Unter angepassten Testbedingungen gelang zudem der experimentelle Nachweis katalytischer Aktivität von Stickstoff-dotierten CNT-Proben. Mit diesen Ansätzen kann potentiell der Anteil von Platin in der Brennstoffzelle reduziert werden.

E1 – ProbaCast

WEITERENTWICKLUNG VON NEUARTIGEN, EFFIZIENTEN METHODEN ZUR ENTWICKLUNG VON HERSTELLUNGSPROZESSEN FÜR FEINGUSSBAUTEILE

R. Schmidt[1], D. Pusch[1], D. Kulawinski[2], B.G. Dietrich[3], D. Holländer[4], M. Tränkner[5], K. Vogeler[1], H. Biermann[2], K. Eigenfeld[3], U. Gampe[4], C. Leyens[5]

[1]Institut für Strömungsmechanik, TU Dresden
[2]Institut für Werkstofftechnik, TU Bergakademie Freiberg
[3]Gießerei-Institut, TU Bergakademie Freiberg
[4]Institut für Energietechnik, TU Dresden
[5]Institut für Werkstoffwissenschaft, TU Dresden

Die Entwicklung von Herstellprozessen für Feingussbauteile ist ein iterativer Prozess, der insbesondere bei komplexen Bauteilstrukturen viel Entwicklungszeit von Ingenieuren sowie viel Maschinenzeit in Anspruch nehmen kann. Ziel des Vorhabens ist daher die Weiterentwicklung und Anwendung einer neuartigen, kombinierten Methode für die Definition von Präzisionsgießprozessen, die eine deutliche Verkürzung der heute üblichen Prozessentwicklungszeiten ermöglicht. Die Methodik selbst besteht aus der Kombination von probabilistischen Methoden mit modernen Simulationswerkzeugen zur numerischen Beschreibung der Gieß- und Erstarrungsvorgänge. Beide Methoden (probabilistische Simulation und „numerisches Gießen") werden heute bereits getrennt voneinander erfolgreich eingesetzt. Begleitende Gefügeanalysen und werkstoffmechanische Charakterisierungen an geeigneten Prüfkörpern lassen einerseits die Ableitung von Gießparameter-Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen zu und ermöglichen andererseits Aussagen zur Wirkung von variierenden Gefügegrößen auf das Werkstoffverhalten.

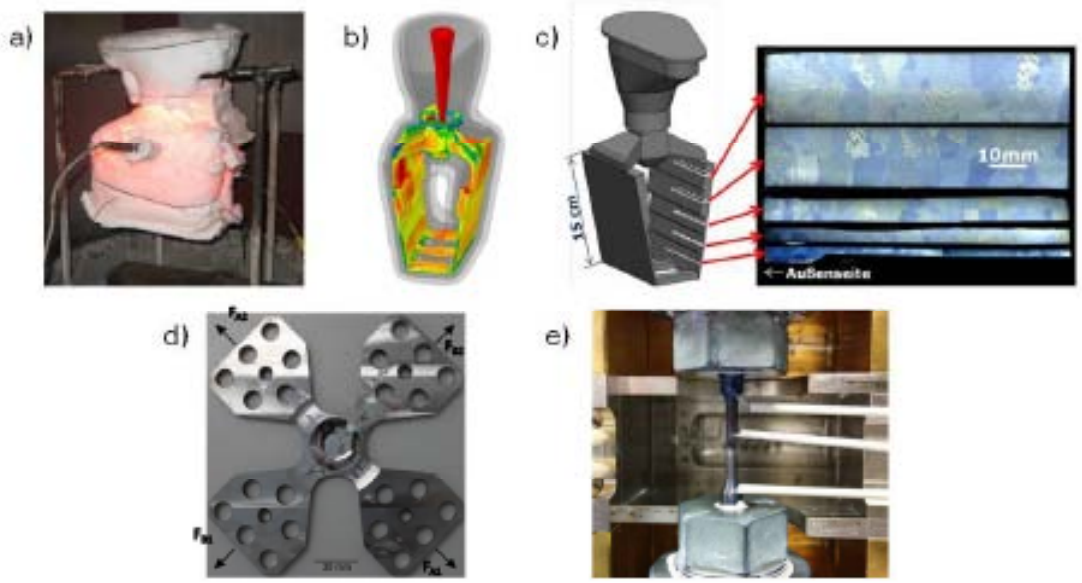


Abbildung 1: a) Herstellung eines Stufenkeils im Feingussprozess; b) Numerische Simulation des Gieß- und Erstarrungsprozesses; c) Gefügeanalyse des Stufenkeils; d) Werkstoffcharakterisierung mit biaxial-planar beanspruchten Kreuzproben; e) Werkstoffcharakterisierung mit miniaturisierten Rundproben.

E2 – SmaComp

DEMONSTRATOR FÜR SELBSTADAPTIERENDE UND SELBSTDIAGNOSTIZIERENDE WERKSTOFFE

P. Kostka, A. Filippatos, K. Holeczek, R. Höhne

Institut für Leichtbau und Kunststofftechnik, TU Dresden

Im Rahmen des ECEMP-Teilprojekt SmaComp werden Werkstoffe entwickelt, die Schädigungen oder kritische Belastungen erkennen. Diese Werkstoffe sind zusätzlich mit aktiven Funktionen ausgestattet, die es ermöglichen, ihr Eigenschaftsprofil den vorliegenden Beanspruchungen anpassen.

Der vorgestellte Demonstrator stellt eine vollskalierte kohlenstofffaserverstärkte Fanschaufel mit integrierten Sensor- und Aktorelementen sowie Signalaufbereitungs- und Auswertungselektronik dar. Diese erlauben die Realisierung eines aktiven Schwingungsdämpfungssystems. Die Amplituden Unerwünschte Schwingungen, welche bspw. bei Flugzeugen im Taxibetrieb oder bei Start- und Landevorgängen auftreten, können durch das aktive Dämpfungssystem deutlich reduziert werden. Durch eine Softwareerweiterung kann das aktive Schwingungsdämpfungssystem auch zur Strukturüberwachung (Structural Health Monitoring) genutzt werden. Der Sensor ermöglicht eine Aufzeichnung von Schwingungssignalen, die eine laufende Abschätzung des Strukturzustands ermöglichen.

Zusätzlich wurden drahtlose Signalschnittstellen in die Schaufel integriert. Dadurch kann der aktuelle Schwingungszustand der Schaufel dem Bediener in Form von Zeitverläufen oder Spektren online präsentiert werden. Darüber hinaus wurde eine kontaktlose, unterbrechungsfreie Energieversorgung entwickelt und in das Fußbereich der Schaufel integriert. Dies erlaubt eine funktionsgerechte Integration der aktiven Bauteile in bestehende und neu entwickelte Systeme.

E3 – CerHeatPipe

ENTWICKLUNG UND ERPROBUNG KERAMISCHER WÄRMEROHR-WÄRMEÜBERTRAGER FÜR HOCHTEMPERATURPROZESSE

S. Unz, P. Meisel, S. Schöne
Institut für Energietechnik, TU Dresden

Das Ziel des Projektes CerHeatPipe ist die Entwicklung, Fertigung und der Funktionsnachweis neuartiger keramischer Wärmeübertrager auf Basis der Wärmerohrtechnologie. Diese sollen zur Nutzung von Abwärmeströmen aus Industrie- und Kraftwerksprozessen eingesetzt werden, wo aggressive Atmosphären und hohe Temperaturen den Einsatz konventioneller Wärmeübertrager verhindern.

Im Bereich der Lotentwicklung zum Fügen keramischer Wärmerohre wurden die Arbeiten zur Verbesserung der Hochtemperaturbeständigkeit oxidischer Glaslote fortgesetzt, welche vorwiegend bei dem Verschluss keramischer Wärmerohre mit metallischem Innenrohr Anwendung finden. Gleichzeitig ist die Lotentwicklung zum Verschluss rein keramischer Wärmerohre forciert worden. Neue hochtemperaturfeste metallische Lote auf Nickel-Basis wurden entwickelt, um Werkstoffe aus drucklos gesintertem Siliciumcarbid mit ausreichender mechanischer Festigkeit und Dichtheit fügen zu können. Die Resistenz entwickelter Lote gegenüber den Arbeitsmedien Zink und Natrium konnte durch Auslagerungsversuche gefügter bestätigt werden.

Für die Befüllung und den hermetischen Verschluss rein keramischer Wärmerohre wurde eine innovative Laserlöt-Systemtechnik entwickelt und umgesetzt. Diese ermöglicht die sichere Befüllung rein keramischer Wärmerohre mit dem Arbeitsmedium unter Schutzgasatmosphäre sowie deren gasdichten Verschluss unter Nutzung der entwickelten Laserfügetechnologie. Das Fügen erfolgt durch lokales Aufheizen der Keramik bis zu einer Temperatur von 1500 °C.

In Hinblick auf den praktischen Einsatz keramischer Wärmerohr in Form eines Rohrbündels in einem Wärmeübertrager, wurde ein komplexes numerisches Zellenmodells zur Auslegung eines Wärmerohr-Wärmeübertragers entwickelt. Es zeigt sich, dass sich aufgrund der Berücksichtigung der Wärmeübertragung durch Strahlung und der ortsdiskreten Auflösung des Wärmeübertragers erhebliche Einsparpotentiale hinsichtlich der Rohranzahl ergeben. Dadurch kann bei der Dimensionierung neuartiger Wärmerohr-Wärmeübertrager ein wirtschaftlicher Vorteil erreicht werden.

Zur Validierung des Berechnungsmodells wurde ein flexibel einsetzbarer Wärmerohr-Wärmeübertrager als Versuchsanlage konzipiert. Ein Schwerpunkt liegt hier auf der Anbindung keramischer Wärmerohre an eine Tragstruktur sowie der generellen Auslegung des Wärmeübertragers für den Einsatz im Hochtemperaturbereich bis 1000°C auf der Heißgasseite.

Die Funktionsfähigkeit einzelner Wärmerohre sowohl mit als auch ohne metallischem Innenrohr konnte mit Hilfe des Wärmerohrversuchstands nachgewiesen werden. Dabei wurden von rein keramischen Wärmerohren die höchsten Leistungen erzielt. Diese lagen im Bereich von 600 W je Wärmerohr bei einer Temperaturspreizung von 465 K zwischen heißer und kalter Seite.

Die Technologie zur Herstellung metallischer Wärmerohre kann nicht unverändert auf die Befüllung und das Verschließen keramischer Wärmerohre übertragen werden. Die Herstellung rein keramischer Wärmerohre bedarf einer Neuentwicklung der Fertigungstechnologie. Wesentliche Schritte bei der Fertigung von Wärmerohren sind das Füllen keramischer Rohre mit einer definierten Menge Arbeitsmedium unter Gewährleistung von Sauerstofffreiheit im Vakuum sowie das gasdichte Verschließen der keramischen Rohre mittels Laserlöttechnologie.

Literatur

1. Pause, J.; Beckmann, M.: Neue Anwendungsgebiete für Wärmerohre. In: Hufenbach, W. A. (Hrsg.): Tagungsband Internationales Kolloquium des Spitzentechnologieclusters ECEMP 2010. TU Dresden, 2010. S. 215-225. ISBN 978-3-00-032522-9.

2. Unz, S.; Beckmann, M.: Berechnungsverfahren für die Auslegung von keramischen Wärmerohr-Wärmeübertragern. In: Hufenbach, W.A.; Gude, M.: ECEMP - European Centre for Emerging Materials and Processes Dresden - Internationales Kolloquium des Spitzentechnologieclusters ECEMP 2011. Dresden 2011. ISBN 978-3-942267-43-4.

3. Meisel, P.; Schöne, S.; Unz, S.; Lippmann, W.; Hurtado, A.: Design, Manufacturing and Testing of Ceramic Heat Pipes, Internationales ECEMP-Kolloquium 2012, Dresden.

4. Unz, S.; Beckmann, M.: Calculation Methods for the Dimensioning of Ceramic Heat Pipe Heat Exchanger, 10th CMCee 2012, Dresden.

5. Unz, S.: Keramische Wärmerohr-Wärmeübertrager für Hochtemperaturanwendungen - mathematische Modellierung, experimentelle Untersuchungen und technische Anwendungen, Dissertation TU Dresden, 2012.

6. Unz, S.; Beckmann, M.: Einsatz keramischer Wärmerohre zur Nutzung von Wärmeströmen auf hohem Temperaturniveau bei aggressiven Atmosphären, Oberhausen 2013.

7. Beckmann, M.; Unz, S.; Hack, N.: Möglichkeiten zur Energieeinsparung in der Grundstoffindustrie durch Hochtemperaturwärmeübertragung. In: Internationales ECEMP-Kolloquium, 24.10.-25.10.2013, Dresden.