



MATRESSOURCE

Die Förderinitiative des BMBF zu Materialien im Kontext von Ressourcen, Recycling, Substitution, Katalyse und Korrosionsschutz

Tagungsband zum BMBF-FORUM

MATRESSOURCE

Mittwoch, 28. September 2016 (öffentlich)
Donnerstag, 29. September 2016 (Teils NICHT-öffentlich)

an der Technischen Universität Darmstadt

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

MatRessource



IMPRESSUM

Hahnstraße 70
60528 Frankfurt am Main

Telefon: +49-69-75306-750
Telefax: +49-69-75306-733

E-Mail: dgm@dgm.de
Internet: <http://www.dgm.de>

Vertretungsberechtigter Vorstand:
Prof. Dr. Jürgen Hirsch (Vorsitzender)
Prof. Dr. Hans Jürgen Christ (1. stellvertretender Vorsitzender)
Prof. Dr. Alexander Hartmaier (2. stellvertretender Vorsitzender)

Registergericht:
Amtsgericht Frankfurt
Registernummer: VR 11655
UST-Id. DE 111 292 466

Inhaltlich Verantwortlicher gemäß § 6 MDStV:
Dr.-Ing. Frank O. R. Fischer

Bankverbindung
Commerzbank Frankfurt
Konto Nr: 06 100 478 00
BLZ: 500 800 00
SWIFT-BIC: DRESDEFFXXX
IBAN: DE85 5008 0000 0610 0478 00

Haftungsausschluss:
Der Inhalt des Tagungsbandes wurde mit größter Sorgfalt und nach bestem Wissen und Gewissen erstellt. Gleichwohl übernehmen weder die oben angeführten Verantwortlichen noch die jeweiligen Autoren eine Haftung für die Vollständigkeit oder Richtigkeit der in Text und Dateien enthaltenen Angaben.
Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass es trotz des Anspruches der Aktualität möglich sein kann, dass sich Angaben nicht auf dem neuesten Stand befinden. Über Hinweise hierzu sind wir jederzeit dankbar.
Es wird auch darauf hingewiesen, dass durch das Bereitstellen der Informationen kein Beratungsverhältnis begründet wird.

Urheberrecht:
Das Copyright für von uns veröffentlichte oder selbst erstellte Inhalte bleibt ausschließlich bei der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde e. V.

Verwendetes Bildmaterial: © Deutsche Gesellschaft für Materialkunde e. V.
(sofern nicht anders angegeben).

VORWORT

Das Bewusstsein darüber, dass viele Ressourcen, die die Grundlage unseres wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wohlstands bilden, endlich sind, ist in den vergangenen Jahren kontinuierlich gewachsen. Die begrenzte Verfügbarkeit von fossilen Energierohstoffen wird vielen unmittelbar an der Tanksäule oder beim Bezahlen der Stromrechnung bewusst. Weniger offensichtlich und trotzdem ebenso weitreichend sind die Folgen von Versorgungsengpässen bei einer Vielzahl weiterer essentieller Industrierohstoffe. Wer führt schon eine marginale Preissteigerung bei Handys auf die Produktionskapazitäten von Indium zurück?

Neben den ökonomischen Aspekten ziehen ein ungebremster Konsum und der damit einhergehende Ressourcenverbrauch auch weitere Konsequenzen nach sich. So hat der Ressourcenverbrauch unmittelbare Auswirkungen auf die Ökosysteme. Über den mitunter umweltschädlichen Abbau der Rohstoffe, die Aufarbeitung, Veredelung, Produktion bis hin zur Entsorgung entstehen entlang der Nutzungskette von Konsum- und Industriegütern an vielen Stellen negative Folgen für Mensch, Natur oder Klima. All dies sind Gründe, um mit vorhandenen Ressourcen weitsichtiger umzugehen. Die effiziente Nutzung von Ressourcen aus ökonomischen, ökologischen und auch sozialen Gründen ist daher eine Zukunftsaufgabe, die sich die Bundesregierung gestellt hat. Mit weniger mehr erreichen: Diese Faustregel unterstützt den Weg hin zu einer ressourceneffizienten, umweltfreundlichen Industrie und Gesellschaft. Gerade in einem rohstoffarmen und von Rohstoffimporten abhängigen Land wie Deutschland sollten frühzeitig Strategien entwickelt werden, wie mit dieser Problematik umgegangen werden kann. Vor diesem Hintergrund ist sowohl die effiziente Nutzung von Rohstoffen als auch die Substitution und die Schließung von Stoffkreisläufen durch Recycling eine Herausforderung der Zukunft. Gleichzeitig ist diese Entwicklung nicht nur als Bedrohung zu betrachten.

Am Beispiel der Automobilindustrie wird deutlich, dass mit konsequenter Forschung und Entwicklung auf Versorgungsengpässe reagiert werden und parallel ein Wettbewerbsvorteil aufgebaut werden kann. Es ist sicher kein Zufall, dass ein Großteil der Innovationen zur Effizienzsteigerung von Verbrennungsmotoren aus (energie-)rohstoffarmen Ländern wie Deutschland und Japan stammen. Diese konsequente Innovationsorientierung gilt es auf andere Industriebereiche, die auf knappe Ressourcen angewiesen sind, zu übertragen.

Ressourcenschonende Bauteile und Komponenten, wie seltenerdfreie Magnete, edelmetallfreie Katalysatoren oder korrosionsbeständige Windkraftanlagen „made in Germany“ könnten schon bald eine wichtige Säule für den Industriestandort Deutschland bilden. Da rund 70 % aller technischen Innovationen direkt oder indirekt von den Eigenschaften der verwendeten Materialien abhängen, ist davon auszugehen, dass im gezielten Einsatz neuer oder verbesserter Materialien erhebliche Effizienz- und Innovationspotenziale liegen. Materialinnovationen bieten ein hohes Potenzial, industrielle Prozesse auf allen Wertschöpfungsebenen mit erheblich höherer Leistung bei gleichzeitig reduziertem Ressourceneinsatz zu führen. Die Ressourceneffizienz ist deshalb ein zentrales Handlungsfeld im Rahmenprogramm „Werkstoffinnovationen für Industrie und Gesellschaft - WING“.

Förderinitiative MatRessource

Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) hat mit der Förderinitiative MatRessource ein Programm aufgelegt, das Bezug zu den aktuellen Fragen der Ressourcenknappheit und Forschungsfragen zu deren Vermeidung oder Umgehung aufweist.

Seit 2011 werden im Rahmen der Fördermaßnahme durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 43 Verbundprojekte mit 216 Teilprojekten aus Unternehmen, universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen gefördert. Sowohl in den Sektoren Energie- und Materialverbrauch, als auch in der Substitution und Einsparung von Ressourcen forschen MatRessource-Projekte, um die globalen Herausforderungen zu meistern und den Wohlstand der zukünftigen Generationen zu sichern.

Die Fördermaßnahme „Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft – MatRessource“ des BMBF unterstützt die Erforschung und Entwicklung innovativer Technologien und Verfahren zur besseren Nutzung von Ressourcen durch Materialinnovationen. Durch die Forschungsprojekte soll die Abhängigkeit von Rohstoffimporten dauerhaft verringert, die internationale Wettbewerbsfähigkeit durch Senkung der Energie- und Materialkosten verbessert und die Umwelt entlastet werden.

Die Gesamtfördersumme des BMBF liegt aktuell bei rund 70 Mio. Euro. Es werden 216 Projektpartner zu folgenden Themenfeldern gefördert:

- Substitution und Materialeffizienz, Nanocycling: Verringerung der Abhängigkeit von strategischen Metallen und Erhöhung der spezifischen Materialausbeuten. Recycling von Nanomaterialien
- Korrosionsschutz: Verlängerung der Standzeiten von Bauteilen und Anlagen, Effizienzsteigerung bei der Energieerzeugung, Verringerung von Umweltbelastungen
- Katalyse und Prozessoptimierung: Sicherung der Rohstoffversorgung, Ressourceneinsparung durch Erhöhung von Katalysatorstandzeiten, Prozessoptimierung

Ihr MaRKT-Team

BMBF-FORUM „MatRessource - Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft“ im Rahmen der MSE 2016 vom 28. bis 29. Sept. 2016 in Darmstadt

Vom 28. bis 29. September findet im Rahmen des MSE - Material Science and Engineering - Kongresses ein öffentliches Vortragsforum der Fördermaßnahme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) „Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft - MatRessource“ statt.

Die zweitägige Veranstaltung wird von Herrn Dr.-Ing. Joachim P. Kloock BMBF, Referat Neue Materialien und Werkstoffe; KIT; HZG eröffnet.

Am ersten Tag stellen MatRessource-Projekte aus den drei Themenschwerpunkten der Fördermaßnahme „Substitution und Materialeffizienz, Katalyse und Prozessoptimierung, sowie Korrosionsschutz“ in Kurzvorträgen und Posterpräsentationen ihre Projektergebnisse der interessierten Öffentlichkeit vor. Anschließend wird bei einer Podiumsdiskussion das Themenfeld „Materialforschung und Circular Economy Package der EU Kreislaufwirtschaft“ mit Experten aus dem Fachgebiet diskutiert, um deren Erkenntnisfortschritt und den Mehrwert der Förderinitiative insbesondere für mittelständische Unternehmen herauszustellen.

Am zweiten Tag sind Gastvorträge aus Industrie und Verbänden zum Thema „Zukunft für ressourceneffiziente Anwendungen“ vorgesehen, die den Teilnehmern einen tieferen Einblick in die Realisierbarkeit und Nachhaltigkeit von Ressourceneffizienz gewähren. Zum Abschluss des zweiten Tages ist ein nicht öffentlicher Workshop „Ressourceneffizienzbewertung durch Materialinnovationen“ geplant.

Seit 2011 werden im Rahmen der Fördermaßnahme durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) 43 Verbundprojekte mit 216 Teilprojekten aus Unternehmen, universitären und außeruniversitären Forschungseinrichtungen gefördert. Sowohl in den Sektoren Energie- und Materialverbrauch, als auch in der Substitution und Einsparung von Ressourcen forschen MatRessource-Projekte, um die globalen Herausforderungen zu meistern und den Wohlstand der zukünftigen Generationen zu sichern.

Unterstützt wird die Fördermaßnahme durch das wissenschaftliche Begleitprojekt MaRKT. Dem Begleitprojekt gehören die DGM (Federführung), die DECHEMA und die GfKORR an. Projektziel ist es, die Ergebnisse der wissenschaftlichen Projekte aus der Fördermaßnahme innerhalb und außerhalb bestmöglich zu vernetzen und die Projekte bei der Verbreitung ihrer Ergebnisse zu unterstützen.



Inhaltsverzeichnis

| | |
|---|----|
| BMBF-FORUM..... | 5 |
| Programmübersicht | 8 |
| Mittwoch, den 28.September 2016 | 10 |
| Donnerstag, den 29.September 2016 | 17 |
| Projektübersicht MatRessource..... | 25 |
| BioLast..... | 28 |
| CATEFF | 30 |
| DreamPolyols | 32 |
| EkoDiSc | 34 |
| EDMIN | 36 |
| FinAlGuss..... | 38 |
| Galleff | 40 |
| GussTough..... | 42 |
| IKOSEZ..... | 44 |
| IP-Werkzeugstahl | 48 |
| KataPlasma | 50 |
| KomMa | 52 |
| KorrMat..... | 54 |
| KorSikA | 58 |
| KorWearMat..... | 60 |
| KOWIND..... | 62 |
| KoWUB..... | 64 |
| Karosseriekonzepte..... | 64 |
| MAREGA | 66 |
| MEINDMAP..... | 68 |
| MultiKAT | 70 |
| NanoEmission | 72 |
| NanoPOP | 78 |
| nanoRec | 80 |



| | |
|----------------------|-----|
| ORCA | 82 |
| Perfect..... | 84 |
| PROFORMING | 86 |
| RADIKAL | 88 |
| RAVE-K..... | 90 |
| RecyTiC | 92 |
| ReffiMal | 94 |
| ReffKat | 96 |
| RepaKorr | 98 |
| RESKORR | 100 |
| RessFAST | 102 |
| s-AmOx | 104 |
| SKY | 108 |
| Stahl-Schnecke | 110 |
| SubSEEMag | 112 |
| SubsTungs | 116 |
| SusHy | 118 |
| TS-Protect | 120 |
| VANTOM | 122 |
| VOKos | 124 |

Programmübersicht zum BMBF-FORUM MatRessource 2016 -

ÖFFENTLICHE VERANSTALTUNG

Mittwoch, den 28. September 2016

09:00 bis 10:00 Uhr: Registrierung

10:00 bis 10:15 Uhr: Eröffnung und Begrüßung

Ergebnispräsentation der MatRessource-Projekte

10:15 bis 10:45 Uhr: Projekt MEINDMAP

10:45 bis 11:15 Uhr: Kaffeepause

11:15 bis 11:45 Uhr: Projekt SubsTungs

11:45 bis 12:15 Uhr: Projekt RAVE-K

12:15 bis 12:45 Uhr: Projekt IP Werkzeugstahl

12:45 bis 14:00 Uhr: Mittagspause

14:00 bis 14:30 Uhr: Projekt EDMIN

14:30 bis 15:00 Uhr: Projekt SusHy

15:00 bis 15:30 Uhr: Projekt BioLast

15:30 bis 16:00 Uhr: Projekt RepaKorr

16:00 bis 16:30 Uhr: Kaffeepause

16:30 bis 17:00 Uhr: Projekt EkoDiSc

17:00 bis 17:30 Uhr: Projekt VOKos

17:30 bis 18:30 Uhr: Podiumsdiskussion

18:30 bis 19:00 Uhr: Posterbegehung

19:00 bis 21:00 Uhr: Vernetzungsforum und Posterprämierung

Programmübersicht zum BMBF-FORUM MatRessource 2016 -

ÖFFENTLICHE VERANSTALTUNG

Donnerstag, den 29. September 2016

08:00 bis 09:15 Uhr: Registrierung

Zukunft für ressourceneffiziente Anwendungen:

09:15 bis 09:45 Uhr: Realisierbarkeit von Ressourceneffizienz durch Aluminium

09:45 bis 10:15 Uhr: Nachhaltigkeit als Leitbild in der chemischen Industrie

10:15 bis 10:45 Uhr: Fünf Schritte zu mehr Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen

10:45 bis 11:15 Uhr: Kaffeepause

11:15 bis 11:45 Uhr: Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit von NE-Metallen

11:45 bis 12:15 Uhr: Förderung von Produkt- und technischen Verfahrensinnovationen

12:15 bis 12:45 Uhr: Ressourceneffizienz im EU-Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020

12:45 bis 14:00 Uhr: Mittagspause

NICHT-ÖFFENTLICH – nur für Projekte aus der 3. MatRessource Förderrunde Workshop „Ressourceneffizienzbewertung durch Materialinnovationen“

14:00 bis 14:30 Uhr: Bewertung von Ressourceneffizienz und Leitfaden MatRessource

Statements der Projektleiter zum Thema Ressourceneffizienz durch Materialinnovationen

14:30 bis 14:35 Uhr: Projekt FinAlGuss

14:35 bis 14:40 Uhr: Projekt Perfekt

14:40 bis 14:45 Uhr: Projekt KorWearMat

14:45 bis 14:50 Uhr: Projekt MAREGA

14:50 bis 15:55 Uhr: Projekt RessFAST

14:55 bis 15:00 Uhr: Projekt ReffiMal

15:00 bis 15:05 Uhr: Projekt ORCA


15:05 bis 15:10 Uhr: Projekt CATEFF



15:10 bis 15:15 Uhr: Projekt Korsika

15:15 bis 15:20 Uhr: Projekt KataPlasma

15:20 bis 15:50 Uhr: Abschlussdiskussion und offene Fragen

15:50 bis 16:00 Uhr: Zusammenfassung

| | |
|---|---|
| Mittwoch, den 28. September 2016 | |
| ÖFFENTLICHE VERANSTALTUNG | |
| Registrierung | |
| 09:00 bis 10:00 Uhr: Teilnehmer-Registrierung im Maschinenhaus, Hörsaal S 105/122 | |
| Eröffnung und Begrüßung BMBF-FORUM-MatRessource | |
| 10:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| <ul style="list-style-type: none"> • Dr.-Ing. Joachim P. Kloock BMBF, Referat Neue Materialien und Werkstoffe; KIT; HZG • Dr.-Ing. Karen Otten, Projektträger Jülich <p>Anmoderation: Dr. Stefan Klein, MaRKT-Team, DGM</p> | |
| Projekt MEINDMAP - Materialeffiziente einlauffähige Dichtungen für Maschinen und Pumpen | |
| 10:15 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| <p>Dipl.-Ing. Matthias Dudeck</p> <p>Materials & Manufacturing Capability Acquisition</p> <p>Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG</p> | |
| Kaffeepause | |
| 10:45 bis 11:15 Uhr: Kaffeepause; Maschinenhaus: Raum 24 | |

| | |
|---|--|
| Projekt SubsTungs - Substitution von Wolfram in Verschleißschutzschichten | |
| 11:15 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| <p>Dr. Cornel Schreuders</p> <p>Entwicklung</p> <p>DURUM Verschleißschutz GmbH</p> <p>Münchheide IV</p> | |
| Projekt RAVE-K - Ressourcensparende Aufbau- und Verbindungstechnik für edelmetallhaltige Kontaktwerkstoffe der Niederspannungstechnik | |
| 11:45 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| <p>Dr. Michael Bender</p> <p>TM-TIM-MP</p> <p>Program Manager</p> | |

Projekt IP Werkzeugstahl - Alternative Legierungskonzepte für Werkzeugstähle: Substitution von sonderkarbid-bildenden Elementen durch intermetallische Phasen

12:15 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122

Dipl.-Ing. Alexander Zimmermann
 Institut für Eisenhüttenkunde
 RWTH Aachen University



Mittagspause

12:45 bis 14:00 Uhr, Mittagessen, Mensa: Otto-Berndt-Halle

Projekt EDMIN - Entwicklung von Oxidationskatalysatoren mit minimiertem Edelmetallgehalt für die Abgasreinigung von Non-Road-Maschinen

14:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122

Dipl.-Ing. Simon Steigert
 HJS Emission Technology GmbH & Co. KG



Projekt SusHy - Edelmetallfreie Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energiequellen - Sustainable Hydrogen

14:30 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122

Dr. Artjom Maljusch
 Project Manager
 Evonik Creavis GmbH



Projekt BioLast - Optimierung von chemischen Verbundsystemen für Langzeitstabilität und Erdbbensicherheit durch Anwendung bioinspirierter Prinzipien

15:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122

Dr. Joachim Schätzle
 Fischerwerke GmbH & Co. KG

Vortragstitel: Optimierung von chemischen Verbundsystemen für Langzeitstabilität und Erdbbensicherheit durch Anwendung bioinspirierter Prinzipien



Projekt RepaKorr - Reparatursysteme und -konzepte für Korrosionsschutzbeschichtungen von Offshore-Windenergieanlagen

15:30 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122

Dr. Peter Plagemann
 Fraunhofer IFAM, Bremen




Vortragstitel: Effiziente Inspektions- und Instandhaltungsmethoden für Korrosionsschutzsysteme an Offshore-Windenergieanlagen






| | |
|---|--|
| Kaffeepause | |
| 16:00 bis 16:30 Uhr: Kaffeepause; Maschinenhaus: Raum 24 | |
| Projekt EkoDiSc - Entwicklung eines korrosionsbeständigen Diamant-Siliciumcarbid -Werkstoffsystems für die Energietechnik | |
| 16:30 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dipl.-Ing. Björn Matthey | |
| Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme, IKTS Dresden | |
| Vortragstitel: Diamant-SiC Werkstoffverbunde: Werkstoffe und Bauteile mit höchster Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit | |
| Projekt VOKos - Effizienzsteigerung durch verfahrenstechnisch optimierende Korrosionsschutzkonzepte in Verbrennungsanlagen mit heterogenen Festbrennstoffen | |
| 17:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr.-Ing. Ragnar Warnecke | |
| GKS-Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH | |
| Vortragstitel: Effizienzsteigerung und Ressourcenschutz durch Verständnis der Hochtemperatur-Chlorkorrosion in Verbrennungsanlagen | |

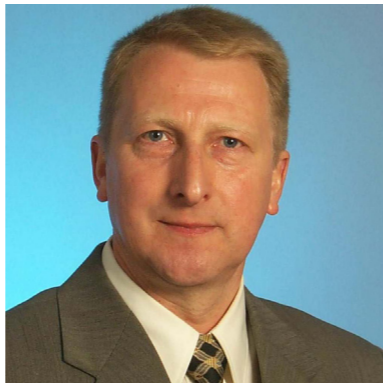

| | |
|---|--|
| Podiumsdiskussion: Materialinnovationen und Kreislaufwirtschaft | |
| 17:30 bis 18:30 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 | |
| 17:30 Uhr: Einführung & Moderation | |
| Dr. Alexis Bazzanella | |
| MaRKT-Team, DECHEMA | |
| Podiumsgäste: | |
| <ul style="list-style-type: none"> • Prof. Dr. Rudolf Stauber, Mitglied des Fachbegleitkreises Fraunhofer-Institut für Silicatforschung ISC Fraunhofer Projektgruppe IWKS, Alzenau • Dr. Ralf Zuber; Umicore AG&Co KG, Hannau • Hugo-Maria Schally, Head of Unit „Eco-innovation and circular economy“ der Europäischen Kommission • Prof. Dr. Jürgen Hirsch, Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Forschung & Entwicklung, Bonn |      |

| | |
|---|--|
| Posterbegehung mit Fachbegleitkreis 18:30 bis 19:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 | |
| Mitglieder des Fachbegleitkreises: <ul style="list-style-type: none"> Prof. Dr. Rudolf Stauber, Mitglied des Fachbegleitkreises, Fraunhofer-Institut für Silicatforschung, ISC Fraunhofer Projektgruppe IWKS, Alzenau |  |
| Vernetzungsforum und Posterprämierung 19:00 bis 21:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016, Maschinenhaus, Raum: 22 + 23 | |
| |  |
| Ende des ersten Veranstaltungstags 21:00 Uhr, Mittwoch, den 28. September 2016 | |




| | |
|---|---|
| Donnerstag, den 29. September 2016 | |
| ÖFFENTLICHE VERANSTALTUNG | |
| Registrierung 08:00 bis 09:15 Uhr: Teilnehmer Registrierung im Maschinenhaus, Hörsaal S 105/122 Anmoderation der Veranstaltung | |
| Dr. Maren Hellwig MaRKT-Team, DGM |  |
| Zukunft für ressourceneffiziente Anwendungen Realisierbarkeit von Ressourceneffizienz durch Aluminium | |
| 09:15 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Prof. Dr. Jürgen Hirsch Hydro Aluminium Rolled Products GmbH, Forschung & Entwicklung Bonn Vortragstitel: Realisierbarkeit von Ressourceneffizienz durch Aluminium |  |
| Ressourceneffizienz als Leitbild in der chemischen Industrie | |
| 09:45 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Tilman Benzing Referent Rohstoffe Verband der Chemischen Industrie (VCI) |  |




| | |
|---|---|
| Fünf Schritte zu mehr Material- und Rohstoffeffizienz in Unternehmen | |
| 10:15 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dipl.-Ing. Wolfgang Faul MaRKT-Team, DGM | |
| Kaffeepause 10:45 bis 11:15 Uhr: Kaffeepause; Maschinenhaus: Raum 24 | |
| Ressourceneffizienz und Nachhaltigkeit von NE-Metallen | |
| 11:15 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Rainer Buchholz Referent Abfallwirtschaft und Ressourceneffizienz WVMetalle | |
| Förderung von Produkt- und technischen Verfahrensinnovationen, BMWi-Innovationsgutscheine „go-Inno“ | |
| 11:45 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr. Oliver Scherr Deutsche Materialeffizienzagentur, DLR | |


| | |
|--|---|
| Ressourceneffizienz im EU-Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020, aktuelle Fördermöglichkeiten | |
| 12:15 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Eva Brockhaus Projektträger Jülich Neue Materialien und Chemie (NMT) Nationale Kontaktstelle Werkstoffe Forschungszentrum Jülich GmbH | |
| Vortragstitel: Ressourceneffizienz im EU-Forschungsrahmenprogramm Horizont 2020 | |
| Mittagspause 12:45 bis 14:00 Uhr, Mittagessen, Mensa: Otto-Berndt-Halle | |
| NICHT-ÖFFENTLICH – nur für Projekte aus der 3. MatRessource Förderrunde | |
| Workshop „Ressourceneffizienzbewertung durch Materialinnovationen“ | |
| Impulsvortrag: Bewertung von Ressourceneffizienz und Leitfaden MatRessource | |
| 14:00 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr. Alexis Bazzanella MaRKT-Team, DECHEMA | |
| Vortragstitel: Bewertung von Ressourceneffizienz und Leitfaden MatRessource | |

| Kurze Statements der Projektleiter zum Thema Ressourceneffizienz durch Materialinnovationen im Rahmen der geförderten MatRessource Projekte | |
|---|---|
| FinAlGuss - Innovative Beiträge zur Korrosionsbeständigkeit von kohlenstoffhaltigen Calciumsilicat-Funktionswerkstoffen beim Guss von Aluminium-Legierungen | |
| 14:30 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Dr.-Ing. Hans-Jürgen Schneider Leiter Forschung Calsitherm Verwaltungs GmbH Bad Lippspringer |  |
| Projekt Perfekt - Neue Permanentmagnetmaterialien für die Ressourceneffizienz -kostengünstig und seltenerdmetallfrei/-reduziert | |
| 14:35 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Holger Wuest Powder Metals Composites (CR/ARM3) Robert Bosch GmbH |  |

| | |
|---|---|
| Projekt KorWearMat - Substitution von Kobalt in verschleiß- und korrosionsbeständigen Sonderlegierungen | |
| 14:40 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Dr.-Ing. Tobias Simon Prokurist; Leiter Qualitätsstelle; Forschung & Entwicklung Klaus Kuhn Edelstahlgiesserei GmbH |  |
| Projekt MAREGA - Ressourceneffiziente magnetische Formgedächtnismaterialien mit reduziertem Gallium bedarf | |
| 14:45 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Dr. Markus Laufenberg Abteilungsleiter Grundlagenentwicklung ETO MAGNETIC GmbH Stockach |  |
| Projekt RessFAST - Steigerung der Materialeffizienz durch ressourceneffiziente Fertigung für Bauteile aus Aluminium, Stahl, Titan | |
| 14:50 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 Dr. Alexander Boehm KSB Aktiengesellschaft Leiter Werkstofftechnik/Labor |  |

| | |
|--|---|
| Projekt ReffiMal - Ressourceneffiziente Materiallösungen für die Leistungselektronik | |
| 14:55 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| M.Sc. Jessica Richter wissenschaftliche Mitarbeiterin Hochschule Düsseldorf University of Applied Sciences | |
| Projekt ORCA - Organische und Seltenerd-reduzierte Konversionsmaterialien für LED-basierte Beleuchtung | |
| 15:00 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr. Mark Vorsthove Leuchtstoff Entwickler OSRAM GmbH Schwabmünchen | |
| Projekt CATEFF - Hohe Ressourcen-Effizienz für schadenstolerante und korrosionsbeständige Polyethylenrohre | |
| 15:05 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr. Shahram Mihan Basell Polyolefine GmbH, R&D, Catalyst Systems Frankfurt am Main | |

| | |
|---|---|
| Projekt Korsika - Korrosionsfeste Sinterverbindungstechnologie für korrosionsgefährdete Anwendungen | |
| 15:10 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr.-Ing. Stefan Wagner Group Manager Fraunhofer Institut Zuverlässigkeit und Mikrointegration Berlin | |
| Projekt KataPlasma - Hydroformylierung mit homogenen Katalysatoren geträgert auf plasmafunktionalisierten Materialien | |
| 15:15 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Dr. Marc Oliver Kristen Head of Innovation Agency Intellectual Property Management Evonik Industries AG | |
| Abschlussdiskussion und offene Fragen | |
| 15:20 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Moderation: Dr. Alexis Bazzanella, MaRKT-Team, DECHEMA | |

| | |
|--|---|
| Zusammenfassung | |
| 15:50 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016, Maschinenhaus, Hörsaal S105/122 |  |
| Präsentation: Dr. Maren Hellwig, MaRKT-Team, DGM | |
| Ende BMBF-FORUM MatRessource | |
| 16:00 Uhr, Donnerstag, den 29. September 2016 | |

Projektübersicht MatRessource

Hier finden Sie Informationen zu den aktuell geförderten Projekten.
Zu folgenden Projekten liegen uns Informationen vor:

| Kurztitel | Projekttitlel | Seite |
|-------------------------|---|-----------|
| BIOLAST | Optimierung von chemischen Verbundsystemen für Langzeitstabilität und Erdbebensicherheit durch Anwendung bioinspirierter Prinzipien | 28 |
| CATEFF | Hohe Ressourcen-, Öko- und Energie-Effizienz durch Hochleistungskatalysator- und Reaktorblendtechnologie für schadenstolerante und korrosionsbeständige Polyethylenrohre mit Selbstverstärkung durch in-situ UHMWPE-Fasern und in-situ UHMW | 30 |
| DreamPolyols | Polyole aus nachhaltigen Rohstoffen energieschonend hergestellt | 32 |
| ekoDiSc | Entwicklung eines korrosionsbeständigen Diamant-Siliciumcarbid-Werkstoffsystems für die Energietechnik | 34 |
| EDMIN | Entwicklung von Oxidationskatalysatoren mit minimiertem Edelmetall-Gehalt für die Abgasreinigung von Non-Road-Maschinen | 36 |
| FinAlGuss | Innovative Beiträge zur Korrosionsbeständigkeit von kohlenstoffhaltigen Calciumsilicat-Funktionswerkstoffen beim Guss von Aluminium-Legierungen | 38 |
| Galleff | Verbesserung der Galliummaterialeffizienz bei der Galliumarsenidsubstrat- und LED-Herstellung | 40 |
| GussTough | Substitution von Seltenen Erd-Metallen zur Entwicklung kaltzäher duktiler Gusseisenwerkstoffe | 42 |
| IKOSEZ | Innovative korrosionsbeständige Ofenwandkonstruktionen von Hochtemperaturanlagen für die Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, insbesondere in der Zement- und Kalkindustrie | 44 |
| IP-Werkzeugstahl | Alternative Legierungskonzepte für Werkzeugstähle: Substitution von sonderkarbidbildenden Elementen durch intermetallische Phasen | 48 |
| KataPlasma | Hydroformylierung mit homogenen Katalysatoren geträgert auf plasmafunktionalisierten Materialien | 50 |
| KomMa | Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite | 52 |
| KorrMat | Korrosionsbeständige Materialien für die Biomassevergasung | 54 |

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| KorSiKA | Korrosionsfeste Sinterverbindungstechnologie für korrosionsgefährdete Anwendung | 58 |
| KorWearMat | Substitution von Kobalt in verschleiß- und korrosionsbeständigen Sonderlegierungen | 60 |
| KOWIND | Entwicklung einer neuartigen Technologie zum Korrosionsschutz an Offshore-Windenergieanlagen | 62 |
| KoWUB | Neuartige Korrosionsschutzsysteme für zukünftige Karosseriekonzepte | 64 |
| MAREGA | Ressourceneffiziente magnetische Formgedächtnismaterialien mit reduziertem Galliumbedarf | 66 |
| MEINDMAP | Materialeffiziente einlauffähige Dichtungen für Maschinen und Pumpen | 68 |
| MultiKAT | Ressourceneffizienz und unkonventionelle „All-Polyethylene“-Nanocomposite für den Leichtbau durch Tandem-Katalyse, kompartimentierte Multizentren-Katalysatoren und mesoskopische Formreplikation | 70 |
| NanoEmission | Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung | 72 |
| NanoPOP | Mikrobielle Synthese und Recycling von Hybrid Palladium-Nanokatalysatoren und ihre Anwendung für die Behandlung von persistenten Umweltschadstoffen | 78 |
| nanoRec | Harte Werkstoffe und Verschleißschutzschichten erhöhter Lebensdauer auf der Basis von neuartigen und recycelten Nanomaterialien | 80 |
| ORCA | Organische und Seltenerd-reduzierte Konversionsmaterialien für LED- basierte Beleuchtung | 82 |
| Perfekt | Neue Permanentmagnetmaterialien für die Ressourceneffizienz – kostengünstig und seltenerdmetallfrei/-reduziert | 84 |
| ProForming | Ressourcen- und Energieeffiziente Reaktionen für die Chemische Industrie - PROzessinnovationen für die HydroFORMylieruNG | 86 |
| RADIKAL | Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente FeAl-Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau | 88 |

| | | |
|-----------------------|--|------------|
| RAVE-K | Ressourcensparende Aufbau- und Verbindungstechnik für edelmetallhaltige Kontaktwerkstoffe der Niederspannungstechnik | 90 |
| RecyTiC | Ressourcenschonende Werkstoffkonzepte für TiC-haltige Verschleißkomponenten | 92 |
| ReffiMal | Ressourcen-effiziente Materiallösungen für die Leistungselektronik | 94 |
| ReffKat | Entwicklung von ressourceneffizienten Autoabgaskatalysatoren mit deutlich reduziertem Gehalt an Edelmetall und Seltenerdmetall | 96 |
| RepaKorr | Reparatursysteme und -konzepte für Korrosionsschutzbeschichtungen von Offshore-Windenergieanlagen | 98 |
| RESKORR | Entwicklung ressourceneffizienter Korrosionsschutzschichten für hochbeanspruchte Komponenten in der alternativen Energieerzeugung | 100 |
| RessFAST | Steigerung der Materialeffizienz durch ressourceneffiziente Fertigung für Bauteile aus Aluminium, Stahl, Titan | 102 |
| s-AmOx | Entwicklung von sekundären Antimonoxiden für den Einsatz in Kunststoffartikeln | 104 |
| SKY | Technologieplattform „Schaltbare Katalysatoren für Flüssigphasen-Prozesse“ | 108 |
| Stahl-Schnecke | Kupfer- und zinnfreie Schneckenradgetriebe hoher Effizienz und Leistungsdichte - technologische Substitution von Bronze durch Stahl | 110 |
| SubSEEMag | Substitution von Selten Erden Elementen in hochfesten und duktilen Magnesiumwerkstoffen | 112 |
| SubsTungs | Substitution von Wolfram in Verschleißschutzschichten | 116 |
| SusHy | Sustainable Hydrogen - Edelmetallfreie Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energiequellen | 118 |
| TS-Protect | Thermisch gespritzte und solvothermal verdichtete Schutzschichten in Müllverbrennungsanlagen und Biomassekraftwerken | 120 |
| VANTOM | Durch Korrosionsschutz von Reststoffen zu chemischen Produkten und Energie | 122 |
| VOKos | Effizienzsteigerung durch verfahrenstechnische optimierende Korrosionsschutzkonzepte in Verbrennungsanlagen mit heterogenen Festbrennstoffen | 124 |

BioLast - Optimierung von chemischen Verbundsystemen für Langzeitstabilität und Erdbbensicherheit durch Anwendung bioinspirierter Prinzipien

Im Bausektor fallen weltweit 30% der globalen CO₂-Emissionen und 40% des globalen Ressourcenverbrauchs an. Vor diesem Hintergrund kommt zukünftig dem Thema „Nachhaltiges Bauen“ eine enorme Bedeutung zu. Eine Reduzierung des Ressourcenverbrauchs kann dabei einerseits über schlankere und leistungsfähigere Bauteile und andererseits über eine Verlängerung der Nutzungsdauer der Bauwerke erfolgen. In beiden Fällen werden leistungsfähigere und effizientere Befestigungsmittel benötigt. Für Schwerlastbefestigungen werden häufig chemische Verankerungssysteme eingesetzt, da Sie einfach in der Anwendung sind und hohen Belastungen standhalten. Schwerlastbefestigungen erweisen sich andererseits als besonders kritisch in Bezug auf Verschleiß und vorzeitiges Versagen, da dies in der Regel mit Gefahr für Leib und Leben verbunden ist. Die Dauerhaftigkeit chemischer Verankerungen kann von den folgenden Bedingungen jedoch stark beeinflusst werden:

1. Bei chemischen Verankerungen tritt unter Belastung typischerweise ein sehr langsames Kriechen auf. Dieses Kriechen kann bei ungeeigneten Systemen über einen langen Zeitraum zu einem Versagen führen.
2. Bei Erdbeben werden Befestigungen einer extremen zyklischen Laständerung unterworfen, dies kann bereits nach wenigen Zyklen zum Versagen der Verankerung führen.

Ziel des Vorhabens ist es, in einem von der fischerwerke GmbH & Co. KG koordinierten interdisziplinären Forschungsprojekt mit wissenschaftlichen Partnern aus der Biologie/Bionik, Materialforschung, Polymerchemie und Polymerphysik chemische Verbundsysteme mit Hilfe bioinspirierter Methoden hinsichtlich ihrer Langzeitstabilität und Toleranz gegenüber dynamischer Belastung im Erdbebenfall zu ertüchtigen. Die Biologie bietet viele Beispiele für hoch effiziente, der jeweiligen Funktion hervorragend angepasste Haft- bzw. Verankerungssysteme, die unter sehr unterschiedlichen Umweltbedingungen und bei häufig wechselnden Lasten (Wind oder Wasser) mit hoher Zuverlässigkeit und großer Fehlertoleranz permanente Anhaftung gewährleisten. Die biologischen Systeme zeichnen sich durch eine dauerhaft hohe Versagenssicherheit, Mechanismen zur Rissinhibition und Selbstheilung sowie sehr gute Dämpfungseigenschaften und ein gutmütiges Versagensverhalten aus. Ziel des FuE-Vorhabens ist es, die diesen Eigenschaften zu Grunde liegenden Funktionsprinzipien zu identifizieren, die Übertragbarkeit innovativer Prinzipien anhand von Modellsystemen zu testen und schließlich nach biologischem Vorbild optimierte Verbundsysteme zu entwickeln.

Koordinator: Dr. Joachim Schätzle, fischerwerke GmbH & Co. KG

Projektpartner:

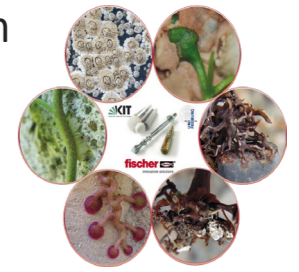
- fischerwerke GmbH & Co. KG
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Freiburger Materialforschungszentrum (FMF)
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT) - Institut für Angewandte Materialien (IAM) - Werkstoff- und Biomechanik (IAM-WBM)

Laufzeit: 01.09.2013 – 31.08.2016

FKZ: 03X3587

Optimierung von chemischen Verbundankersystemen für Langzeitstabilität und Erdbbensicherheit durch Anwendung bioinspirierter Prinzipien «BioLast»

fischerwerke GmbH & Co. KG; Universität Freiburg FMF: Plant Biomechanics Group, Botanischer Garten; Institut für Makromolekulare Chemie; Experimentelle Polymerphysik; KIT: Institut für Angewandte Materialien



Projekthintergrund

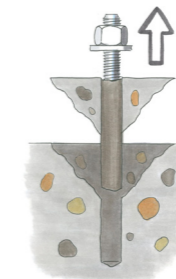
Motivation

30% der globalen CO₂-Emissionen und 40% des weltweiten Ressourcenverbrauchs entfallen auf den Bausektor. Angesichts schwindender Ressourcenvorkommen und wachsender Umweltprobleme kommt dem Thema "Nachhaltiges Bauen" eine enorme Bedeutung zu. Eine verbesserte Langzeitstabilität und Erdbbensicherheit von Schwerlastbefestigungen kann die Nutzungsdauer von Bauwerken erhöhen und damit einen wichtigen Beitrag zur Reduktion des Ressourcenverbrauchs leisten.



Zielstellung

Ziel des interdisziplinären Forschungsprojekts «BioLast» mit Partnern aus Industrie, Biologie/Bionik, Materialforschung, Polymerchemie und Polymerphysik ist die Verlängerung der Lebensdauer und eine verbesserte Toleranz gegenüber seismischer Belastungen der chemischen Verbundsysteme mit Hilfe bioinspirierter Methoden.



Biologischer Ideengeber

Haftsystem der Kletterpflanze *Passiflora discophora*

Funktionsprinzipien:

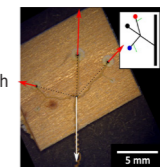
Dämpfung und Redundanz
Haftanke mit einem Federelement und mehreren, adaptiven Verankerungspunkten (Haftpads)

Steifigkeitsgradienten im Pad
Kombination unterschiedlich mechanisch-belastbarer Gewebe zur günstigen Krafteinleitung

Adaptivität
Hervorragender Formschluss durch gerichtetes Zellwachstum an der Kontaktfläche und Absonderung einer Klebesubstanz



Das Haftsystem der kletternden *Passiflora discophora* besteht aus einer Ranke mit einer spiralisierten Hauptachse, an deren Enden mehrere Haftpads ausgebildet sind.



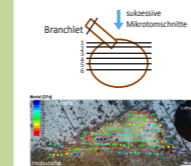
Kraftverteilung innerhalb einer Haftanke. Eine angelegte Kraft (weißer Pfeil) verteilt sich je nach Konstellation der Haftpads zueinander auf die jeweiligen Haftpads. Je größer der Anteil der angelegten Kraft (rote Pfeile) ist, der auf die jeweiligen Haftpads wirkt, umso größer ist die Fläche des jeweiligen Haftpads.



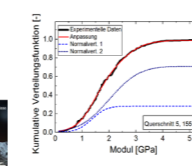
Querschnitt durch ein angefarbtes Haftpad. Das gelbe Gewebe im zentralen Teil ist verholzt, umgeben von unverholztem, parenchymatischem Gewebe. In der Kontaktregion zur Stützstruktur kommt es durch die Ausbildung vieler kleiner Zellen und die Absonderung einer Klebesubstanz (gelb-grün gefärbt) zu einem hervorragenden Formschluss und einer guten Haftung.

Strukturoptimierung des Haftpads gegen Versagen

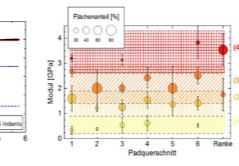
Nanoindentation zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften (Flat punch – ϕ 15 μ m, 30 μ m Rasterung)



5. Querschnitt eines in Paraffin eingebetteten Haftpads



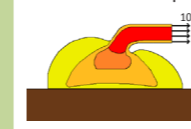
5. Querschnitt: Die experimentell ermittelte Modulverteilung lässt sich mittels zwei Normalverteilungen fitten.



Identifizierung von vier Strukturereichen, die sich in der Steifigkeit unterscheiden.

Finite Elemente Modellierungen zur Bestimmung der Spannungsverteilung

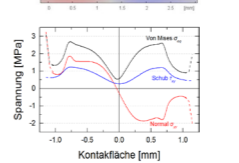
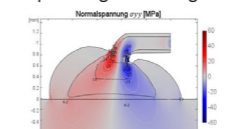
Modell des Haftpads



Ergebnisse aus Simulation:

- I. Minimierung von Scherbelastung am Rand des Haftpads
- II. Optimierung bezüglich Abschälung auf steifen Substraten
- III. Kompromiss zwischen gleichmäßiger Kraftverteilung und minimierter Scherbelastung am Rand

Spannungsverteilung



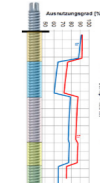
Entwicklung bioinspirierter Modellsysteme

Gradientenmörtel

Optimierung der mechanischen Mörteleneigenschaften entsprechend der auftretenden Belastung mittels numerischer Simulation.

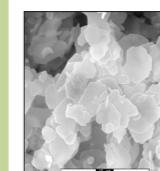


Vorbild Kletterpflanze: Anzahl der Haftpunkte nimmt bei Belastung (angehängtes Gewicht) zu.



Scheibenförmige Anordnung von Mörtel unterschiedlicher Steifigkeit um den Stahllanker. Der Graph zeigt den berechneten Verlauf des Ausnutzungsgrads von frischem Gradientenmörtel (blau) und bei Langzeitbelastung (rot).

Vinylester-Komposite verstärkt mit ultraharten White Sapphire α -Al₂O₃ Nanokorndplättchen



Bioinspirierte Materialstruktur
→ Abgeleitet vom Biomaterial Perlmutt: harte Plättchen mit hohem Aspektverhältnis eingebettet in organische Matrix

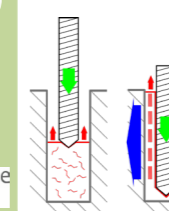
Verstärkung und Morphologie
→ Erhöhung des Elastizitätsmoduls der reinen Matrix von 3.2 GPa auf 9.0 GPa durch 40 Gew.-% α -Al₂O₃
→ Homogene Verteilung ohne Dispergierhilfen

Anbindung der α -Al₂O₃ Plättchen an die Vinylester-Matrix

→ Starke Anbindung durch Funktionalisierung der α -Al₂O₃ Plättchen mit Silanen
→ Verbesserte Bruchdehnung und Zugfestigkeit der Komposite

gerichtetes Kristallwachstum

Formschluss und Klemmkraft durch deformation-induziertes, gerichtetes Kristallwachstum senkrecht zur Bohrlochachse.



Einbringen der Ankerstange (grün) in mit Polymermörtel (rot) gefülltes Bohrloch soll gerichtetes Kristallwachstum induzieren, die zu einer Klemmkraft führt (blau).

experimentelle Ergebnisse:

- I. gerichtetes Kristallwachstum durch Strecken induzierbar
- II. Orientierungsgrad steuerbar durch Deformationsgeschwindigkeit und Materialzusammensetzung
- III. gerichtete Kristallisation führt zur Verdickung entlang der bevorzugten Wachstumsrichtung



CATEFF - Hohe Ressourcen-Effizienz für schadenstolerante und korrosionsbeständige Polyethylenrohre

Kurzbeschreibung folgt


Koordinator: Dr. Shahram Mihan, Basell Polyolefine GmbH, Wesseling

Projektpartner:

- Basell Polyolefine GmbH, Wesseling
- SIMONA Aktiengesellschaft, Kirm
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
- Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Laufzeit: 01.04.2016 – 31.03.2019

FKZ: 03XP0054



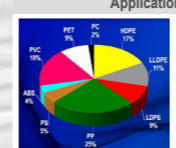
MULTISITE POLYMERIZATION CATALYSIS AND SELF-REINFORCING POLYETHYLENE REACTOR BLENDS FOR ABRASION-RESISTANT AND DAMAGE-TOLERANT PIPES WITH HIGH RESOURCE- AND ENERGY EFFICIENCY

M. Gliem, F. Zhong, R. Mülhaupt* (Freiburg); L. Szanto, C. H. Friedrich* (Freiburg); M. Ronellenfisch, M. Enders* (Heidelberg)
S. Mihan (Basell Polyolefin GmbH); M. Bayer (Simona AG)
CATEFF project – FKZ: 03XP0054 – 01.04.2016 to 31.03.2019

SUPPORTED MULTISITE CATALYSTS FOR PE-WAX / UHMWPE REACTOR BLEND SYNTHESIS

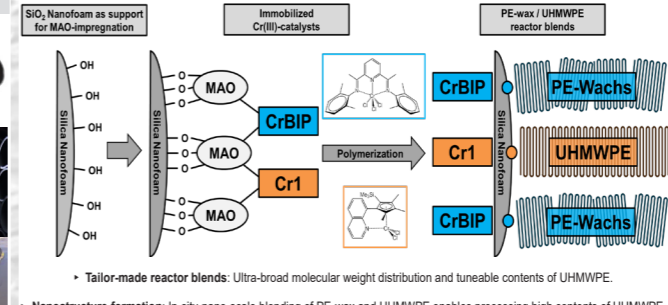
Among polymeric materials polyolefins such as polyethylene (PE) and polypropylene (PP) are the clear leaders with respect to production, high resource-, eco- and energy efficiency. Produced in solvent-free catalytic olefin polymerization, PE meets the demands of highly diversified modern technologies ranging from packaging to lightweight engineering and even artificial hips. As high molar mass hydrocarbon both PE and PP possess oil-like high energy content and are readily recycled as material, hydrocarbon feedstock or energy source, respectively. Jointly with LyondellBasell Company, world leader in polyolefin production, and the Freiburg Sustainability Center, we develop new highly active supported multisite catalyst systems producing novel self-reinforced polyethylene reactor blends tailored for pipe extrusion. Key intermediate is a reactor blend with tailored ultra-broad molar mass distribution containing PE-wax, produced on CrBIP, together with and nanophase-separated ultrahigh molar mass PE (UHMWPE), formed on Cr1.

Application



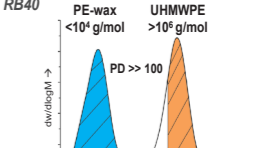
| Material | Green Design Rank | LCA Rank |
|--------------------------------|-------------------|----------|
| PLA (NatureWorks) | 1 | 6 |
| PE (Lubrizol Solvent) | 2 | 8 |
| PE (General) | 2 | 8 |
| PLA (General) | 4 | 9 |
| High Density Polyethylene | 5 | 10 |
| Polystyrene (Templestone) | 6 | 10 |
| Low Density Polyethylene | 7 | 10 |
| Bio-polyethylene (Templestone) | 8 | 10 |
| Polystyrene | 9 | 10 |
| General Purpose Polystyrene | 10 | 5 |
| Polyvinyl chloride | 11 | 7 |
| Polystyrene | 12 | 11 |

Normalized life cycle assessment results.²

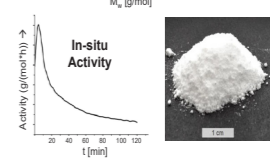


• Tailor-made reactor blends: Ultra-broad molecular weight distribution and tuneable contents of UHMWPE.
• Nanostructure formation: In-situ nano-scale blending of PE-wax and UHMWPE enables processing high contents of UHMWPE.

RB40



PE-wax 10^4 g/mol, UHMWPE >math>10^6</math> g/mol, PD >> 100

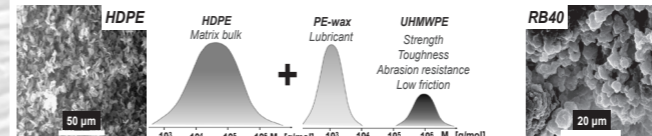


In-situ Activity

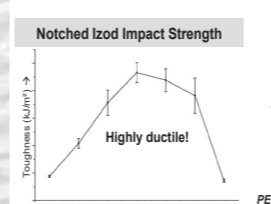
SELF-REINFORCED PE NANOCOMPOSITES WITH SHISH KEBAB STRUCTURES

The reactor blend is melt-compounded with conventional HDPE in order to tailor PE which contains uniformly dispersed nanometer-scaled UHMWPE. Opposite to conventional reactor blends (<3 wt.-% UHMWPE!), high content of nanophase-separated UHMWPE is incorporated without impairing melt processing.

RB40 enables the in-situ formation of shish kebab structure by conventional injection molding



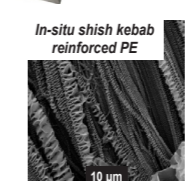
Notched Izod Impact Strength



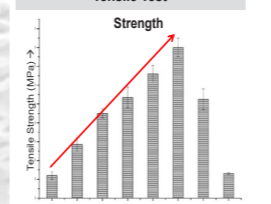
Highly ductile!

Melt compounding and injection molding
Over 15% UHMWPE is processable

In-situ shish kebab reinforced PE

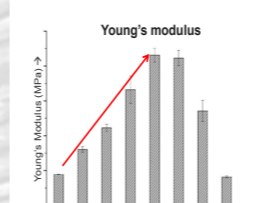


Tensile Test

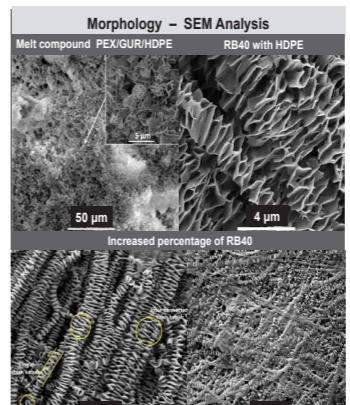


Strength

Young's modulus



Morphology – SEM Analysis

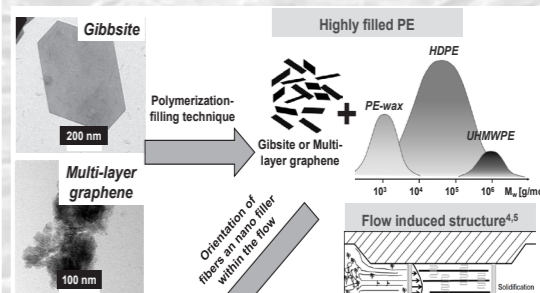


CONCLUSION

An ultra-broad molecular weight distributed polyethylene reactor blends containing PE-wax and UHMWPE are facile prepared by silica nanofoms supported dual-site catalysts including CrBIP and Cr1, respectively. Owing to nano-structured UHMWPE and lubricious PE-wax, RB40 can be homogeneously melt compounded with HDPE and over 15 % UHMWPE can be successfully processed by conventional injection molding process. Reactor blends enables novel reinforced all-PE composite respect to the high oriented shish kebab structure which is in-situ induced by flow field. RB40 / HDPE samples exhibit an extraordinary mechanical properties improvement. For example, a RB40 / HDPE compound can increase young's modulus and tensile strength more than 4 times as neat HDPE, respectively. Reactor blending technique promotes a low cost and high resource-, eco- and energy efficiency route to obtain self-reinforced all-PE nanocomposite and tailor-made next generation lightweight engineering materials.

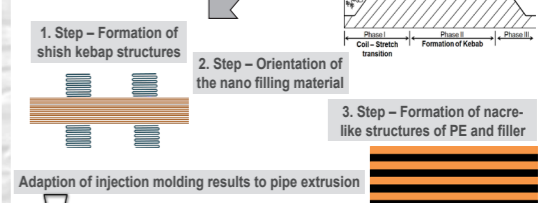
OUTLOOK – GOALS WITHIN THE CATEFF PROJECT

Our aim is to develop new corrosion and abrasion resistant lightweight PE pipes for transporting highly abrasive sewage slush as well as sand slurries used to reclaim land at ocean shores. Therefore highly filled multilayer PE-composites are suitable.



1. Step – Formation of shish kebab structures
2. Step – Orientation of the nano filling material
3. Step – Formation of nacre-like structures of PE and filler

Adaption of injection molding results to pipe extrusion




Transfer of results with silica nanofom as support onto the two new materials gibbsite and multi-layer graphene. In addition the orientation of these fillers within the flow needs to be investigated so that the filler material can be controlled and manipulated as necessary to reach the main goal: A nacre-like structured material after pipe extrusion and as a result abrasion-resistant and damage-tolerant pipes with high resource- and energy-efficiency.

Literature

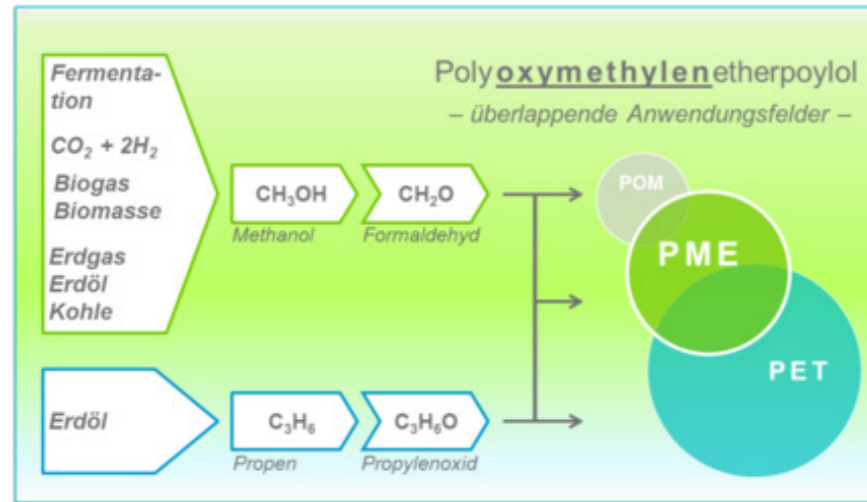
- [1] Sagel, E. Polyethylene Global Overview, 2012.
- [2] Tabone, M.D.; Landis, A. E. *Environ. Sci. Technol.* **2010**, *44* (21), 8264-8269.
- [3] Stitzel, M.; Mihan, S.; Mülhaupt, R. *Chem. Rev.* **2016**, *116* (3), 1398-1433.
- [4] De Gennes, P. G. *J. Chem. Phys.* **1974**, *60*, 5030.
- [5] Somania R. H., Yanga L., Zhuo L., Hsiaoa B. S., *Polymer*, **2005**, *46* (20), 8567-8623.

Acknowledgements

The authors gratefully acknowledge support of this work from the BMBF, the MatResource initiative and the Jülich research centre. In addition we thank all our cooperation partners, especially the Basell Polyolefine GmbH with Shahram Mihan, the Simona AG with Michael Bayer and Prof. Markus Enders of the University Heidelberg.



DreamPolyols - Polyole aus nachhaltigen Rohstoffen energieschonend hergestellt



Dream Polyols zielt auf die Umstellung der Rohstoffbasis eines polymeren Massenzwischenprodukts ab (Polyetherpolyole, globale Jahresproduktion 6,6 Mio. t). Statt energiereichen, erdölbasierten Alkylenoxiden sollen künftig Polyoxymethylenkomponenten genutzt werden, die auf C1-Chemie basieren und damit auch die Nutzung von nachhaltigen, biobasierten Rohstoffen ermöglichen. Durch Verwendung der C1-Wertschöpfungskette über Methanol (Fermentation, Biomasse/Biogas, CO_2 , Erdgas/Kohle/Erdöl) verbreitert die Industrie die Rohstoffbasis der sonst rein auf Erdöl basierenden Polyetherpolyole erheblich. Die neuen Polyoxymethylenetherpolyole werden zu hochwertigen Kunststoffanwendungen (Polyurethane und Polyoxymethylen) weiterverarbeitet.

Die Projektpartner bilden die wesentlichen Schlüsselstellen der Wertschöpfungskette von Polyetherpolyolen ab und haben die erforderliche wissenschaftliche Expertise in der Katalyse. Alle Voraussetzungen zum Erreichen der Ziele dieses innovativen und risikoreichen Vorhabens sind gegeben.

Koordinator: Dr. Christoph Gürtler, Covestro Deutschland AG, Leverkusen

Projektpartner:

- Covestro Deutschland AG, Leverkusen
- Fraunhofer-Institut für Chemische Technologie (ICT), Pfinztal
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Laufzeit: 01.08.2016 – 31.07.2019

FKZ: 03XP0052

EkoDiSc – Entwicklung eines korrosionsbeständigen Diamant-Siliciumcarbid-Werkstoffsystems für die Energietechnik

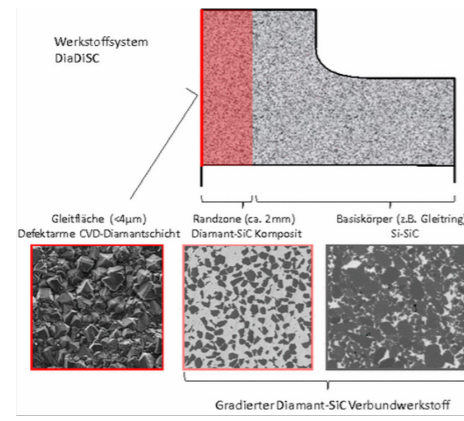


Bild: Das Werkstoffsystem DiaDiSc

Ausgezeichnete Korrosionsbeständigkeit und mechanische und tribologische Eigenschaften nicht nur der Funktionsflächen sondern auch der gesamten Bauteile in mediengeschmierten keramischen Gleitlagern und Gleitringdichtungen sind entscheidend für einen ressourceneffizienten Einsatz. Bisher ist der Einsatz von SiC- und SiSiC-Werkstoffen - auch der beschichteten - speziell in der Energietechnik und in der chemischen Industrie noch unbefriedigend. Aufbauend auf einem Werkstoffsystem DiaCer® (diamantbeschichtete Keramiken) wurden für Gleitringdichtungen marktfähige Produkte (DiamondFace®) hergestellt, die eine zufriedenstellende Leistungsfähigkeit für viele tribologische Anwendungen erreichten, jedoch für korrosive Bedingungen und hier insbesondere für Heißwasserbedingungen, wie sie im Bereich der Energietechnik häufig anzutreffen sind, nicht die ausreichende Beständigkeit und Lebensdauer erreichten.

Koordinator: Dr. Andreas Schrüfer, EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG

Projektpartner:

- EagleBurgmann Germany GmbH & Co. KG
- KSB AG
- CONDIAS GmbH
- Schunk Kohlenstofftechnik GmbH
- ASMEC GmbH
- Cera System Verschleißschutz GmbH
- Forschungsinstitut für mineralische und metallische Werkstoffe (FEE), Edelsteine/Edelmetalle GmbH
- Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS
- Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik IST
- Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik IWM

Laufzeit: 01.06.2013 – 31.05.2016

FKZ: 03X3583

Entwicklung eines korrosionsbeständigen Diamant-Siliciumcarbid-Werkstoffsystems für die Energietechnik - EkoDiSc

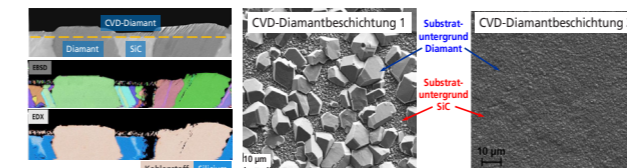
J. Otschik, A. Schrüfer, M. Grasmüller, EagleBurgmann Germany; M. van Geldern, A. Kühn, KSB AG; H. Albert, T. Müller, CeraSystem Verschleißschutz; R. Weiß, A. Lauer, T. Schneider, Schunk Kohlenstofftechnik; L. Ackermann, V. Wesemann, FEE; T. Matthée, M. Fryda, CONDIAS; T. Chudoba, ASMEC; M. Herrmann, B. Matthey, Fraunhofer IKTS; M. Armgardt, M. Höfer, L. Schäfer, Fraunhofer IST; B. Blug, M. Hörner, M. Walter, T. Hollstein, Fraunhofer IWM

Problem und Lösung

Für Gleitringdichtungen, Lager und Ventile reichen unter korrosiven Betriebsbedingungen (insbesondere Heißwasser) die Beständigkeit und Lebensdauer der bisher verfügbaren DiaCer®-Werkstoffe (diamantbeschichtete Keramiken) vor allem wegen der Unterwanderungs- bzw. Spannungsrisskorrosion am Interface Keramik – Diamantschicht nicht aus.

Deshalb wurde ein neues Werkstoffsystem »DiaDiSc« entwickelt:

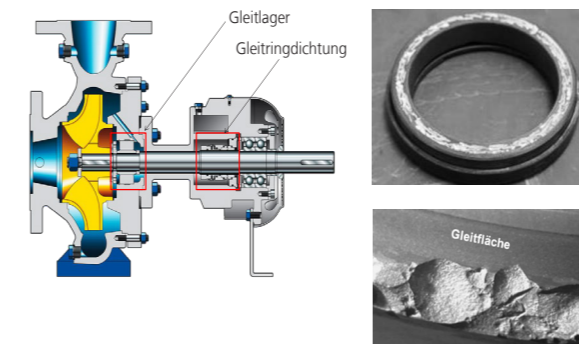
1. gradierter SiC-Diamantkompositwerkstoff mit 40 - 50 Vol.-% Diamant im Randzonenbereich
2. extrem defektarmer, dünne polykristalline Diamantschichten auf dem neuen Kompositwerkstoff; über den hohen Diamantanteil des Substratwerkstoffes wird eine stabile korrosionsbeständige dreidimensionale Grenzfläche mit besonders gutem Schutz vor Unterwanderung erreicht
3. Qualifizierung durch Herstellung, Charakterisierung und Erprobung von Gleitringen, Gleitlagern und Dichtscheiben aus dem neuen Werkstoffsystem unter korrosiven Bedingungen
4. Aufklärung der Korrosionsmechanismen und eine Modellbildung, die die Korrosionsmechanismen mit den Belastungsparametern verknüpft und zu einer zuverlässigen Lebensdauerabschätzung führt



Das Werkstoffsystem: ideale epitaktische Verankerung der Diamantschicht an die Substratdiamanten
Steuerung der Morphologie der CVD-Diamantschicht auf der SiC- und Diamantphase der Kompositwerkstoffe durch Einstellung der Wachstumsbedingungen im CVD-Prozess

Anwendungen und Schadensbilder

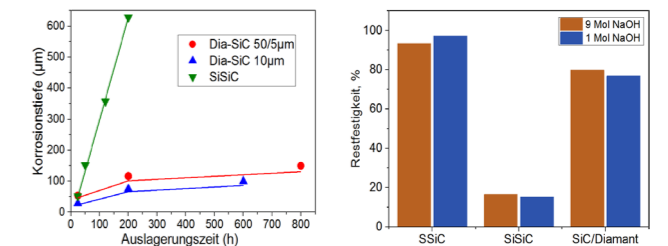
Gleitlager, Gleitringdichtungen, Ventile und Dichtscheiben in Heißwasserpumpen und Chemieanlagen



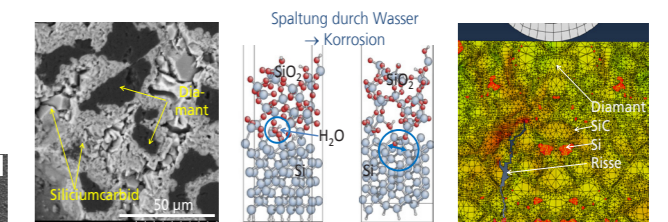
Schnittbild Heißwasserpumpe (HPK-L, Fa. KSB AG) mit Gleitringdichtung und Gleitlager (links)
Schäden an Gleitringdichtungen und Gleitlagern sind die häufigsten Versagensursachen bei Pumpen: BMBF-Projekt ReMain, 2010, Fkz: 02PG1221
Beispiele: Korrosion an SiC-Gleitring (rechts oben), Elektrokorrosion (rechts unten)

Gefördert mit Mitteln des BMBF im Rahmen der Ausschreibung »Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft – MatResource«, Förderkennzeichen: 03X3583

Ergebnisse



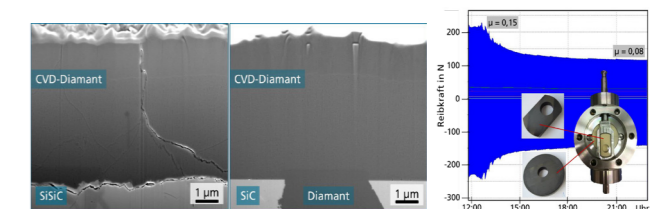
Ergebnisse der Korrosionsversuche bei 90 °C in NaOH (links) und die Messung der Restfestigkeit nach der Auslagerung (rechts). Nachweislich ist damit die Korrosionsstabilität von Diamant-SiC deutlich höher als von SiSiC.



Korrosionsangriff in Heißwasser auf einen unbeschichteten Diamant-SiC-Kompositwerkstoff

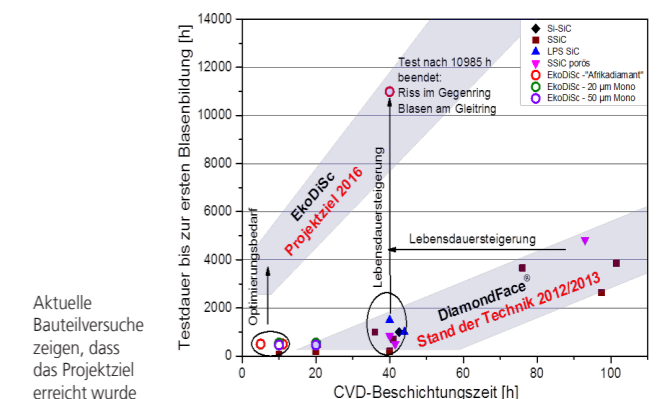
Modellierung unterstützt das Werkstoffdesign und erklärt Mechanismen der Tribokorrosion; hier: Bildung von SiOH u. SiH mit Bindungsbruch durch H₂O

FEM-Simulation des korrodierenden Diamant-SiC-Kompositwerkstoffes: Rissbildung und Rissausbreitung unter Last



Deutliche Schädigung durch Kavitation an der Grenzfläche Substrat zu CVD-Diamant bei SiSiC-Substraten (links) im Vergleich zu DiaDiSc (rechts)

Reibwertverlauf einer diamantbeschichteten Schieberpaarung nach 10.000 gasdichten Hieben



Aktuelle Bauteilversuche zeigen, dass das Projektziel erreicht wurde

EDMIN - Entwicklung von Oxidationskatalysatoren mit minimiertem Edelmetall-Gehalt für die Abgasreinigung von Non-Road-Maschinen



(Quelle: HJS Emission Technology GmbH & Co. KG)

Die Minderung von Schadstoff- und Treibhausgasemissionen ist ein Schwerpunkt der Umwelt- und Verkehrspolitik der Bundesrepublik Deutschland. Erfolge in der Verbesserung der Luftqualität werden seit Ende der 70er und Anfang der 80er Jahre durch Einführung und Fortschreibung von Abgasrichtlinien erzielt. Die gestiegenen Anforderungen an die Effizienz der Abgasnachbehandlung macht eine Weiterentwicklung von Abgasnachbehandlungssystemen erforderlich. Da diese Systeme große Mengen an seltenen und teuren Edelmetallen (Platin, Palladium, Rhodium) benötigen, ist aus Kostengründen und auch aus Gründen der anzustrebenden Ressourcenschonung eine Senkung des Edelmetalleinsatzes bei Katalysatoren zwingend erforderlich.

Der Dieselmotor ist aufgrund seiner Wirtschaftlichkeit und seiner Leistungsdichte weltweit als Antriebsquelle insbesondere auch von Arbeitsmaschinen wie Baggern, Staplern, Kränen und ähnlichen Maschinen, die meist ohne Kennzeichen betrieben werden, etabliert. Hier überzeugt der Dieselmotor durch seine Robustheit und seiner hohen Effizienz. Um in der Zukunft die hohen und weiter steigenden gesetzlichen Anforderungen an den Schadstoffausstoßen erfüllen zu können, ohne dass die Kosten weiter steigen, ist eine Reduzierung des Edelmetalleinsatzes bei den Abgaskatalysatoren erforderlich.

Koordinator: Dipl.-Ing. Simon Steigert, HJS Emission Technology GmbH & Co. KG

Projektpartner:

- HJS Emission Technology GmbH & Co. KG
- Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG
- Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Energieverfahrenstechnik und Chemieingenieurwesen, Lehrstuhl Reaktionstechnik

Laufzeit: 01.05.2013 bis 30.04.2016

FKZ: 03X3580

Entwicklung von Oxidationskatalysatoren mit minimiertem Edelmetall-Gehalt für die Abgasreinigung von Non-Road-Maschinen (Kennwort: EDMIN)

Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG: Dr. Rainer Kiemel, Dr. Christian Breuer, Dr. Santiago Casu
 TU Bergakademie Freiberg (TUBAF): Christoph Wagner, Sebastian Brüning, M. Consuelo Revilla Nebreda, Andreas Roppertz, Prof. Sven Kureti
 HJS Emission Technology (HJS): Klaus Schrewe, Simon Steigert, Sandra Arndt, Rafael Rienks, Klaus Herkel

Projektrahmen:

Auch für sogenannte Arbeitsmaschinen (NRMM), die überwiegend nicht auf der Straße eingesetzt werden, meist also kein Nummernschild haben, werden Verbrennungsmotoren eingesetzt. In der Regel sind dies Dieselmotoren (Verbrauchsvorteil, Drehmoment, geringere Entzündlichkeit der Diesels, usw.). Der Gesetzgeber verschärft auch für diese Motoren die Emissionsvorschriften. Es ist daher erforderlich, insbesondere für zukünftige Maschinen verstärkt Katalysatoren einzusetzen, um die Emissionsziele (für Kohlenmonoxid, CO; Kohlenwasserstoffe, HC; Stickoxide, NO_x; und Rußpartikel, PM) zu erreichen. Bei den oft großen Motoren, weisen auch die Katalysatoren ein entsprechendes Volumen auf. Als aktive Komponente kommt überwiegend das Edelmetall Platin (Pt) zum Einsatz. Pt ist ein sehr teurer Rohstoff und nur in endlicher Menge vorhanden. Mit der sukzessiven Umsetzung höherer Emissionsziele werden daher weltweit nennenswerte Edelmetallmengen aufzubringen sein. Das Projekt EDMIN arbeitet aus Gründen der Ressourceneffizienz, aber auch zur Reduzierung der Bauteilkosten daran, den erforderlichen Platin-Gehalt durch neuartige Technologien zu reduzieren.



Praxisbeispiel:
 NRMM mit 112 kW Motorleistung (152 PS), Motor-Hubraum: 6,6 L,
 Typische Katalysatorgröße für Stufe VI / Stufe V Emissionen: 1,2 L.
 Heutige Edelmetallbelastung: 45 g/ft³ bzw. 6,7 g Pt pro Katalysator.
 Pt-Wert: ca. 235 €
 Ersparnis: ca. 70 €

Projektziele:

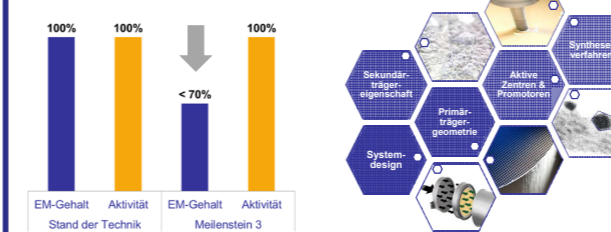


Abb. 1: EDMIN-Zielstellung: Edelmetall-Minderung unter Aufrechterhaltung der Katalysatoraktivität auch gegenüber thermischer und chemischer Alterung.

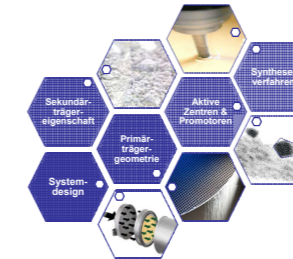


Abb. 2: EDMIN-Arbeitsfelder: Multi-Parameter-Raum der Emissionskatalyse - Auffindung und Ausnutzung von Struktur-Aktivitäts-Beziehungen, um den Nachteilen einer EM-Minderung entgegenzuwirken.

Ergebnisse HJS:

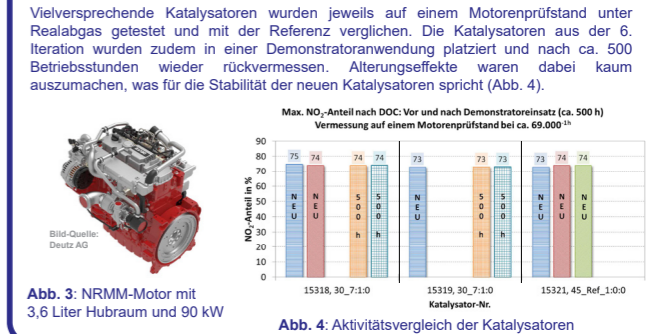


Abb. 3: NRMM-Motor mit 3,6 Liter Hubraum und 90 kW
Abb. 4: Aktivitätsvergleich der Katalysatoren

Ergebnisse TU Freiberg:

- Untersuchung und Bewertung der Aktivität neuentwickelter Katalysatoren auf Basis der Vermessung von 1^{er} Bohrkernen an einem Laborteststand (Abb. 5)
- Temperaturabhängiger Umsatz der Komponenten CO, C₃H₆ und NO als Bewertungskriterien (Abb. 6).
- Wiederholungsmessungen zur statistischen Absicherung der beobachteten Effekte
- Untersuchungen zur Katalysatordeaktivierung mittels hydrothormaler und SO_x-Behandlung.
- Ergänzende Untersuchungen mittels in-situ DRIFT-Spektroskopie zur Aufklärung des Mechanismus der SO_x-Vergiftung (Abb. 7).



Abb. 5: Apparatur zur Durchführung von Aktivitätsuntersuchungen.

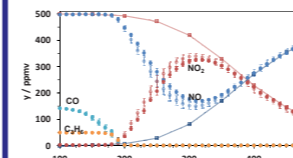


Abb. 6: Umsätze DOC-Katalysatormaterialien

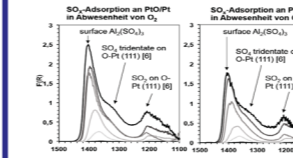


Abb. 7: Aufklärung des Mechanismus der SO₂-Vergiftung an DOC-Materialien mittels DRIFTS-Experimente

Ergebnisse Heraeus:

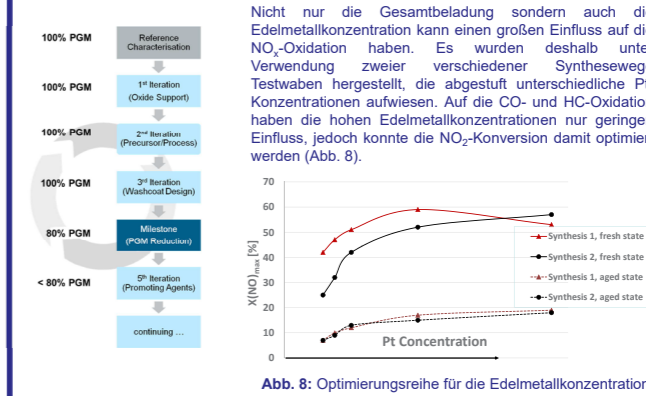


Abb. 8: Optimierungsreihe für die Edelmetallkonzentration

Über mehrere Iterationen wurden systematisch unterschiedliche Einflussfaktoren auf die Katalysatoraktivität untersucht. Diese Erkenntnisse wurden genutzt, um neue Katalysatoren zu präparieren und für Messungen an Labor- und Motorenprüfständen verwendet. Es zeigte sich, dass die neu erstellten Formulierungen nach Fertigung (Neuzustand) sowie im gealterten Zustand identische Aktivitäten zur Referenz – trotz um 30% verringerter Edelmetallmenge und Teilsubstitution durch Pd (Palladium) – erreichten.

Zusammenfassung:

- Innerhalb des Projektes EDMIN ist es gelungen eine Katalysatorformulierung zu entwickeln, die eine deutliche Reduzierung des Edelmetallgehaltes ermöglicht
- Die neue Katalysatorformulierung ist hinsichtlich Aktivität und thermischer Haltbarkeit vergleichbar mit der Referenzformulierung
- Schwerpunkt war bei der Entwicklung der neuen Katalysatoren, dass diese auf serientauglichen Prozessen und Rohstoffen basieren
- Über verschiedene Charakterisierungstechnologien, konnten Zusammenhänge zwischen Katalysatoraufbau und Aktivität dargestellt werden
- Eine Ausweitung der Erprobung unter Realbedingungen ist für diese neuen Katalysatoren geplant – mind. 4.000 Betriebsstunden erforderlich

Das diesem Bericht zugrundeliegende Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter den Förderkennzeichen 03X3580 gefördert. Die Verantwortung für den Inhalt dieser Veröffentlichung liegt bei dem Autor.

FinAlGuss - Innovative Beiträge zur Korrosionsbeständigkeit von kohlenstoffhaltigen Calciumsilicat-Funktionswerkstoffen beim Guss von Aluminium-Legierungen



Abb. 1: Transition plate (AWW, 2015) und Gießdüsen (TRIMET, 2015) mit Rissen bis Bruch nach Al-Guss

Calciumsilicate werden seit fast einem Jahrhundert in Gießprozessen von flüssigen Aluminium-Legierungen zur Fließkontrolle und Verteilung eingesetzt. Aus dem korrosiven Verhalten des Calciumsilicat-Werkstoffs, dem Ausbrennen zugegebener Kohlenstoffkomponenten, der Vielfalt der Al-Legierungen sowie den verschiedenen Gießverfahren und Gießtechniken ergibt sich eine sehr komplexe Korrosionsproblematik. Calciumsilicat-Graphit-Werkstoffe zeigen in bestimmten Anwendungen eine deutlich erhöhte Lebensdauer und vermindern Anhaftungen von Metallschlacke, bei aggressiven Legierungen reduziert sich allerdings die Lebensdauer auf inakzeptabel wenige Gießzyklen. Das Werkstoffsystem hat somit eine limitierte Ressourceneffizienz hinsichtlich Produktivität, Qualität und Nachhaltigkeit der Eigenschaften des Endproduktes.

Das Hauptziel des Forschungsprojektes ist die Erforschung der Wechselwirkung der Calciumsilicat-Funktionswerkstoffe in Kontakt mit NE-Metallschmelzen zur Einschränkung bzw. Verhinderung der Korrosion und damit die Lebensdauererhöhung der Anlagen und Erhöhung der Gesamtproduktivität. Dabei sollen die bestehenden kohlenstoffhaltigen Calciumsilicat-Werkstoffe hinsichtlich ihrer Oxidationsbeständigkeit funktionalisiert und deren chemische Wechselwirkung mit dem flüssigen Metall gesenkt werden, was zu völlig neuen Produktansätzen führen soll. Abb. 1 zeigt beispielhaft korrodierte Bauteile aus Calciumsilicat-Werkstoffen. Für die Zielerreichung hat sich ein Forschungsverbund organisiert, der die gesamte Wertschöpfungskette abdeckt. Die Forschungseinrichtung TU Bergakademie Freiberg, Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik - Professur für Keramik in Freiberg wird gemeinsam mit dem Hersteller der Calciumsilicat-Werkstoffe und Calciumsilicat-Funktionsbauteile CALSITHERM Verwaltungs GmbH in Bad Lippspringe die bisher unbekanntenen Korrosionsmechanismen systematisch aufklären, daraus neue Werkstoffkonzepte vorschlagen, die bei CALSITHERM hergestellt und bei den Endanwendern Aluminium-Werke AG & Co.KG in Wutöschingen (AWW) und bei Trimet Aluminium SE (TRIMET) in Essen erprobt werden. Labor- sowie Post-mortem - Untersuchungen werden die Werkstoffentwicklung weiter optimieren. Koordinator des Verbundes ist die CALSITHERM Verwaltungs GmbH. Insgesamt ist die Beherrschung von Korrosionsproblemen Voraussetzung für effiziente ressourcenschonende Hochtemperaturprozesse. Damit hat das Forschungsprojekt neben seinem ökonomischen Effekt geringerer Energie- und Materialkosten auch das ökologische Ziel der Lebensdauer- und Effizienzsteigerung von Gießanlagen, der Einsparung von Materialien, der Schonung von Ressourcen und der Umwelt durch Verminderung von CO₂-Emissionen.

Koordinator: Dr.-Ing. Tobias Hölscher, CALSITHERM Verwaltungs GmbH

Projektpartner:

- CALSITHERM Verwaltungs GmbH
- Aluminium-Werke Wutöschingen Aktiengesellschaft & Co. KG
- Technische Universität Bergakademie Freiberg - Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik - Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik - Professur für Keramik
- TRIMET Aluminium SE

Laufzeit: 01.11.2015 - 31.10.2018

FKZ: 03XP0022C

Innovative Beiträge zur Korrosionsbeständigkeit von kohlenstoffhaltigen Calciumsilicat-Funktionswerkstoffen beim Guss von Aluminium-Legierungen (FinAlGuss)

Förderkennzeichen: 03XP0022 (A-D)

Prof. Dr. C.G. Aneziris, J. Fruhstorfer,
Dr. J. Werner, Dr. P. Gehre^a

Dr. T. Hölscher,
Dr. H.-J. Schneider^b

W. Miedzianowski^c

U. Kremer,
Dr. D. Bramhoff^d

Motivation & Problemstellung

- Calciumsilikate werden seit über 30 Jahren als Funktionsbauteile zur Fließkontrolle und Formgebung in modernen Gießanlagen eingesetzt
- Al-Speziallegierungen mit hohen Gehalten an Si, Cu, Mg, Zn und Li erhöhen Verschleiß und Korrosion
- Unkalkulierbare Ausfallwahrscheinlichkeit
- Unbekannte Verschleiß- und Korrosionsmechanismen
- Calciumsilicat-Graphit-Verbundwerkstoff (CS-C) zeigt keine bis geringe Benetzbarkeit und bessere Temperaturwechselbeständigkeit durch C-Komponente, verliert aber gute Eigenschaften durch Oxidation



Kurzfristige Ziele und Lösungsansätze

Lebensdauererhöhung und Steigerung der Gesamtproduktivität durch Erforschung der Wechselwirkung der CS-Funktionswerkstoffe in direktem Kontakt mit NE-Metallschmelzen zur Senkung des Verschleißes

| Steigerung der Oxidationsbeständigkeit | Verringerung der chem. Wechselwirkung durch geringere Benetzung |
|--|---|
| Beitrag der Kohlenstoffsorte <ul style="list-style-type: none"> • unterschiedliche Kristallinität; Partikelgröße und -verteilung • Volumenanteil des Graphites im CS-C-Werkstoff Zugabe von aktiven Funktionalzusätzen <ul style="list-style-type: none"> • Erhöhung Restkohlenstoff • In-situ Glasur • Selbstheilende Passivierungsschicht | Zugabe weiterer Benetzungshemmer <ul style="list-style-type: none"> • Si-O-C-N-Verbindungen • BN-Pulver Mechanische Aktivierung der Oberfläche <ul style="list-style-type: none"> • Gezielte Schleif- und Polierschritte • Mit oder ohne weitere aktive Zusätze |

Verschleißanalyse von Transition Plates auf CS-C-Basis

| Korrosion | Oxidation | Thermomechanischer Angriff |
|--|--|---|
| Röntgenbeugungsanalyse (XRD)... vor Einsatz: Xonotlit, Wollastonit, Calcit, Graphit und danach: Parawollastonit, Calcit, Graphit → Mineralogische Zusammensetzung des CS-C-Werkstoffes ändert sich während dem Einsatz in den Al-Gießereien | → Oxidation im Kontaktbereich zur Schmelze | → Zusätzlich Überlagerung von mechanischer und thermomechanischer Belastung |

Langfristige Ziele

- Die Lösung der Verschleißproblematik führt zu:
- Verringerung der Materialschädigung und Lebensdauererhöhung der Gießanlagen
 - Verbesserung der Prozessstabilität und Produktqualität
 - Erhöhung der Ressourceneffizienz und Verringerung der Energie- und Materialkosten
 - Entlastung der Umwelt im Sinne einer Reduzierung von Rohstoffverbrauch, CO₂-Ausstoß und Deponiekosten

^a Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik, TU Bergakademie Freiberg, Agricolastraße 17, 09599 Freiberg
^b Calsitherm Verwaltungs GmbH, An der Eiche 15, 33175 Bad Lippspringe (Federführer)
^c Aluminium-Werke Wutöschingen AG & Co. KG (AWW), Werkstraße 4, 79793 Wutöschingen
^d TRIMET Aluminium SE, Aluminiumallee 1, 45356 Essen

Galleff-Verbesserung der Galliummaterialeffizienz bei der Galliumarsenid-substrat- und LED-Herstellung



Das wesentliche Projektziel liegt in der Entwicklung von Verfahren zum effektiven und ressourcenschonenden Materialeinsatz von Gallium in Galliumarsenid-Halbleitersubstraten (GaAs) mit Durchmessern zwischen 100 und 150mm, sowie deren Einsatz zur Herstellung von energiesparenden Leuchtdioden. Gallium ist Schlüsselrohstoff für die Optoelektronik (u.a. LEDs, Laserdioden), integrierte Schaltungen (analog und digital), einschließlich der Hochfrequenztechnik in allen satellitengestützten Systemen. Es spielt eine zunehmende Rolle für Entwicklungen auf dem Gebiet magnetischer Werkstoffe sowie für Dünnschicht-Solarzellen. Die von der Europäischen Kommission berufene „Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials“ stuft Gallium als ein Metall mit hoher wirtschaftlicher Bedeutung sowie hohen Versorgungsrisiken für die EU ein.

Im Projekt werden neue Ansätze für alle Herstellungsschritte eines Galliumarsenid-Substrates von der Kristallzüchtung über das Kristalltrennen bis hin zum Oberflächenfinish hinsichtlich des Materialeinsatzes erforscht. So wird die Realisierung eines Substrates mit einem Durchmesser von 150mm und einer verringerten Dicke von etwa 450µm angestrebt. Für die Weiterverarbeitung solcher materialeffizienten Substrate müssen die Technologien für die Herstellung von Leuchtdioden wie Epitaxie und Chipprozessierung, entscheidend verbessert werden. Auf das Handling der extrem dünnen GaAs-Wafer muss besonderes Augenmerk gelegt werden, um eine wirtschaftliche Verwertung der Projektergebnisse realisieren zu können. Ein weiterer Schwerpunkt bildet die Analyse der Abfallströme aus der Fertigung und der Versuch Gallium mittels effizienter Recycling-Methoden zurückzugewinnen. Die Projektpartner optimieren die Wertschöpfungskette vom Rohmaterial bis hin zur fertigen Leuchtdiode. Die zwei Industriepartner werden durch ein Fraunhofer-Institut THM unterstützt, das neue Kristalltrennverfahren zur effizienten Materialausnutzung entwickelt.

Koordinator: Dr. rer. nat. Stefan Eichler, Freiburger Compound Materials Gesellschaft mit beschränkter Haftung

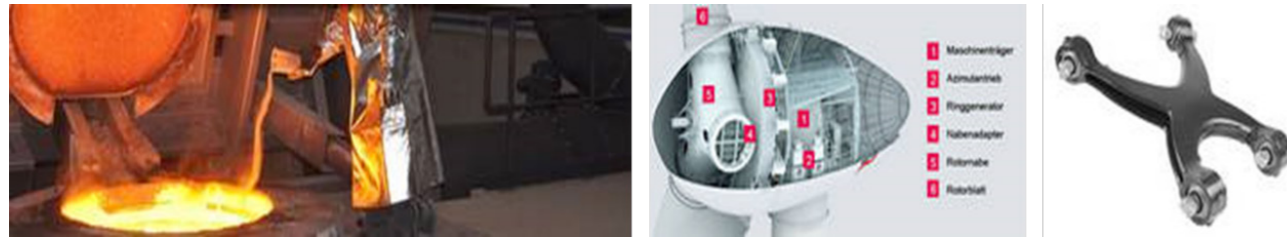
Projektpartner:

- Freiburger Compound Materials Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- OSRAM Opto Semiconductors Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)

Laufzeit: 01.02.2013 bis 31.01.2016

FKZ: 03X3568

GussTough-Substitution von Seltenen Erd-Metallen zur Entwicklung kaltzäher duktiler Gusseisenwerkstoffe



Ressourcenunabhängigkeit für Mobilität und Energie: Duktiles Gusseisen wird seit vielen Jahren für die Herstellung hochbelasteter Bauteile im Maschinen- und Fahrzeugbau verwendet. Bauteile, die aus diesen Werkstoffen gefertigt werden, bieten ein hervorragend ausbalanciertes Verhältnis zwischen Werkstoff-/ Bauteileigenschaften und Kosten. In Deutschland wurden im Jahre 2011 etwa 1,73 Mio. Tonnen Gusseisen mit Kugelgraphit mit einem Produktionswert von etwa 3,14 Mrd. EURO, wobei die Fahrzeugtechnik mit 750.000 Tonnen und der Maschinenbau mit 544.000 Tonnen den größten Anteil haben. Die Einstellung der hier geforderten Materialeigenschaften erfordert den Einsatz von Cer, das als Seltenes Erd-Metall zur Gruppe der bezüglich Marktverfügbarkeit und wirtschaftlicher Bedeutung von der EU als extrem kritisch eingestuften Rohstoffe gehört.

Nachhaltige Wettbewerbsfähigkeit durch technische Kompetenz: Die nachhaltige Sicherung von Unternehmensbestand und von Arbeitsplätzen ist eine der entscheidenden Zukunftsaufgaben für die deutsche Wirtschaft. Für die betroffenen Unternehmen der Gießereiindustrie, des Fahrzeug- und Maschinenbaus ist die Entkopplung der dargestellten Ressourcenproblematik vom wirtschaftlichen Wachstum eine zwingend erforderliche Maßnahme zur nachhaltigen Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit und damit ihrer Weltmarktcompetenz. Das Projekt GussTough legt zur Problemlösung einen ganzheitlichen Forschungsansatz zugrunde, der die gesamte Wertschöpfungskette berücksichtigt. Es werden optimierte Werkstoffsysteme entwickelt, die in der Kombination der Cer-Substitution mit einer festen, aber hochzähen metallischen Matrix eine innovative Werkstofffunktionalität bezogen auf Anwendung und Einsatz bieten. Die Grundforderung nach ökologischer und ökonomischer Effizienz hinsichtlich der verwendeten Einsatzmaterialien muss über die Entwicklung einer optimal angepassten stofflichen Verwertung der Prozessabfälle gewährleistet werden. GussTough umfasst so die vollständige Wertschöpfungskette für die neuen Gusseisenwerkstoffe: Werkstoffherstellung-Bauteilherstellung und Eigenschaftscharakterisierung - Bauteilkonstruktion - Werkstoffkreislauf und Recycling. Die werkstoffwissenschaftlichen Grundlagen für die Herstellung Cer-freier hochzäher duktiler Gusseisenlegierungen werden erarbeitet. Ohne den Einsatz von Cer wäre nach derzeitigem Stand der Technik die Weiterentwicklung von Windenergieanlagen in Leistungsklassen höherer Energiedichte gefährdet, der in Deutschland höchst kompetente Industriezweig „Werkzeugmaschinen“ könnte seine technologische Kompetenz und seine weltweite Marktstellung nicht weiter entwickeln und absichern, die Entwicklung von Leichtbaufahrwerksteilen wäre massiv behindert. Die zentrale Zielsetzung des Verbundforschungsvorhabens GussTough ist die Substitution von Seltenen Erden aus dem Herstellprozess für Bauteile aus duktilen Gusseisenwerkstoffen. Gleichzeitig wird eine geschlossene Wertschöpfungskette entwickelt, die die mit dieser Substitution unmittelbar verknüpften Potenziale einer bisher nicht realisierbaren Werkstoffoptimierung erschließt.

Koordinator: Dipl.-Ing. Hartwig Haurand, HegerGuss GmbH - Werksleitung

Projektpartner:

- HegerGuss GmbH - Werksleitung
- Technische Universität Clausthal - Fakultät für Natur- und Materialwissenschaften - Institut für Metallurgie
- WRD Wobben Research and Development GmbH
- CLAAS GUSS GmbH - Christophershütte
- MAGMA Gießereitechnologie Gesellschaft für Gießerei- Simulations- und Regeltechnik mbH
- Hochschule Kempten - Hochschule für angewandte Wissenschaften
- ZF FRIEDRICHSHAFEN AG

Laufzeit: 01.08.2014 bis 31.07.2017

FKZ: 03X3596

GussTough

Erfassung bruchmechanischer Kennwerte duktiler Gusseisen

mit dem instrumentierten Kerbschlagbiegeversuch

Steigender technologischer Anspruch

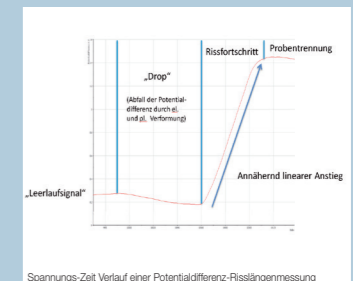
Die Prüfung bruchmechanischer Versagenskriterien nach ASTM E399/E647 ist heutzutage gängige Praxis in hochtechnischen Anwendungen wie z. B. der Fahrzeugtechnik oder der Windenergie. Die Anwendung dieses Prüfverfahrens als „betriebliches“ Standardverfahren ist jedoch mit diversen Problemen verbunden, u.a.:

- Hohe Anlagen- und Probenherstellungskosten
- Begrenzter Gültigkeitsbereich der LEBM (KIC) bei duktilen Werkstoffen

Anpassung theoretischer Ansätze

Mit der Verwendung eines modifizierten J-Integrals ist die Prüfung duktiler Werkstoffe unabhängig der Probengröße möglich. In Kombination mit der Erfassung der Risslänge als Kenngröße ist es möglich

- Das vollständige Bruchverhalten duktiler Materialien zu bewerten
- Die Vergleichbarkeit mit den Kennwerten der klassischen Bruchmechanik durch die Kompensation von Rissgrundschärfe und Dynamik zu gewährleisten



Spannungs-Zeit Verlauf einer Potentialdifferenz-Risslängenmessung

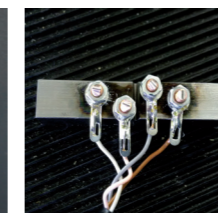
Nutzung von Standard-Pendelschlagwerken

Die Nutzung üblicher Prüfsysteme bietet unter Verwendung der vorhandenen Prüfsoftware weitreichende Vorteile.

- Keine Temperierung während des Bruchversuches erforderlich
- Verwendung von Charpy-V Probegeometrien



Elektrisch isolierte Widerlager



Charpy-V Probe mit Kontaktierung



Versuchsaufbau mit erweiterter Messtechnik

Erforderliche Modifizierungen

Zur Messung der Rissausbreitung während des Schlagversuches sind messtechnische Anpassungen nötig:

- Risslängenerfassung auf Basis der Elektropotentialdifferenz
- Elektrische Isolierung der Widerlager
- Temperaturerfassung mittels eines Laserpyrometers
- Elektrische Kontaktierung der Proben



IKOSEZ - Innovative korrosionsbeständige Ofenwandkonstruktionen von Hochtemperaturanlagen für die Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, insbesondere in der Zement- und Kalkindustrie

Das Forschungsprojekt hat das Gesamtziel, die Spitzenstellung der deutschen Zementindustrie und des deutschen Zementanlagen- und -maschinenbaues in der Welt auch in der Zukunft zu erhalten, sie auszubauen und am prognostizierten Aufbau neuer Zementwerke und der Modernisierung alter Betriebe, insbesondere im Export, führend beteiligt zu sein.

Die Erforschung des Zusammenwirkens der feuerfesten, wärmedämmenden und metallischen Einzelbauteile der Ofenwände zur Einschränkung bis Verhinderung deren Korrosion und damit die Lebensdauererlängerung der Anlagen sind das Hauptziel des Projektes. Die Beherrschung der Korrosionsprobleme ist die Voraussetzung für die erfolgreiche und gesellschaftlich sinnvolle Nutzung der Sekundärbrennstoffe (brennbare Abfälle) in Hochtemperaturanlagen anstelle konventioneller Brennstoffe. Damit hat das Forschungsprojekt neben seinem ökonomischen Effekt geringerer Brennstoffkosten auch das ökologische Ziel der Lebensdauererlängerung von Anlagen, der Einsparung von Materialien, der Schonung von Ressourcen und der Verminderung von CO₂-Emissionen.

Koordinator: Klaus Kassau, Refratechnik Cement GmbH

Projektpartner:

- Refratechnik Cement GmbH
- AS Schöler + Bolte GmbH - FF-VK
- CALSITHERM Verwaltungs GmbH
- Lafarge Zement Karsdorf GmbH
- Stahlzentrum Freiberg e.V.
- Technische Universität Bergakademie Freiberg - Fakultät für Maschinenbau, Verfahrens- und Energietechnik - Institut für Keramik, Glas- und Baustofftechnik - Professur für Keramik
- Technische Universität Dresden - Fakultät Maschinenwesen - Institut für Werkstoffwissenschaft

Laufzeit: 01.10.2013 bis 30.09.2016

FKZ: 03X3590G

Innovative korrosionsbeständige Ofenwandkonstruktionen von Hochtemperaturanlagen für die Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, insbesondere in der Zement- und Kalkindustrie (IKOSEZ)

Prof. Dr. Ernst Schlegel, Dr. Nora Brachhold
Technische Universität Bergakademie Freiberg

Dr. Ute Bergmann, Anja Kiesewetter
Technische Universität Dresden, Institut für Werkstofftechnik

Dr. Armin Franke
Stahlzentrum Freiberg e.V., Freiberg

Dr. Tobias Wehry
Lafarge Cement Karsdorf GmbH, Karsdorf

Dr. Tobias Hölscher, Dr. Hans-Jürgen Schneider, Dr. Winfried Stellmach

Calsitherm Verwaltungs GmbH, Bad Lipspringe

Gerhard Stahl
AS Schöler + Bolte GmbH, Witten

Klaus Kassau, Dr. Johannes Södjé
Refratechnik Cement GmbH, Göttingen



Zementbrennanlage

Beweggrund:

Die steigende Verwendung von Sekundärbrennstoffen in Hochtemperaturanlagen führt vermehrt zu ungeplanten Produktionsausfällen. Die dadurch entstehenden Kosten, der materielle Mehrverbrauch sowie die Zunahme der CO₂ Emissionen zehren an den Vorteilen der Brennstoffsubstitution.



Metallische Korrosion



Infiltrierter Stein



Salzangriff auf Feuerbeton



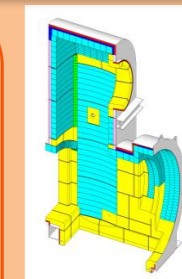
Zerstörter Behälter

Problemstellung:

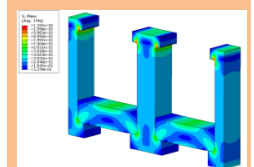
Die einsetzbaren Ersatzbrennstoffe importieren zwangsläufig unerwünschte chemische Elemente, die während des Betriebsprozesses eine Vielzahl von aggressiven Verbindungen eingehen und die feuerfeste Auskleidung der Anlagen zerstören. Ein Entgegenwirken ist nur mit hochwertigen, jedoch knappen Materialien möglich.

Zielvorstellung:

Das Ziel des Projekts ist die Erforschung des Zusammenwirkens der feuerfesten, wärmedämmenden und metallischen Einzelkomponenten der Ofenwände zur Einschränkung bis Verminderung deren Korrosion. Die Beherrschung der Korrosionsprobleme ist die Voraussetzung für die erfolgreiche und gesellschaftlich sinnvolle Nutzung der Sekundärbrennstoffe.



Feuerfeste Zustellung



FEM-
Spannungssimulation

Lösungsansätze:

- Verbesserung der thermochemischen Widerstandsfähigkeit von feuerfesten Steinen und Betonen.
- Entwicklung chemisch resistenter Wärmedämmung bei möglichst geringer Wärmeleitfähigkeit.
- Verwendung korrosionsbeständigerer metallische Werkstoffe durch alternative Legierungskonzepte.
- Schutz der metallischen Anlagen-bzw. Ofenwände der Stahlbaukonstruktion gegen elektrolytisch induzierte Korrosion
- Innovative Feuerfestkonstruktionen zur Verminderung bzw. Beseitigung von Futerschäden.

Alle Bilder mit Genehmigung der Refratechnik Cement GmbH

„Innovative korrosionsbeständige Ofenwandkonstruktionen von Hochtemperaturanlagen für die Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, insbesondere in der Zement- und Kalkindustrie“, Kennwort IKOSEZ - Teilprojekt SZF Stahlzentrum Freiberg e. V.

Industrielle Herausforderung:

- Hochtemperaturanlagen, wie die Anlagen in der Zement- und Kalkindustrie müssen extremen Belastungen infolge Temperatur und Hochtemperaturkorrosion standhalten
- Erhöhung der Ressourceneffizienz durch Materialinnovation
 - Senkung der Energie- und Materialkosten
 - Verlängerung der Lebensdauer der Hochtemperaturanlagen

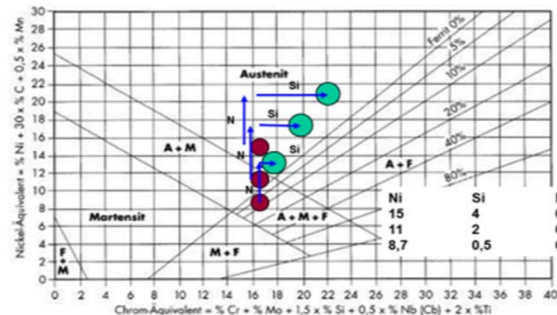


Ergebnisse:

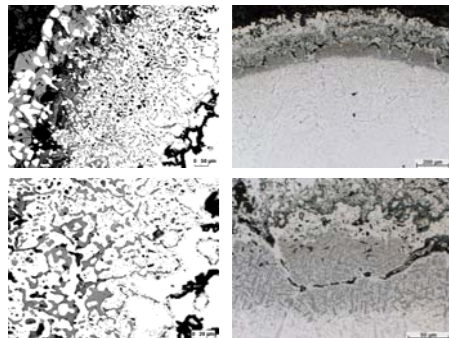
- Konzeption, Herstellung und Test von neuartigen Ankerstählen
- Charakterisierung der Mikrostruktur
- Messung von Korrosionseigenschaften Lochfraß und Passivierung
- Zeitstandfestigkeit zur Kennzeichnung des mechanischen Langzeitverhaltens
- Erhöhung der Standzeit der Anker auf 2 bis 3 Jahre



Stahlanker nach 2 jährigem Einsatz, Vergleichsmuster und nach Tiegeltest



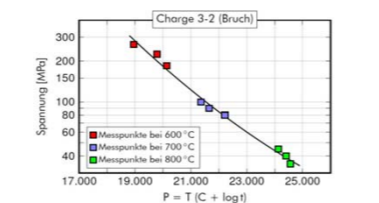
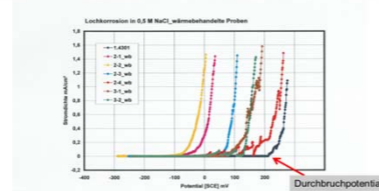
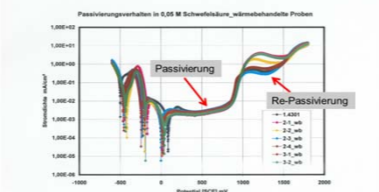
Legierungskonzepte für neue Ankerstähle, Substitution von Nickel



Mikrogefüge der neuen Ankerstähle nach Tiegeltest bzw. nach 2 jähriger Nutzung

Schlussfolgerungen:

- Neue Ankerstähle können für die Laufzeitverlängerung eine Option darstellen
- Al- und Si erhöhen die Heißkorrosionsbeständigkeit
- Ni kann durch Stickstoff teilweise substituiert werden
- Die Messergebnisse der Zeitstandfestigkeit zeigen erfolgversprechende Werte
- Die verwendeten Verfahren (Tiegel- und Gradientenofentest) können das Potenzial der Werkstoffe zeigen
- IKOSEZ als Ausgangspunkt für moderne Zustellkonzepte und konstruktive Auslegung von Ofenwänden



Ausgewählte Messergebnisse der neuen Ankerstähle, Korrosion, Zeitstandfestigkeit

Wissenschaftliche Lösung:

- Werkstoffentwicklung neuer Stähle, die den Temperaturen und der Alkali-Hochtemperaturkorrosion standhalten
- mechanisch-technologische Eigenschaften
 - Chemische Eigenschaften
 - Substitution teurer Legierungselemente

IKOSEZ – Innovative korrosionsbeständige Ofenwandkonstruktionen von Hochtemperaturanlagen für die Verbrennung von Sekundärbrennstoffen, insbesondere in der Zement- und Kalkindustrie – 03X3590F

Ziel:

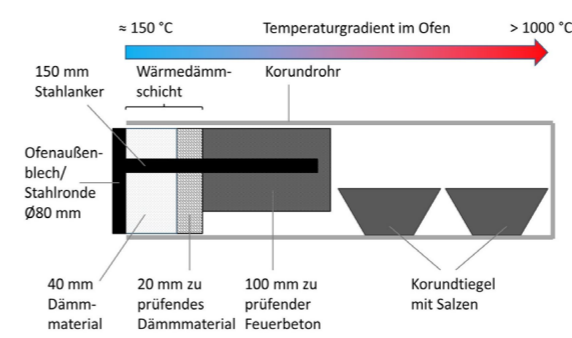
Die deutsche Zementindustrie deckt ihren thermischen Energiebedarf z. Z. zu 65 % durch die Verbrennung von Abfall (Sekundär- oder Ersatzbrennstoff), was im Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG von 2013) als „Verwertung“ bzw. „Recycling“ eingestuft ist. Dadurch werden in die Hochtemperaturanlagen erhöhte Anteile an Alkalien, Chlor und Schwefel eingeführt, die alle Ofenbauteile extrem korrodieren. Die Erforschung des komplexen Zusammenwirkens der feuerfesten, wärmedämmenden und metallischen Einzelbauteile der Ofenwände zur Verhinderung deren Korrosion und damit Lebensdauererweiterung der Hochtemperaturanlagen in der Zement- und Kalkindustrie sind das konkrete technische und wissenschaftliche Ziel.

Lösungswege:

- Entwicklung von alkalikorrosionsbeständigen anorganisch-nichtmetallischen Feuerfest- und Wärmedämmstoffen und deren Herstellungsverfahren in Kooperation mit den Forschungspartnern
- Entwicklung und Durchführung einfacher Prüfverfahren:
 - Tablettest zur Prüfung der Reaktion mit Alkalisalzen
 - Tiegeltest zur Prüfung der Alkalibeständigkeit von Anker-Stählen
 - Gradientenofentest zur Prüfung eines Ofenwandsegments mit Ofenaußenblech, Stahlanker, Wärmedämmung, Feuerfestwerkstoff
 - Post-mortem-Untersuchungen nach Einsatz der neu entwickelten Werkstoffe im Zementofen des Partners OPTERRA Karsdorf

Bisherige Ergebnisse:

- Entwicklung alkalikorrosionsbeständiger Hochtemperatur-Wärmedämmstoffe auf der Basis von Kalziumsilikaten oder -aluminaten mit nachgewiesener mehrjähriger Haltbarkeit im Industrie-Zementofen in Kooperation mit dem Partner CALSITHERM
- Nachweis der Herstellbarkeit und Alkalibeständigkeit von wärmedämmenden Werkstoffen auf der Basis von synthetischen Feldspäten
- Nachweis der Reproduzierbarkeit der Alkalikorrosion der industriellen Praxis im Gradientenofen: Alle neuentwickelten Werkstoffe dürfen erst in Industrieöfen eingebaut werden, wenn sie den Test im Gradientenofen bestanden haben. Dadurch wurde in den Versuchsfeldern im Industrieofen noch nie eine Havarie herbeigeführt. Dies ist eine unbedingte Voraussetzung für die Genehmigung der Betreiber zum Einbau in deren Industrieöfen.



Schematischer Aufbau des Gradientenofentests



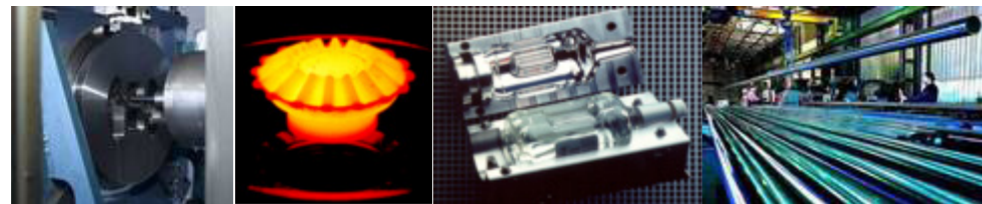
Aufgesägte Probe nach einem Korrosionszyklus im Gradientenofen



Zementofen mit Versuchsfeldern



IP-Werkzeugstahl-Alternative Legierungskonzepte für Werkzeugstähle: Substitution von sonderkarbidbildenden Elementen durch intermetallische Phasen



Quellen : Deutsche Edelstahlwerke GmbH und IEHK Aachen

Das Ziel dieses Vorhabens ist die Entwicklung neuer Werkzeugstähle, die ihre spezifischen Eigenschaften mit Hilfe ausgewählter intermetallischer Phasen, auf Basis nichtkritischer Elemente erhalten, um den Einsatz von seltenen und z.T. nur schwer zugänglichen Rohstoffen zu reduzieren. Werkzeugstähle weisen ein spezifisches Eigenschaftsprofil auf, welches sich durch eine hohe Härte, Warmfestigkeit und Verschleißbeständigkeit beschreiben lässt.

Derzeit werden diese Eigenschaften mit Hilfe von karbidbildenden Legierungselementen wie Chrom, Molybdän, Wolfram, Vanadium und Niob sowie durch die Verwendung des Elementes Kobalt eingestellt. Studien belegen, dass die meisten der genannten Elemente zu den kritischen Rohstoffen gehören, deren Verfügbarkeit mittel bis langfristig für Europa nicht gesichert ist.

In früheren Untersuchungen wurde gezeigt, dass neben diesem klassischen Ansatz der Härtesteigerung ebenfalls die Möglichkeit besteht, intermetallische Ausscheidungen zur Festigkeitssteigerung zu nutzen. Ende der 70er und 80er Jahre wurden unter dem Oberbegriff der Maraging-Stähle bereits neue Werkstoffe bis zur industriellen Einsetzbarkeit entwickelt, die ihre Eigenschaften durch die Ausscheidung intermetallischer Phasen erlangen, jedoch ebenfalls hohe Gehalte an Molybdän und Kobalt enthalten.

Die Schwerpunkte der erforderlichen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sind im Rahmen des Verbundprojekts wie folgt unterteilt:

- Die Herstellung von Laborschmelzen sowie die Charakterisierung der erzeugten Werkstoffe werden am Institut für Eisenhüttenkunde der RWTH-Aachen durchgeführt.
- Die Deutsche Edelstahlwerke GmbH übernimmt die Umsetzung ausgewählter Legierungskonzepte in die industrielle Praxis,
- Im Institut für Umformtechnik der FH-Südwestfalen Iserlohn werden neben unterstützenden Prüfaufgaben im Wesentlichen Verschleißuntersuchungen, sowohl an Versuchswerkstoffen, als auch an eingesetzten Werkzeugen durchgeführt.

Koordinator: Prof. Wolfgang Bleck, Rheinisch Westfälische Technische Hochschule Aachen - Lehrstuhl und Institut für Eisenhüttenkunde

Projektpartner:

- Rheinische-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Deutsche Edelstahlwerke GmbH
- Fachhochschule Südwestfalen

Laufzeit: 01.02.2013 bis 31.07.2016

IP-Werkzeugstahl

Reduktion ressourcenkritischer Legierungselemente in Warmarbeitsstählen

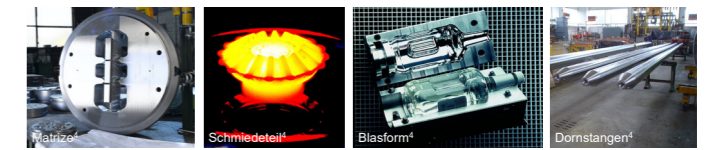
A. Zimmermann, W. Bleck, C. Danisch^b, K. Eger^c, G. Troost^d, F. Wendl^d

Motivation und Zielsetzung

Warmarbeitsstähle werden bei formgebenden Fertigungsverfahren, wie dem Gesenkschmieden, Druckgießen oder Strangpressen eingesetzt. Ihre anwendungsspezifischen Eigenschaften erhalten die Stähle durch die enthaltenen Legierungselemente Chrom, Molybdän, Vanadium und Wolfram, die Karbidausscheidungen bilden und dadurch eine hohe Temperaturstabilität sowie Verschleißbeständigkeit des Werkzeugwerkstoffes gewährleisten. Bei sehr hoch beanspruchten Werkzeugen wird zudem das Element Cobalt verwendet, um die thermische Stabilität weiter zu erhöhen.

Einem Bericht der Europäischen Kommission aus dem Jahr 2014 zur Folge, sind jedoch insbesondere die Elemente Chrom, Cobalt und Wolfram als kritisch in Bezug auf ihre mittel- bis langfristige Verfügbarkeit zu bewerten. Dabei zählen politische Unsicherheiten in den jeweiligen Förderländern, sowie die Konzentration der Rohstoffe auf wenige Abbaugelände zu den Faktoren, die eine ausreichende Verfügbarkeit nicht sicher gewährleisten.

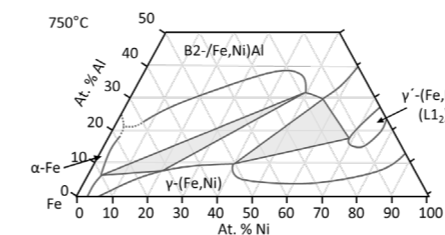
Die Zielsetzung des Verbundvorhabens besteht darin, den Anteil der ressourcenkritischen karbidbildenden Elemente zu verringern und diese durch den Einsatz intermetallischer Phasen auf Basis leichter verfügbarer Rohstoffe zu substituieren.



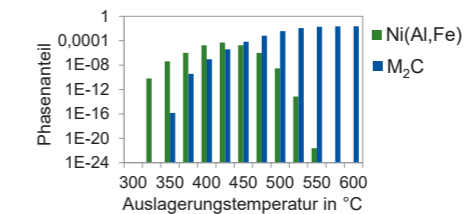
| Element | Cobalt | Chrom | Molybdän | Vanadium | Wolfram |
|----------------------------------|--|--|---|--|---|
| Hauptförderländer ^{1,2} | 2010-2012: Kongo 56% China 6% Russland 6% Sambia 6% | 2010-2012: Südafrika 43% Kasachstan 20% Indien 13% | 2009: China 38% USA 25% Chile 16% | 2008: China 36% Südafrika 36% Russland 26% | 2008: China 85% Russland 4% Bolivien 2% |

| Typische Legierungsmassanteile in Warmarbeitsstählen ³ | Cobalt | Chrom | Molybdän | Vanadium | Wolfram |
|---|-----------|----------|----------|----------|---------|
| | bis 4,5 % | 1 – 12 % | bis 5 % | bis 2 % | bis 9 % |

¹ European Commission, The European Critical Raw Materials review, Brussels, 2014. ² European Commission, Critical raw materials for the EU: Report of the Ad-hoc Working Group on defining critical raw materials, 2010. ³ E. Moeller, Handbuch Konstruktionswerkstoffe: Auswahl, Eigenschaften, Anwendung, 2., überarb. Auflage, Hanser, München, 2014. ⁴ Bildquelle: Deutsche Edelstahlwerke GmbH.



Phasendiagramm Fe-Ni-Al bei 750°C.⁵



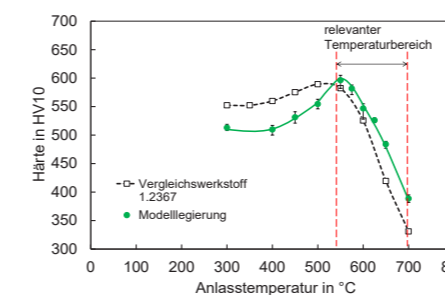
MatCalc Ausscheidungssimulation.

Lösungsansatz

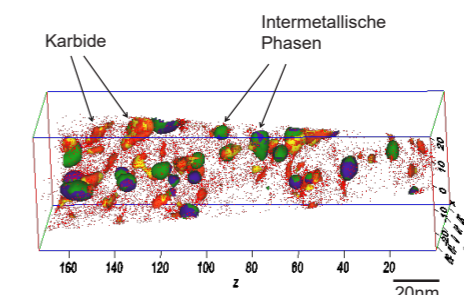
Im ternären System Fe-Ni-Al zeigt sich eine Mischungslücke, die eine Ausscheidungshärtung über die intermetallische B2 Phase in der α -Fe Matrix ermöglicht.

Die Elemente Ni und Al zählen nicht zu den Karbidbildnern, wodurch eine Ausscheidung der intermetallischen Phase neben Karbiden ermöglicht wird. Eine thermodynamische Simulation zeigt die Ausscheidung neben M_2C Karbiden.

Auf dieser Basis wurden geeignete Legierungszusammensetzungen mit verringerten Karbidgehalten und der Ausscheidung intermetallischer Phasen bestimmt.



Anlassbeständigkeit einer Modelllegierung im Vergleich zum Warmarbeitsstahl 1.2367.



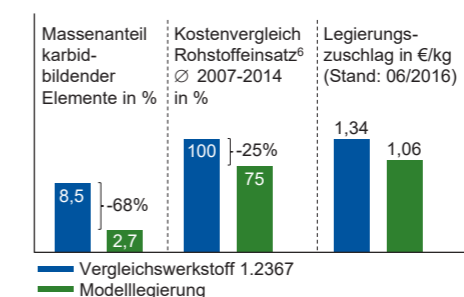
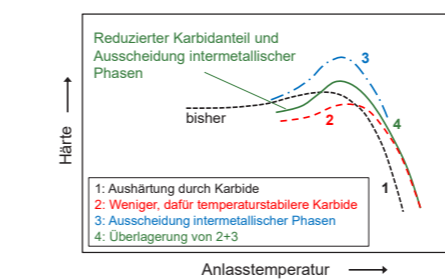
Atomsondentomographie – Gefügestruktur einer Modelllegierung im vergüteten Zustand.

Ergebnisse

In einer Modelllegierung wurde der Anteil karbidbildender Elemente um 68% gegenüber dem Warmarbeitsstahl 1.2367 verringert und durch die intermetallische B2 Phase substituiert. Am Beispiel der Anlassbeständigkeit zeigt sich, dass durch die Ausscheidungskombination eine gesteigerte Anlassbeständigkeit gegenüber dem Vergleichswerkstoff erzielt werden konnte.

Weitere wichtige Eigenschaften, wie die Wärmeleitfähigkeit, Daueranlassbeständigkeit, Festigkeit, Zähigkeit und Thermoschockbeständigkeit erreichen ebenfalls das Anforderungsniveau der Warmarbeitsstähle.

Eine Charakterisierung der Gefügestruktur mittels Atomsondentomographie zeigt die Ausscheidung intermetallischer Phasen neben Karbiden im nm-Maßstab.



Fazit

Neben der Einsparung ressourcenkritischer Elemente und Legierungskosten wurden attraktive Werkstoffeigenschaften durch die Ausnutzung synergistischer Aushärtungseffekte erzielt.

Der Anteil karbidbildender Elemente konnte um 68%, die Legierungskosten um mehr als 20%, im Vergleich zum Warmarbeitsstahl 1.2367, gesenkt werden.

Weitere Quellen:
⁵ Eleno, L. et al.: Intermetallics 14 (2006), S. 1276
⁶ Sauter Edelstahl / www.metalprices.com, Stand: 07/2014

Dipl.-Ing. Alexander Zimmermann

Partner

Telefon: +49 241 80-98075
E-Mail: alexander.zimmermann@iehk.rwth-aachen.de

IFU Institut für Umformtechnik



DEUTSCHE EDELSTAHLWERKE
Providing special steel solutions



Fachhochschule Südwestfalen
University of Applied Sciences

Bundesministerium für Bildung und Forschung

KataPlasma - Hydroformylierung mit homogenen Katalysatoren geträgert auf plasmafunktionalisierten Materialien



Der Pilot-Schleifenreaktor der Miltitz Aromatics GmbH als Pilotanlage für Hydroformylierungen. Quelle: Miltitz Aromatics GmbH, im Dezember 2015

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines ressourceneffizienten Verfahrens zur Herstellung von Oxo-Produkten, einer wichtigen und wirtschaftlich sehr bedeutenden Klasse von Plattformchemikalien für z.B. Riechstoffe und Weichmacher. Dies soll durch die Verwendung neuartiger heterogener Katalysatorsysteme ermöglicht werden. Dabei sollen Fortschritte bei der derzeit homogen durchgeführten Hydroformylierung von Olefinen zu entsprechenden Aldehyden erreicht und so weitreichende Verfahrensinnovationen in der Chemischen Industrie realisiert werden.

Das wissenschaftliche Gesamtziel besteht in einem neuartigen Katalysekonzept, bei dem Vorzüge der homogenen Katalyse mit denen der heterogenen Katalyse kombiniert werden sollen. Folgende wissenschaftlich-technischen Teilziele werden angestrebt: Variable Herstellung von funktionalisierten organischen und anorganischen Trägermaterialien durch gezielte Behandlung mit Niedertemperaturplasmen, Fixierung von homogenen Katalysatoren an diesen heterogenen Oberflächen, Screening in verschiedenen Hydroformylierungsreaktionen, analytische und theoretische Durchdringung des Wechselspiels zwischen Katalysatorbereitung und Katalyseeigenschaften und darauf basierende Optimierung, Scale-up der Katalyse zur Herstellung von Fein- und Bulkchemikalien.

Die wirtschaftlichen Ziele des Projektes liegen im Bereich der Ressourcen- und Energieeffizienz. Heterogene Katalysatoren bieten die Möglichkeit, durch standardisierte effiziente Trennverfahren wie z.B. Filtration, wiedergewonnen und anschließend erneut in den Katalysezyklus zurückgeführt zu werden. Damit kann der sehr teure und energieintensiv hergestellte Katalysator mehrfach verwendet werden. Außerdem wird der Einsatz von Edelmetallen wie Rhodium, das immer noch die zentrale Rolle in der Hydroformylierung spielt, durch das Recycling drastisch reduziert. Zudem verringert sich durch den Einsatz heterogener Katalysatoren auch der Energieaufwand, der zur Gewinnung des gewünschten Aldehyds aus dem Reaktionsgemisch erforderlich ist. Der Prozess wird so insgesamt nachhaltiger, ressourcenschonender und wirtschaftlicher.

Koordinator: Prof. Dr. Robert Franke, Evonik Performance Materials GmbH, Marl (Dr. Marc Oliver Kristen)

Projektpartner:

- Evonik Performance Materials GmbH, Marl
- Miltitz Aromatics GmbH
- Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock
- Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e. V. (INP Greifswald)

Laufzeit: 01.06.2016 – 31.05.2019

FKZ: 03XP0060

KataPlasma – Hydroformylierung mit homogenen Katalysatoren geträgert auf plasmafunktionalisierten Materialien

M. König^a, C. Kubis^a, A. Börner^a, M. Hertrich^a, R. Jackstell^a, M. Beller^a, V. Brüser^b, S. Peglow^b, A. Brächer^c, M.-O. Kristen^c, D. Hess^c, R. Franke^c, J. Haßelberg^d, A. Petri^e, S. Müller^e.

^a Leibniz-Institut für Katalyse e.V. (LIKAT) an der Universität Rostock, Albert-Einstein-Straße 29a, 18059 Rostock
^b Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. (INP), Felix-Hausdorff-Straße 2, 17489 Greifswald
^c Evonik Performance Materials GmbH, Paul-Baumann-Str. 1, 45772 Marl
^d Evonik Technology & Infrastructure GmbH, Paul-Baumann-Straße 1, 45772 Marl
^e Miltitz Aromatics GmbH, ChemiePark Bitterfeld-Wolfen, 06803 Bitterfeld-Wolfen

Hintergrund

Die Hydroformylierung oder Oxosynthese ist eine chemische Reaktion zur Umsetzung von Alkenen (z.B. Erdöl-Crackprodukte) mit Synthesegas zu Aldehyden. Sie verläuft gewöhnlich bei erhöhtem Druck und erhöhter Temperatur in Gegenwart eines homogenen Katalysators.

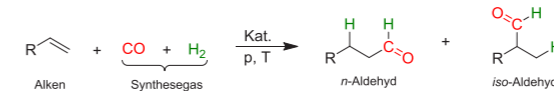


Abb. 1: Allgemeines Reaktionsschema der Hydroformylierung

Mit einer weltweiten Jahresproduktion von >10 Mio. t Aldehyden stellt die Hydroformylierung gegenwärtig eine der bedeutendsten homogen-katalysierten Transformationen dar [1]. Die gebildeten Aldehyde und deren Folgeprodukte (z.B. Alkohole, Ester, Amine, Carbonsäuren) werden unter anderem in der Produktion von Kunststoffen, Riechstoffen, Feinchemikalien, Tensiden und Lösungsmitteln eingesetzt.

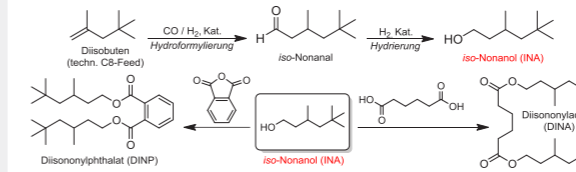


Abb. 2: Der Oxo-Alkohol iso-Nonanol ist eine wichtige Vorstufe für die Weichmacher DINP und DINA (Einsatz u.a. in PVC, Gummi, Farben / Lacken, Klebstoffen, Dichtmitteln)

Problemstellung

In großtechnischen Prozessen wird die Hydroformylierung durch die Übergangsmetalle Cobalt oder Rhodium katalysiert, wobei die Metallkomplexe teilweise mit phosphororganischen Liganden modifiziert werden [2]. Der Einsatz von Rh erfordert angesichts des volatilen Preises sowie begrenzter Ressourcen eine effiziente Katalysatorabtrennung wie z.B. Destillation der Produktströme. Eine vollständige Rückgewinnung des hochaktiven Edelmetalls ist in der Praxis jedoch nicht möglich. Die Anwendung heterogener bzw. immobilisierter Katalysatorsysteme und deren Einsatz in Festbettreaktoren wurde in der Produktion bislang nicht realisiert.

Die Innovation von *KataPlasma* besteht in der plasmachemischen Oberflächenmanipulation organischer und anorganischer Träger mit nachfolgender Immobilisierung wohldefinierter Katalysatorsysteme. Die erzeugten Materialien werden hinsichtlich ihrer katalytischen Leistungsfähigkeit sowie ihrer Langzeitstabilität untersucht, wobei die Minimierung von Edelmetallverlusten im Fokus der Betrachtungen steht.

Projektpartner INP Greifswald

Das INP in Greifswald verfügt über langjährige Erfahrung auf dem Gebiet der Plasmatechnologie. Dort erfolgt die Behandlung und Funktionalisierung verschiedener Trägermaterialien mit Niedertemperaturplasmen im Drehtrommel- oder Rüttelreaktor. Abhängig von den gewählten Reaktionsbedingungen verschiedene Vorgänge auf der Trägeroberfläche denkbar, wie beispielsweise

- Funktionalisierung mit Ankergruppen (-OH, -NH₂, -COOH...)
- Polymerisation von Monomeren
- Partielle Verkapselung aufgebracht Bausteine in der Trägermatrix

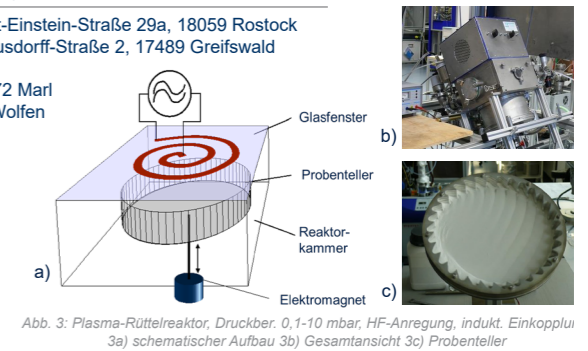


Abb. 3: Plasma-Rüttelreaktor, Druckber. 0,1-10 mbar, HF-Anregung, indukt. Einkopplung 3a) schematischer Aufbau 3b) Gesamtansicht 3c) Probenteller

Projektpartner LIKAT Rostock

Am LIKAT sind die Kompetenzen zur praxisnahen Katalysatorforschung und -entwicklung gebündelt. Die Kernstrategie besteht in der Immobilisierung etablierter und wohl definierter, homogener Katalysatoren unter Einbeziehung der Plasmatechnologie (Abb. 4) [4]. Im Anschluss erfolgt eine umfangreiche Untersuchung und Charakterisierung der hergestellten Materialien hinsichtlich ihrer katalytischen Leistungsfähigkeit. Der Einsatz von in-situ-Spektroskopie soll darüber hinaus Informationen über die am arbeitenden Katalysator ablaufende Prozesse liefern. Verfolgte Ansätze zur Katalysatorimmobilisierung:

- A – Trägerung monomerer, Plasma-polymerisierbarer Liganden [5]
- B – Immobilisierung an plasmafunktionalisierten Oberflächen

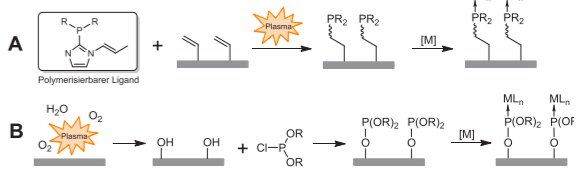


Abb. 4: Strategien zur Katalysatorimmobilisierung unter Anwendung von Plasma; R = organischer Rest, L = Ligand, M = Katalysatormetall

Projektpartner Evonik / Miltitz Aromatics

Evonik ist mit einem Umsatz von 13,5 Mrd. € und 33.576 Mitarbeitern (2015) einer der führenden Produzenten von Spezialchemikalien. Z den Kompetenzen des Konzerns zählt die Hydroformylierung, welche das Unternehmen im Kilotonnen-Maßstab durchführt. Diese Weiterentwicklung sichert den technologischen Vorsprung und begründet die Kooperation im Rahmen von *KataPlasma*.

Miltitz Aromatics ist ein mittelständischer Produzent von Aromastoffen. Da eine Vielzahl von Duftstoffen eine Aldehydfunktion trägt, ist die Etablierung der Hydroformylierung in Kombination mit einem ökonomischen Katalysatoreinsatz für das Unternehmen von strategischem Interesse.



Abb. 5: Technikumsanlage (Miltitz)

Im Rahmen von KataPlasma werden durchgeführt:

- In-silico-Betrachtungen komplementär zur operando-Spektroskopie
- Parallel-Screeningversuche, ggf. mit technischen Olefin-Feeds
- Testungen im Technikumsmaßstab → Upscale
- Ökonomische und ökologische Bewertungen im Hinblick auf das Anwendungspotential der entwickelten Katalysatoren

[1] a) R. Franke, D. Selent, A. Börner *Chem. Rev.* **2012**, *112*, 5675. b) A. Börner, R. Franke, *Hydroformylation. Fundamentals, Processes, and Application in Organic Synthesis*, Wiley-VCH, 2016.
 [2] a) D. Evans, J. A. Osborn, G. Wilkinson, *J. Chem. Soc. A*, **1968**, 12, 3133. b) R. L. Pruiett, J. A. Smith, *J. Org. Chem.* **1969**, *34*, 327.
 [3] a) J. Yang, X. Wang, X. Wang, R. Jia, J. Huang, *J. Phys. Chem. Solids* **71** (2010), 448. b) C. Walter, V. Brüser, A. Quade, K.-D. Weltmann, *Plasma Process. Polym.* **2009**, *6*, 803.
 [4] a) I. Fleischer, K. M. Dyballa, R. Jennerjahn, R. Jackstell, R. Franke, A. Spannenberg, M. Beller, *Angew. Chem.* **2013**, *125*, 3021. b) I. Fleischer, L. Wu, I. Proff, R. Jackstell, R. Franke, M. Beller, *Chem. Eur. J.* **2013**, *19*, 10589.
 [5] a) R. V. Jagadeesh, G. Wienhofer, F. A. Westerhaus, A. E. Surkus, M. M. Pohl, H. Junge, K. Junge, M. Beller, *Chem. Commun.* **2011**, *47*, 10972. b) R. V. Jagadeesh, H. Junge, M. M. Pohl, J. Radnik, A. Brückner, M. Beller, *J. Am. Chem. Soc.* **2013**, *135*, 10776. c) D. Banerjee, R. V. Jagadeesh, K. Junge, M. M. Pohl, J. Radnik, A. Brückner, M. Beller, *Angew. Chem.* **2014**, *53*, 4359.

Leibniz-Institut für Katalyse e.V.



GEFÖRDERT VOM
 Bundesministerium
 für Bildung
 und Forschung
 FKZ: 03XP0060C



Leibniz-Institut für Katalyse e.V.
 an der Universität Rostock (LIKAT)
 Albert-Einstein-Str. 29a
 18059 Rostock
 Tel.: + 49 (0) 381/1281-35
 Fax: + 49 (0) 381/1281-5135
 matthias.koenig@catalysis.de

KomMa - Nanoskalige Seltenerd-freie Magnete und Magnetkomposite

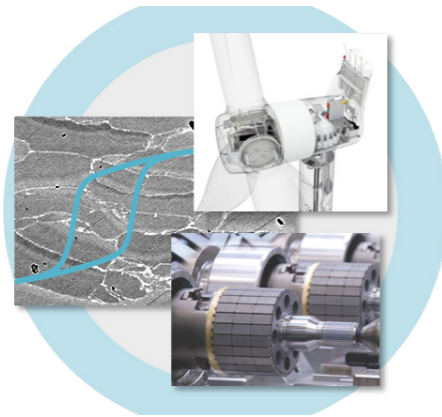


Abbildung 1 Mikrostruktur und Anwendungen für Permanentmagnete (Quelle: Siemens AG)

Das Verbundvorhaben KomMa setzt sich zum Ziel, neuartige werkstoffliche Konzepte für Magnetwerkstoffe zum Einsatz in Stromgeneratoren (u.a. für Windkraftanlagen) und Elektromotoren (u.a. für Elektrofahrzeuge) zu erforschen und zu erproben. Dadurch soll der Bedarf an Seltenerd-basierten Permanentmagneten reduziert werden. Fernziel ist es, diese vollständig durch neue Permanentmagnete zu ersetzen. Magnetwerkstoffe und insbesondere Permanentmagnete sind wesentliche Leistungskomponenten in heutigen elektrischen Systemen wie z.B. Elektromotoren für die Industrieautomatisierung und Generatoren für die Energiewandlung. Es wird erwartet, dass der zukünftige Bedarf leistungsfähiger und kostengünstiger Permanentmagnete durch den Ausbau der regenerativen Energien, vorwiegend der Windenergie, und der Elektromobilität überproportional anwachsen wird. Heutige Hochleistungs-Permanentmagnete basieren ausschließlich auf intermetallischen Verbindungen der Seltenerd-Metalle im System Nd-Fe-B und unterliegen deshalb bezüglich Preisvolatilität, Versorgungs- und Ressourcensituation der Seltenerd-Problematik. Die begrenzte Verfügbarkeit von Neodym und dem als zusätzlichem Legierungselement benötigten Dysprosium macht es dringend erforderlich, nach Alternativen zu Seltenerd-basierten permanent-magnetischen Werkstoffen zu suchen bzw. an einer Minderung der benötigten Menge an Seltenen Erden (insbes. Dy und Nd) zu arbeiten. Der Lösungsansatz des Projekts beruht auf der Entwicklung neuer hartmagnetischer Materialsystemen im Nanometerbereich nach dem Konzept der Austauschwechselwirkung so kombiniert werden, dass der Anteil an Seltenen Erden vollständig vermieden oder zumindest reduziert werden kann. Ein besonders großes Potential für Seltenerd-freie Permanentmagnete wird in der internationalen Forschung einem speziellen Eisen-Nitrid zugewiesen. Dieses System eignet sich sowohl als eigenständiger Magnetwerkstoff als auch als Komponente für die angeführten austauschgekoppelten Magnete. Dabei ist aus Sicht der Materialeffizienz und Verfügbarkeit der Rohstoffe entscheidend, dass das ferromagnetische Basismaterial Eisen praktisch unbegrenzt verfügbar ist. Obwohl in Dünnschichtsystemen bereits erfolgreich eingesetzt sind für die Herstellung von Eisen-Nitrid-basierten Volumenmagneten noch einige Herausforderungen zu meistern.

Koordinator: Dr. Michael Krispin, Siemens Aktiengesellschaft - Corporate Technology - CT RTC MAT MSR

Projektpartner:

- Siemens Aktiengesellschaft - Corporate Technology - CT RTC MAT MSR
- TRIDELTA Hartferrite GmbH
- Technische Universität Darmstadt - Fachbereich Material- und Geowissenschaften - FG Funktionale Materialien
- Ernst-Abbe-Fachhochschule Jena - Fachbereich SciTec

Laufzeit: 01.05.2013 bis 30.04.2016

FKZ: 03X3582

TRIDELTA

Ernst-Abbe-Hochschule Jena
University of Applied Sciences

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

KomMa – Nanoskalige Magnete und Magnetkomposite

F. Rhein^{†, #}, R. Karmazin[†], M. Krispin[†]

[†]Siemens AG – Corporate Technology, München
[#]Technische Universität Darmstadt – Fachbereich Material- und Geowissenschaften – FG Funktionale Materialien

Motivation

Hochleistungspermanentmagnete basieren ausschließlich auf intermetallischen Verbindungen der Seltenerd-Metalle (SE) im System Nd-Fe-B bzw. Sm-Co und unterliegen deshalb bezüglich Preisvolatilität, Versorgungs- und Ressourcensituation der Seltenerd-Problematik.

Mit dem Ausbau von Elektromobilität und erneuerbaren Energien wird die Nachfrage an Hochleistungspermanentmagneten weiter steigen.

- ➔ Reduktion des Bedarfs an Seltenerd-basierten Permanentmagneten und Erhöhung des Anteils Seltenerd-freier Permanentmagnete

Zielstellung

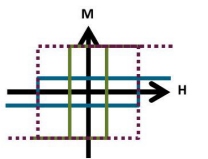
Neuartige werkstoffliche Konzepte für Permanentmagnete auf Basis von **Hartferriten** und Eisennitriden für den Einsatz in Generatoren und Elektromotoren.

Vorteile:

- Unkritische Rohstoffe (Fe_2O_3 , $SrCO_3$, N_2)
- Kostengünstiger Herstellungsprozess von Ferriten im Vergleich zu Seltenerd-basierten Magneten

Ansätze:

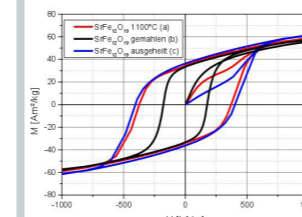
1. Optimierung von Hartferriteigenschaften
2. Synthese von Eisennitrid -basierten Magnetwerkstoffen
3. Kompositmagnete aus
 - optimiertem Hartferrit
 - Material mit hoher Magnetisierung (z.B. Fe)



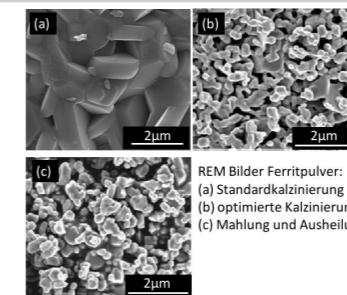
Optimierung der magnetischen Eigenschaften von Hartferritpulvern

Prozessoptimierung:

- (b) Hochenergiemischung und reduzierte Kalzinierungstemperatur
- (c) Hochenergetische Mahlung und Temperung in NaCl



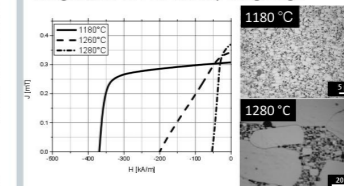
Neukurve und Hysteresekurve der untersuchten Ferritpulver



Verbesserung der magnetischen Kennwerte H_c und M_s durch die verbesserte Phasenbildung von nanoskaligen homogenen Ferritpartikeln

Untersuchung innovativer Kompositansätze und druckunterstützter Sinterverfahren

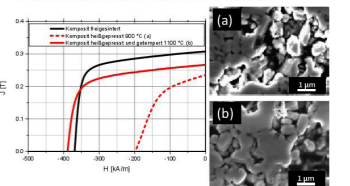
Freigesinterte Ferritkompositgefüge



Entmagnetisierungskurven und Lichtmikroskopie-Bilder der Gefüge in Abhängigkeit von der Sinter Temperatur

- Verbesserung der Koerzitivfeldstärke durch Zugabe von Al substituierten Hexaferrit
- Erhöhte Koerzitivfeldstärke für Gefüge mit Korngrößen < 2 μm

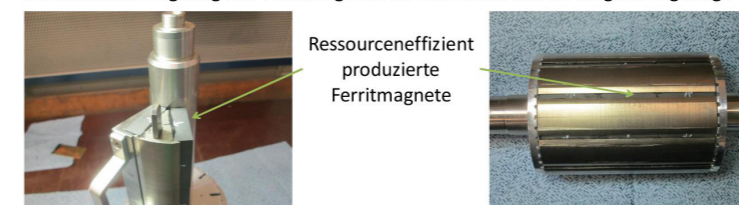
Druckunterstützte Sinterverfahren



- Weitere Erhöhung der Koerzitivfeldstärke, Korngrößen < 1 μm
- Temperung notwendig zur Ausheilung von Verspannungen und Defekten

Demonstration der Leistungsfähigkeit von Ressourceneffizienten Ferritmagneten in einem Motor

- Aufbau eines Motors (7kW) mit verbesserten Ferritmagneten aus KomMa von Tridelta
- Motordesign optimiert in Hinblick auf Ferriteigenschaften
- Hohes Drehmoment von 120Nm erreicht
- Motorleistung geringfügig schwächer als mit SE-Magneten
- Grundsätzliche Eignung der Ferritmagnete für den Ersatz von SE-Magneten gezeigt



Ausblick

- Entwicklung endkonturnaher Kompaktierungstechnologien für hochperformante Ferrit- und Magnetpulver
- Weiterentwicklung von Motordesigns für den Einsatz von Ferritmagneten anstelle von SE-Magneten

MatResource

FKZ 03X3582A

GEFÖRDERT VOM
Bundesministerium für Bildung und Forschung

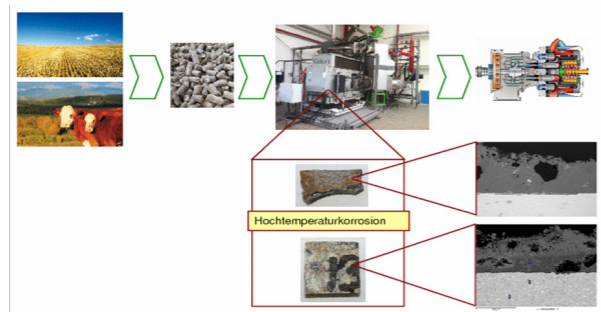


Abb.: Prozesskette vom Reststoff zum „Wertstoff“ Energie. Der Projektfokus liegt auf der Entwicklung korrosionsstabiler Werkstoffsysteme und der Untersuchung des Korrosionsverhaltens.

Die Vergasung von Biomasse hat das Potential, im Mix der Techniken zur Energiebereitstellung aus regenerativen Quellen eine wichtige Stellung einzunehmen. Von Vorteil ist die witterungs- und jahreszeitunabhängige Energieumwandlung, da die entstehende Wärme und der Strom verbrauchsangepasst erzeugt werden können. Damit hebt sich die Biomassevergasung ganz entscheidend von den anderen regenerativen Energiebereitstellungsverfahren ab. Im Gegensatz zur reinen Verbrennung werden bei der Vergasung brennbare Gase erzeugt, die unmittelbar zur Energiebereitstellung (Verbrennung) weiter genutzt oder auch nach Reinigung in Netze oder Speicher eingespeist werden können und somit zu einer bedarfsgerechten, grundlaststabilen Energieversorgung beitragen. Als Biomasse können neben Holz auch andere Energiepflanzen sowie biogene Reststoffe oder kohlenstoffreiche Fraktionen verwertet werden, die als kommunale Abfälle anfallen. Bedingt durch die biogenen Festbrennstoffe die in Biomassevergasungsanlagen verwendet werden, gelangen teilweise merkliche Chlor- und Schwefelkonzentrationen in den Prozesskreislauf, was zu einer beschleunigten Materialabzehrung durch Korrosionsvorgänge führt. Erschwerend kommt hinzu, dass in Biomassevergasungsanlagen in räumlich eng begrenzten Zonen mit sehr unterschiedlichen Temperaturen unter reduzierenden, in Teilbereichen unter Umständen auch unter oxidierenden Bedingungen gearbeitet wird.

Die Problematik der Hochtemperaturkorrosion ist daher sehr ausgeprägt und kann den wirtschaftlichen Betrieb solcher Anlagen stark beeinträchtigen. Nach wie vor fehlt am Markt mindestens ein geeigneter Werkstoff, der für die Herstellung der relevanten Teile von Biomassevergasungsreaktoren geeignet ist. Insbesondere Luftereinleitungsbauwerke für Festbettvergaser mit Luft als Vergasungsmittel stellen derzeit noch eine Herausforderung dar. Im Projektvorhaben sollen zum einen Werkstoffsysteme entwickelt werden, die eine Lebensdauererweiterung solcher durch Hochtemperaturkorrosion belasteten Bauteile ermöglichen. Des Weiteren soll ein Beitrag zum Verständnis der Korrosionsvorgänge und -prinzipien geleistet werden mit dem Ziel, über die bloße Bereitstellung eines geeigneten Werkstoffes hinaus, Möglichkeiten zur Erweiterung der Werkstoffpalette für ähnliche Anwendungen zu schaffen.

Koordinator: Dr. Manfred Hülscher, Qalovis GmbH – Abteilung Verfahrenstechnik

Projektpartner:

- Qalovis GmbH – Abteilung Verfahrenstechnik
- Deutsche Edelstahlwerke GmbH – Abteilung Sonderwerkstoffe
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung, IFAM Institutsteil Dresden
- Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik, UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg

Laufzeit: 01.07.2013 – 30.06.2016

FKZ: 03X3585C

BMBF-Projekt „KorrMat“ - Korrosionsbeständige Materialien für die Biomassevergasung

Teilprojekt der Qalovis GmbH: Definition der Belastungssituation und Auslagerungen unter Realbedingungen

Ausgangssituation:

- Biomasse ist die einzige regelbare erneuerbare Energie im Strommarkt, im Gegensatz zu Sonne und Wind. Verstromung von Biomasse ist aber immer an das BHKW-Prinzip gebunden. Für feste Biomassen führt der effektivste Weg zur Stromerzeugung über die thermochemische Vergasung.
- Aufgrund von Prozesstemperaturen über 800 °C, abgesenktem Sauerstoffpartialdruck im Reaktor, komplexen Aschezusammensetzungen und einigen Problemelementen im Brennstoff (Kalium, Schwefel, Chlor) kommt es zu ausgeprägten und komplexen Hochtemperaturkorrosionserscheinungen, insbesondere an kritischen Bauteilen wie z.B. den Luftereinleitungsbauwerken.
- Cr-Schichtbildner zeigen nach Qalovis-Erfahrungen nicht ausreichende Beständigkeit, in Blechlegierungen findet man aus schmelz- und schweißtechnischen Gründen keine ausreichend hohen Al- oder Si-Gehalte für entsprechend beständige Schutzschichten. Daher Aufbau eines Projektkonsortium bestehend aus Anlagenbauer, Werkstoffherstellern und Forschungsinstituten mit Fokus auf pulvermetallurgische Alternativen.

Ermittlung und Beschreibung der korrosionsrelevanten Parameter im Prozess:

- **Qalovis Q-PowerGen-System:** Festbettreaktor mit Feststoffbewegung von oben nach unten und Luftinjektion auf verschiedenen Höhen, Stromerzeugung über Stirling-Motor mit Rekuperator.
- Ermittlung von Gaszusammensetzungen, Ascheinhaltstoffen und Temperaturen mit dem Ziel, die Bedingungen in den Laboren der Partner nachzustellen. → Miniaturisierung und Effizienzsteigerung für das Werkstoffvorscreening.



Abb. 1: Versuchs- und Demonstrationsanlage des Q-PowerGen

Tabelle 1: Gaszusammensetzungen in Anlage und Labortests

| Gas | Messungen Holz | Messungen andere Brennstoffe** | Festlegung Laboratmosphäre |
|------------------|------------------|--------------------------------|----------------------------|
| CO | 17,3 - 21,9 | 17,2 - 18,7 | 18,5 |
| CO ₂ | 12,3 - 16,0 | 12,8 - 16,8 | 12 |
| H ₂ | 7,0 - 12,8 | 10,4 - 13,4 | 10 |
| CH ₄ | 5,8 - 9,8 | 5,2 - 10,2 | 5 |
| O ₂ | 0 | 0 - 2,1 | 0 |
| H ₂ O | 4,0 - 7,5* | | 6,5 |
| H ₂ S | 0,0012 - 0,028* | | 0,03 |
| Cl ₂ | 0,0005 - 0,0018* | | 0,002 |

* aus Massenbilanzen

** Stroh und Hühnerkot mit Holz

Tab. 2: Zusammensetzungen der Holzaschen im Projekt

| Elemente | Massen-% | Elemente | Massen-% |
|----------|----------|----------|-------------|
| H | 0,6-0,7 | K | 1,3-2 |
| C | 40-78 | Ca | 2,1-3,7 |
| N | 0,6-0,7 | Ti | 0,03-0,04 |
| O | 15-39 | Cr | 0,002-0,007 |
| Na | 0-0,2 | Mn | 0,08-0,11 |
| Mg | 0,1-0,9 | Fe | 0,1-0,5 |
| Al | 0,1-0,5 | Cu | 0,002-0,004 |
| Si | 0,9-17 | Zn | 0,01-0,025 |
| P | 0,1-1,1 | Sr | 0,01-0,015 |
| S | 0,1-0,3 | Ba | 0,006-0,01 |
| Cl | 0,05-0,2 | Pb | <0,002 |

Abgestimmtes kooperatives Vorgehen im Projekt:

- 1.) Ermittlung und Beschreibung der Korrosionsbedingungen im Reaktor.
- 2.) Laborauslagerung von Miniaturproben in Originalaschen unter nachgestellter Atmosphäre bei relevanten Temperaturen (um 1000 °C)
- 3.) Auslagerung planarer Proben vorselektierter Werkstoffe im Reaktor
- 4.) Auslagerung endformnaher Proben als funktionale Bauteile im Reaktor

Technisches Ziel:

- Auffinden mindestens einer Legierung mit Standzeiterwartung jenseits 10.000 h.

Wissenschaftliche Ziele:

- Verständnis der Korrosionsvorgänge
- Quercheck der Übertragbarkeit Labortests vs. Reaktortests

Das Projektkonsortium:

KorrMat: Korrosionsbeständige Materialien für die Biomassevergasung

Dr. Uwe Gaitzsch, Fraunhofer IFAM-Dresden
uwe.gaitzsch@ifam-dd.fraunhofer.de Tel: +49 351 2537 430



- Materialentwicklung für Gaseinlassbauwerke in Vergasern
- Stand der Technik: Alloy 800 (1.4876) oder hitzebeständige Stähle
- Korrosive Gase, Aschen, Schlacken bei hohen Temperaturen bis zu 1000 °C
- Ziel: Metallische Legierungen, passiviert durch Si, Cr oder Al-oxide

- Vorgehensweise: Materialauswahl
- Vortests in trockener und feuchter Luft
- Auslagerungen in synthetischer Vergaseratmosphäre und tatsächlich anfallender Asche
- Test im Vergaser in Platten- und Düsengeometrie

Materialauswahl

Stabilität in feuchter Luft (1000°C, 10 h)

| Cr2O3 (DEW) | Al (%) | Al2O3 (IFAM, Umsicht) | SiO2 (IFAM) | Al (%) |
|-------------------|--------|-----------------------|----------------|--------|
| Cr2O3 (DEW) | 1.24 | Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | SiO2 | 0.091 |
| FeCrAl | 0.007 | FeCrAl | WCrSi (42% Si) | 0.001 |
| NiTi | 0.288 | Fe20Cr12.5Al | | |
| Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | 0.004 | Fe20Cr17.5Al | | |
| Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | 0.102 | Fe20Cr22.5Al | | |
| Co2Ni28Cr12.5W | 0.079 | Fe20Cr27.5Al | | |
| | | Ni22Cr15Al | | |
| | | Ni22Cr19Al | | |
| | | Ni22Cr23Al | | |
| | | Ni22Cr25Al | | |
| | | Ni22Cr28Al | | |
| | | Ni22Cr30Al | | |
| | | Ni22Cr32Al | | |
| | | Ni22Cr35Al | | |
| | | Ni22Cr38Al | | |
| | | Ni22Cr40Al | | |
| | | Ni22Cr42Al | | |
| | | Ni22Cr45Al | | |
| | | Ni22Cr48Al | | |
| | | Ni22Cr50Al | | |

*Probe inhomogen **Abplatzungen ***Probe zerstört



FeCrAl gelötet an Nicrofer - Rohr für Vergasertest

Vergaseratmosphäre und Aschen

Gas

| Gasart | N ₂ | CO | CO ₂ | H ₂ | CH ₄ | O ₂ | H ₂ O | H ₂ S | Cl ₂ |
|-------------------------|----------------|----|-----------------|----------------|-----------------|----------------|------------------|------------------|-----------------|
| Zusammensetzung bei Ros | 18.5 | 12 | 10 | 5 | 0 | 6.5 | 0.030 | 0.002 | |
| Fe 25 °C bei Vol.-% | | | | | | | | | |

Asche zur Verfügung gestellt von Qalovis
Ascheanalyse bereitgestellt von Fh Umsicht

850 °C 233 h

| Cr2O3 (DEW) | Al (%) | Al2O3 (IFAM, Umsicht) | SiO2 (IFAM) | Al (%) |
|-------------------|--------|-----------------------|----------------|--------|
| Cr2O3 (DEW) | 1.24 | Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | SiO2 | 0.091 |
| FeCrAl | 0.007 | FeCrAl | WCrSi (42% Si) | 0.001 |
| NiTi | 0.288 | Fe20Cr12.5Al | | |
| Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | 0.004 | Fe20Cr17.5Al | | |
| Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | 0.102 | Fe20Cr22.5Al | | |
| Co2Ni28Cr12.5W | 0.079 | Fe20Cr27.5Al | | |
| | | Ni22Cr15Al | | |
| | | Ni22Cr19Al | | |
| | | Ni22Cr23Al | | |
| | | Ni22Cr25Al | | |
| | | Ni22Cr28Al | | |
| | | Ni22Cr30Al | | |
| | | Ni22Cr32Al | | |
| | | Ni22Cr35Al | | |
| | | Ni22Cr38Al | | |
| | | Ni22Cr40Al | | |
| | | Ni22Cr42Al | | |
| | | Ni22Cr45Al | | |
| | | Ni22Cr48Al | | |
| | | Ni22Cr50Al | | |

Ausgewählt für Testproben: IN 625 (Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb), Co-1, NiCrAl+5% Al, NiCrAl+10%Al, FeCrAl+ x Al

Ausgewählt für Probeteile: FeCrAl+xAl MoSi₂, WCrSi-SiO₂

Ash (main components)

| Element | K | Na | Ca | Mg | Al | Si | Fe | S | Cl | P | B | Zn | Cu | Pb | Ba |
|---------|------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| wt% | 0.80 | 0.70 | 77.20 | 15.80 | 0.04 | 0.10 | 0.10 | 0.30 | 1.80 | 0.18 | 0.00 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | 0.10 |
| Clay% | 0.80 | 0.70 | 77.20 | 15.79 | 0.05 | 0.10 | 0.20 | 1.80 | 2.10 | 0.00 | 0.00 | 0.10 | 0.10 | 0.10 | |

Ash (trace components)

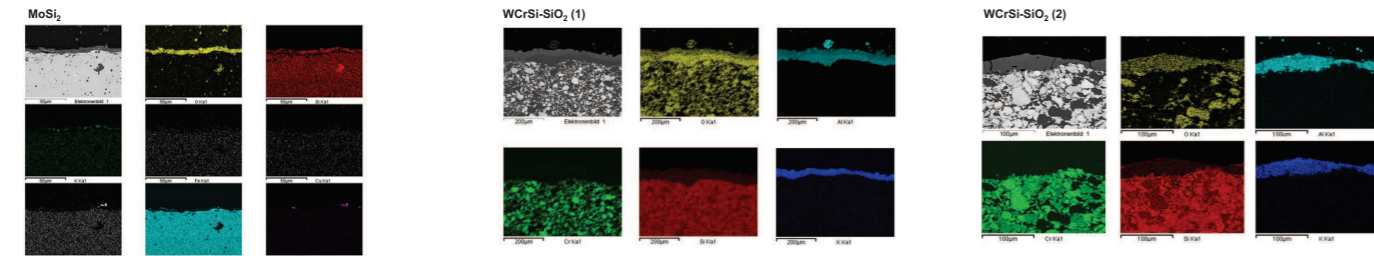
| Spuren | Cr | Cu | Zn | Sr | Pb | Ba |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| % | 0.002 | 0.002 | 0.015 | 0.014 | 0.002 | 0.006 |
| ppm | 20 | 20 | 150 | 140 | 20 | 60 |

1000 °C 500 h

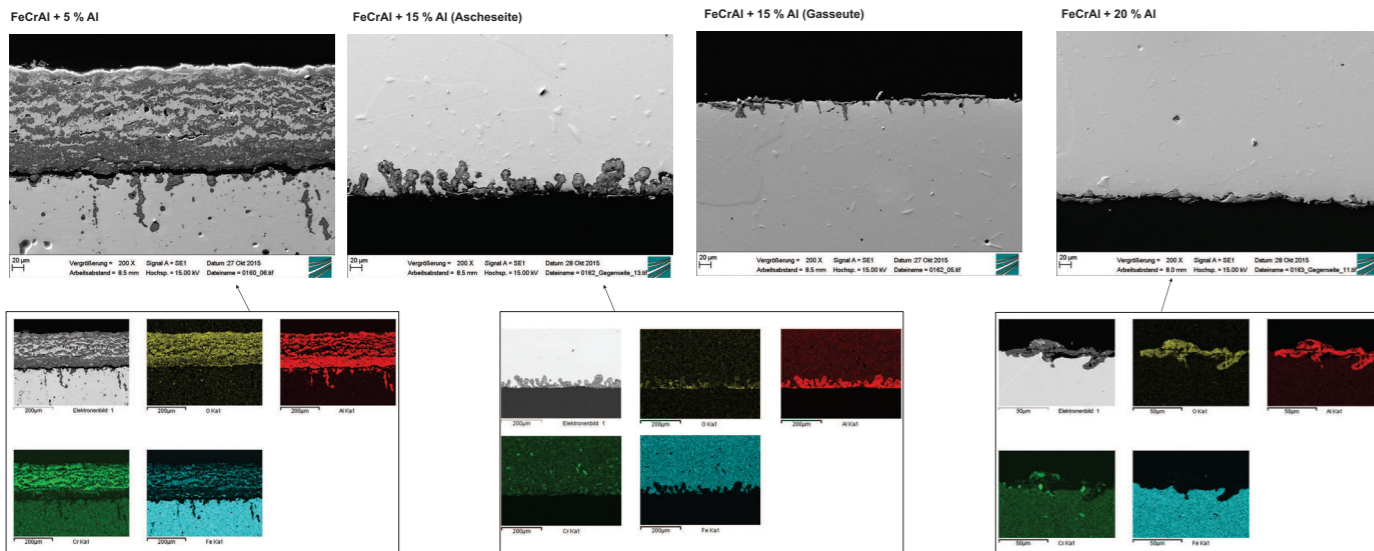
| Cr2O3 (DEW) | Al (%) | Al2O3 (IFAM, Umsicht) | SiO2 (IFAM) | Al (%) |
|-------------------|--------|-----------------------|----------------|--------|
| Cr2O3 (DEW) | 1.24 | Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | SiO2 | 0.091 |
| FeCrAl | 0.007 | FeCrAl | WCrSi (42% Si) | 0.001 |
| NiTi | 0.288 | Fe20Cr12.5Al | | |
| Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | 0.004 | Fe20Cr17.5Al | | |
| Ni22Cr4Fe9Mo3.5Nb | 0.102 | Fe20Cr22.5Al | | |
| Co2Ni28Cr12.5W | 0.079 | Fe20Cr27.5Al | | |
| | | Ni22Cr15Al | | |
| | | Ni22Cr19Al | | |
| | | Ni22Cr23Al | | |
| | | Ni22Cr25Al | | |
| | | Ni22Cr28Al | | |
| | | Ni22Cr30Al | | |
| | | Ni22Cr32Al | | |
| | | Ni22Cr35Al | | |
| | | Ni22Cr38Al | | |
| | | Ni22Cr40Al | | |
| | | Ni22Cr42Al | | |
| | | Ni22Cr45Al | | |
| | | Ni22Cr48Al | | |
| | | Ni22Cr50Al | | |

Probe: inner corrosion, no outer oxide layer

Korrosionserscheinungen in Siliziumoxid-passivierten Legierungen nach 500 h bei 1000°C



Korrosionserscheinungen bei FeCrAl + x Al Legierungen nach 500 h bei 1000 °C for 1000 h



Zusammenfassung:
MoSi₂, WCrSi-SiO₂ und hoch - Al haltige FeCrAl Legierungen sind am besten geeignet. Düsen aus FeCrAl + Al Legierungen wurden hergestellt, für den Einsatz an Nicrofer-Rohre gelötet und befinden sich derzeit im Test. Aus MoSi₂ und WCrSi-SiO₂ wurden zylindrische Ringe gefertigt, welche als Schutzringe über die Rohre geschoben und verankert wurden.
Die mangelnde Stabilität der NiCrAl Legierungen ist überraschend, da Nickelbasislegierungen in Verbrennungatmosphäre häufig gut beständig sind. Erste Hinweise deuten auf schwefelinduzierte Korrosion hin.



FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR UMWELT-, SICHERHEITS- UND ENERGIETECHNIK UMSICHT

KORRMAT – KORROSIONSBESTÄNDIGE MATERIALIEN FÜR DIE BIOMASSEVERGASUNG

Dr.-Ing. Silke Wöllmer
Fraunhofer UMSICHT, An der Maxhütte 1, 92237 Sulzbach-Rosenberg, www.umsicht.fraunhofer.de
Telefon 09661/ 908-415, E-Mail silke.woellmer@umsicht.fraunhofer.de

MOTIVATION
Die Biomassevergasung ist eine vielversprechende Technologie, um Rand- und Abfallprodukte aus der Landwirtschaft und Holzindustrie zur Energieerzeugung zu nutzen, wie z.B. Fermentationsrückstände, Holz- und Strohpellets oder Hühnermist. Diese werfen jedoch mit ihren hohen Schwefel- und Chlorgehalten Probleme in der Vergasungsanlage auf. Aggressive Aschen, Schlacken und Gase führen bei Temperaturen um 1000°C zum korrosiven Angriff der Anlagenkomponenten, so z.B. der Gaseinlassdüsen. Dies führt zu Stillstandszeiten und Wartungskosten, die die Effektivität der Anlage begrenzen. Es sollen korrosionsbeständige Materialien für die Biomassevergasung zur Verfügung gestellt werden.

ERGEBNISSE
Es wurden Hochtemperaturkorrosionstests bei 850 und 1000°C für 500 und 1000 h durchgeführt. Mit Hilfe einer Gasmixstation wurde eine wirklichkeitsnahe Atmosphäre aus den befeuchteten Gasen N₂, CO, CO₂, H₂, CH₄, H₂S und Cl₂ geschaffen. Die Materialien wurden zur Hälfte in Original-Holz-asche aus dem Biomassereaktor eingebettet. Die korrosionsbeständigsten Materialien aus den Laborversuchen sind gegenwärtig für In-situ-Versuche in der Biomassevergasungsanlage beim Projektpartner Qalovis verbaut (→ Poster Qalovis).



ZIEL
Entwicklung neuer Werkstoffe durch ein Projektkonsortium aus Anlagen- und Werkstoffherstellern sowie Forschungsinstituten.

ZUSAMMENFASSUNG
Nach Analysen in der Biomassevergasungsanlage werden im Teilprojekt Hochtemperaturkorrosion die tatsächlichen Bedingungen im Reaktor im Labormaßstab nachgestellt. Neben Vollmaterialien werden korrosionsbeständige Beschichtungen entwickelt und getestet.



Das Projektkonsortium:



KorSikA – Korrosionsfeste Sinterverbindungstechnologie für korrosionsgefährdete Anwendung

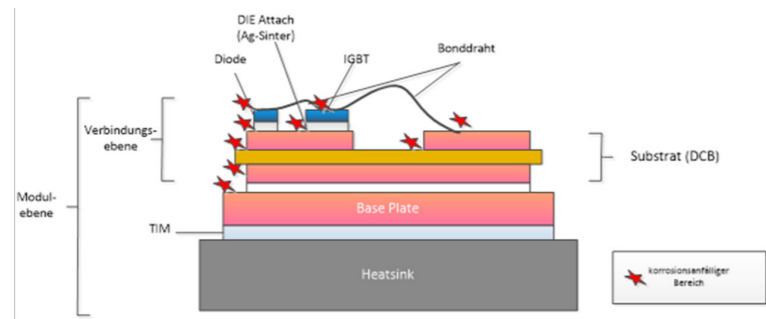


Abb.: schematische Darstellung von korrosionskritischen und kritischen Punkten eines Leistungsmoduls.

Um die für Offshore Windkraftanlagen geforderte Lebensdauer von bis zu 40 Jahren unter extremen Umweltbedingungen zu erreichen, müssen neue Verbindungstechniken für die leistungselektronischen Komponenten entwickelt und qualifiziert werden. Als besonders vielversprechende zuverlässige Verbindungstechnik hat sich die Silbersinterverbindungstechnologie herausgestellt. Sie hat das Potential, die etablierten Löttechniken in besonders beanspruchten Anwendungen zu ersetzen. Ziel des Projekts KorSikA ist die Erarbeitung eines tieferen Verständnisses zu den Korrosionsbedingungen, -effekten und -einflüssen bezüglich der verwendeten Sinterpasten und deren Fügepartnern. Dabei wird auch ein möglicher Einfluss der Fertigungsprozesse bezüglich eingetragener Verunreinigungen analysiert, um gegebenenfalls geeignete Abhilfemaßnahmen zu entwickeln. Im Projekt sollen außerdem erstmalig Prüfkonzepte für die „Korrosivität“ (chemische Zersetzung) der neuen Zusatzwerkstoffe erarbeitet werden. Ableitend aus dem gewonnenen Verständnis und den erarbeiteten Erkenntnissen sollen Testverfahren auf Basis elektrochemischer Mess- und Analyseverfahren definiert werden, die es ermöglichen eine weitreichende Materialqualifikation auch mit Blick auf die zu erwartenden Anwendungsbereiche zu ermöglichen. Die sich daraus ableitenden Konzepte zum Korrosionsschutz sind genauso Teil der Arbeiten in diesem Projekt, wie die Betrachtung der Korrosionsfördernden Einflüsse durch die unterschiedlichen Prozessschritte. Die in diesem Projekt erwarteten Erkenntnisse sollen die Effizienz und die Betriebssicherheit von energietechnischen Anlagen nachhaltig erhöhen und eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer ermöglichen. Das ist nicht nur für Offshore Windanlagen zwingend erforderlich sondern gleichwohl für Anwendungen im Mobilitätssektor. Gleichzeitig sollen dadurch Kosten für Instandsetzungs- und Servicemaßnahmen verringert werden. Dieses ist ein weiterer Schritt auf dem Weg hin zu einer effizienten und CO₂-neutralen Deckung des Energiebedarfs für eine ressourceneffizienten, umweltfreundlichen Industrie und Gesellschaft.

Koordinator: Dipl.-Ing. Stefan Wagner, Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration (IZM)
- Dr. O. K. Wack Chemie GmbH
- Danfoss Silicon Power GmbH
- Siemens Aktiengesellschaft - Corporate Technology - CT RTC ELE PME-DE
- SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG
- Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG
- Forschungs- und Entwicklungszentrum Fachhochschule Kiel GmbH

Laufzeit: 01.05.2016 bis 30.04.2019

FKZ: 03XPO058

FRAUNHOFER INSTITUTE FOR RELIABILITY AND MICROINTEGRATION IZM

KorSikA - Korrosionsfeste Sinterverbindungstechnologie für korrosionsgefährdete Anwendungen

Fraunhofer Institut für Zuverlässigkeit und Mikrointegration | Gustav-Meyer-Allee 25, 13355 Berlin | stefan.wagner@izm.fraunhofer.de
 Danfoss Silicon Power GmbH | Husumer Strasse 251, 24941 Flensburg | jacek.rudzki@danfoss.com
 Fachhochschule Kiel | Schwentinerstr. 24, 24149 Kiel | ronald.eisele@fh-kiel.de
 Heraeus Deutschland GmbH & Co. KG | Heraeusstraße 12-14, 63450 Hanau | wolfgang.schmitt@heraeus.com
 SEMIKRON Elektronik GmbH & Co. KG | Sigmundstraße 200, 90431 Nürnberg | christian.goebel@semikron.com
 Siemens AG (CT RTC ELE PME-DE) | Siemensdamm 50, 13629 Berlin | joerg.strogies@siemens.com
 ZESTRON Europe | Bunsenstr. 6, 85053 Ingolstadt | h.schweigart@zestron.com

Um die für Offshore Windkraftanlagen geforderte **Lebensdauer** von bis zu 40 Jahren **unter extremen Umweltbedingungen** zu erreichen, müssen neue Verbindungstechniken für die leistungselektronischen Komponenten entwickelt und qualifiziert werden. Als besonders vielversprechende zuverlässige Verbindungstechnik hat sich die **Silbersinterverbindungstechnologie** herausgestellt. Sie hat das Potential, die etablierten Löttechniken in besonders beanspruchten Anwendungen zu ersetzen. Ziel des Projekts KorSikA ist die Erarbeitung eines **tieferen Verständnisses** zu den **Korrosionsbedingungen**, **-effekten** und **-einflüssen** bezüglich der verwendeten **Sinterpasten und deren Fügepartnern**. Dabei wird auch ein möglicher Einfluss der Fertigungsprozesse bezüglich eingetragener Verunreinigungen analysiert, um gegebenenfalls geeignete Abhilfemaßnahmen zu entwickeln.

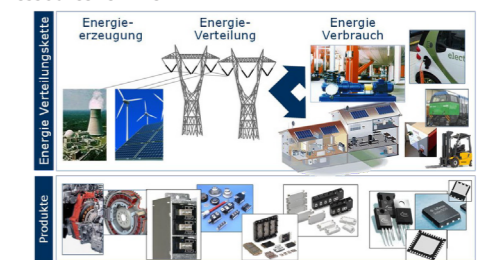
Im Projekt sollen außerdem erstmalig **Prüfkonzepte** für die „**Korrosivität**“ (chemische Zersetzung) der neuen Zusatzwerkstoffe erarbeitet werden. Ableitend aus dem gewonnenen Verständnis und den erarbeiteten Erkenntnissen sollen Testverfahren auf Basis elektrochemischer Mess- und Analyseverfahren definiert werden, die es ermöglichen eine weitreichende Materialqualifikation auch mit Blick auf die zu erwartenden Anwendungsbereiche zu ermöglichen. Die sich daraus ableitenden **Konzepte zum Korrosionsschutz** sind genauso Teil der Arbeiten in diesem Projekt, wie die **Betrachtung der korrosionsfördernden Einflüsse** durch die unterschiedlichen Prozessschritte.

Die in diesem Projekt erwarteten Erkenntnisse sollen die **Effizienz** und die **Betriebssicherheit** von energietechnischen Anlagen nachhaltig erhöhen und eine deutliche **Verlängerung der Lebensdauer** ermöglichen. Das ist nicht nur für Offshore Windanlagen zwingend erforderlich sondern gleichwohl für Anwendungen im Mobilitätssektor. Gleichzeitig sollen dadurch **Kosten** für **Instandsetzungs-** und **Servicemaßnahmen verringert** werden. Dieses ist ein weiterer Schritt auf dem Weg hin zu einer **effizienten und CO₂-neutralen Deckung des Energiebedarfs für eine ressourceneffizienten, umweltfreundlichen Industrie und Gesellschaft**.

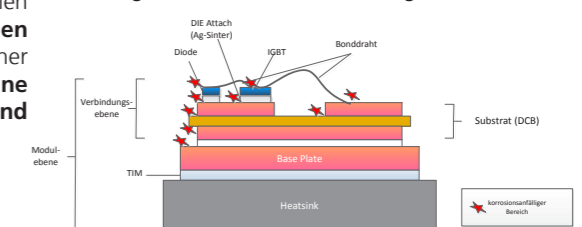
Gefördert vom



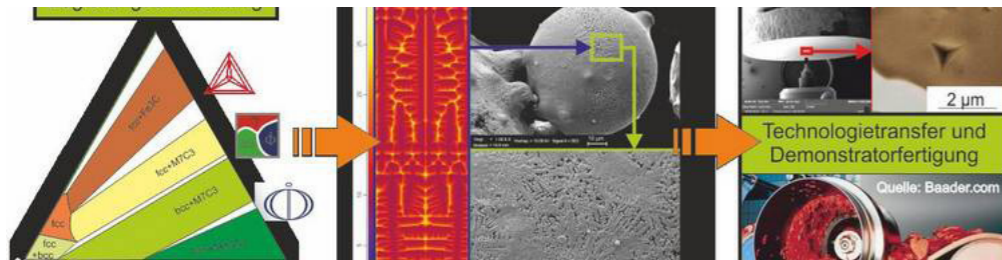
Die Leistungselektronik ist die Schlüsseltechnik für die erfolgreiche Energiewende und damit für eine hohe Ressourceneffizienz.



Schematische Darstellung von korrosionskritischen und neuralgischen Punkten eines Leistungsmoduls.



KorWearMat-Substitution von Kobalt in verschleiß- und korrosionsbeständigen Sonderlegierungen



In vielen Anwendungen werden von Werkstoffen neben der chemischen Beständigkeit zusätzlich Verschleißbeständigkeit und das zum Teil bei hohen Temperaturen gefordert. Als Beispiele für solch komplexe Beanspruchungskollektive können sowohl technische Anwendungen wie Werkzeuge in der Polymerindustrie, Ventile im chemischen Anlagenbau, Baugruppen in der Papierindustrie als auch Anwendungen aus der Lebensmitteltechnik genannt werden. Besonders bei verschleiß- und korrosionsbeanspruchte Bauteile, die zudem bei hohen Temperaturen im Einsatz sind, haben sich als Werkstoffe die sogenannten Stellite etablieren können. Diese Legierungsgruppe entstammt dem ternären System Kobalt-Chrom-Kohlenstoff (Co-Cr-C) und kann je nach Anforderung mit Molybdän (Mo) oder Wolfram (W) legiert sein. Nachteilig sind besonders die teuren Elemente Kobalt und Wolfram zu nennen. Einerseits werden beide Elemente gem. einer Studie von der EU den kritischen Rohstoffen (geringe Verfügbarkeit, hohe industrielle Bedeutung) zugeordnet und andererseits geht von dem Element Co zudem eine kanzerogene Wirkung bei der spanenden Bearbeitung aus. Wegen dem zuletzt genannten Grund wird durch die „Reich-Verordnung“ eine schrittweise Substitution von Kobalt gesetzlich gefordert. Diese Ausgangssituation stellt die Motivation für das Projekt „KorWearMat“ dar. Vor diesem Hintergrund ist das übergeordnete Ziel, neue und kostengünstige Co- und W-freie Materialien (Mat) auf Eisenbasis als Substitution für bekannte Co-Basislegierungen für erhöhte Temperaturen (RT bis 800°C) zu entwickeln. Dabei soll die vorhandene Lücke zwischen Stählen und den Co-Basislegierungen geschlossen werden, wobei eine ausreichend hohe Korrosionsbeständigkeit (Kor) bei gleichzeitig hoher Verschleißbeständigkeit (Wear) im Fokus des Interesses stehen. In Bild 1 ist dazu die Herangehensweise zur Themenbearbeitung schematisch dargestellt. Um das genannte Ziel zu erreichen, müssen in einem ersten Schritt geeignete Legierungen im Labormaßstab entwickelt werden. Dabei wird auf moderne Simulationstechniken wie die Calphad-Methode und die Phasenfeldmethode zurückgegriffen. Nachfolgend gilt es Laborschmelzen herzustellen, diese metallkundlich zu untersuchen und aussichtsreiche Legierungsvarianten pulver- (HIP, Auftragschweißen) und schmelzmetallurgisch (Gießen) im industriellen Umfeld zu verarbeiten. Letztendlich soll der Projekterfolg auf Basis von Demonstratorversuchen unter Realbedingungen bewertet werden. Um sowohl die anspruchsvollen metallkundlichen als auch technologischen Fragestellungen zu beantworten, hat sich ein Projektkonsortium bestehend aus Forschungseinrichtungen (Bergische Universität Wuppertal, Ruhr-Universität Bochum), Werkstoffhersteller (Kuhn Edelstahlwerke, Deutsche Edelstahlwerke), Werkstoffverarbeiter (DURUM) und Anwender (Baader) für die Erreichung des Zieles zusammengefunden.

Koordinator: Dr.-Ing. Frank Wischnowski, Klaus Kuhn Edelmetallgießerei GmbH, Radevormwald

Projektpartner:

- Deutsche Edelstahlwerke GmbH, Krefeld
- DURUM Verschleiß-Schutz GmbH, Willich
- Lehrstuhl für neue Fertigungstechnologien und Werkstoffe, Bergische Universität Wuppertal
- Lehrstuhl Werkstofftechnik, Ruhr-Universität Bochum
- Nordischer Maschinenbau Rud. Baader GmbH & Co.KG, Lübeck

Laufzeit: 01.10.2015– 30.09.2018

FKZ: 03XP0025A

KorWearMat: Substitution von Kobalt in verschleiß- und korrosionsbeständigen Sonderlegierungen

Ausgangslage

Verschleiß- und korrosionsbeanspruchte Bauteile, die zudem bei hohen Temperaturen im Einsatz sind, werden heutzutage überwiegend aus den sogenannten Stellite-Legierungen hergestellt. Die Anwendungsgebiete der Stellite-Legierung sind zahlreich. Sie werden beispielsweise für petrochemische Anwendungen, im Kraftwerksbau und im allgemeinen Maschinenbau eingesetzt. In den eingesetzten Bereichen nehmen sie oft entscheidende Schlüsselrollen ein und sind daher von wirtschaftlich hoher Bedeutung (Abb. 1). Die Grundlage dieser Legierungsgruppe bildet das ternäre System Kobalt-Chrom-Kohlenstoff (Co-Cr-C). Zur Verbesserung der thermomechanischen Eigenschaften werden diesem System vor allem Wolfram (W) oder Molybdän (Mo) hinzulegiert. Die guten Eigenschaften der Stellite-Legierungen im genannten Beanspruchungsfeld lassen sich vor allem auf die Elemente Co und W zurückführen. Die Verwendung dieser Elemente bringt jedoch auch erhebliche Nachteile mit sich. Sowohl Co als auch W sind vergleichsweise teure Elemente und unterliegen hohen Preisschwankungen. Sie werden gemäß einer Studie von der EU den kritischen Rohstoffen zugeordnet (Abb. 2). Das Versorgungsrisiko von Co wird als hoch eingeschätzt, da die politisch instabile Demokratische

Republik Kongo größter Förderer von Co ist und gleichzeitig über die weltweit meisten Reserven verfügt. Im Falle von W ist China der mit Abstand größte Förderer und beherbergt ebenfalls die größten strategischen Reserven. Von Co geht zudem eine kanzerogene Wirkung bei der spanenden Bearbeitung aus. Durch die „Reich-Verordnung“ wird daher eine schrittweise Substitution von Co gesetzlich gefordert. Wird zusätzlich die erwartete Nachfragerhöhung von Kobalt für die Verwendung in Lithium-Ionen-Batterien betrachtet, ergibt sich ein hoher Anreiz für die Substitution der aktuell verwendeten Co-Basislegierungen. Für Temperaturen bis 800 °C kommen als Ersatz nur ebenfalls teure Ni-Basislegierungen (NiBSi, NiCrBSi) in Frage. Die vergleichsweise preisgünstigen, korrosions- und verschleißbeständigen Fe-Basislegierungen (z.B. X45CrNiW18-12, X55CrMnNi20-8) können bisher nur für Temperaturen bis maximal 675 °C eingesetzt werden. Andere Eisenbasislegierungen, wie Schnellarbeitsstähle oder Eisen-Chrom-Härtlegierungen weisen zwar eine hohe Warmhärte bis zu Temperaturen von 750 °C auf, besitzen aber nicht die geforderte Korrosionsbeständigkeit (Abb. 3).

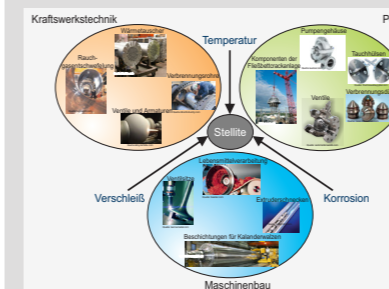


Abb. 1: Anwendungsbeispiele für Stellite-Legierungen. Stellite werden vor allem dort eingesetzt, wo es zur kombinierter Beanspruchung von Temperatur, Verschleiß und Korrosion kommt. Anwendungsgebiete sind beispielsweise in der Kraftwerkstechnik, in der Petrochemie oder im allgemeinen Maschinenbau zu finden.

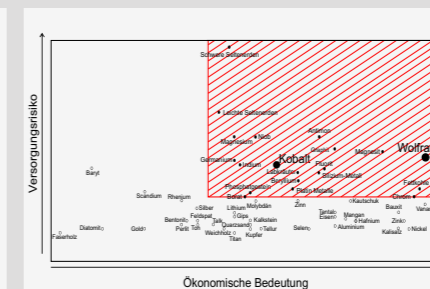


Abb. 2: Einordnung der Rohstoffe Kobalt und Wolfram bezüglich des Versorgungsrisikos und der ökonomischen Bedeutung. Kobalt und Wolfram sind beide im rot schraffierten Bereich der kritischen Elemente zu finden.

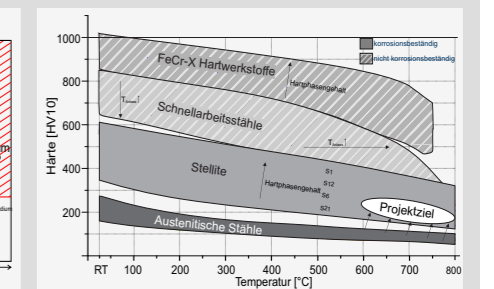


Abb. 3: Warmhärte der Stellite (Stellite 1, 6, 12 & 21 berücksichtigt) im Vergleich zu verschiedenen Klassen von bisherigen Eisenwerkstoffen. Zwar gibt es Eisenwerkstoffe mit einer höheren Warmhärte als die Stellite, allerdings besitzen diese bisher nicht die geforderte Korrosionsbeständigkeit.

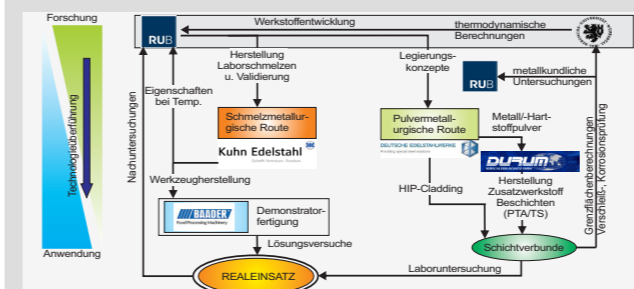


Abb. 4: Projektstruktur und -organisation. Die Forschungseinrichtungen (BUW, RUB) und Industriepartner (Klaus Kuhn Edelmetallgießerei GmbH, DURUM Verschleißschutz GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH und Rud. Baader GmbH & Co. KG) sind eng miteinander verzahnt.

Projektkonsortium

Das Projektkonsortium besteht aus den Industrieunternehmen Klaus Kuhn Edelmetallgießerei GmbH, Deutsche Edelstahlwerke GmbH, DURUM Verschleißschutz GmbH, Rud. Baader GmbH & Co. KG sowie den beiden Forschungseinrichtungen Ruhr-Universität Bochum, Lehrstuhl Werkstofftechnik und der Bergischen Universität Wuppertal, Lehrstuhl für Neue Fertigungstechnologien und Werkstoffe, wodurch die gesamte Prozesskette (Werkstoffentwicklung, industrielle Herstellung und Fertigung von technischen Bauteilen) abgebildet wird. Die Projektstruktur mit den Aufgabenbereichen der einzelnen Projektpartner ist in Abb. 4 dargestellt.

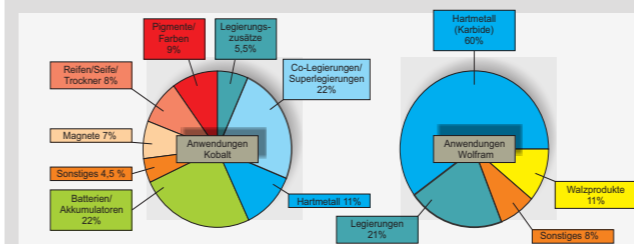


Abb. 5: Bisherige Verwendung von Kobalt und Wolfram. Bisher werden 22% des Kobalts für Co-Basislegierungen und 21% des Wolframs für Legierungen verwendet. Das Projekt KorWearMat bietet das Potential diese Anteile durch die Substitution von Stellite durch Eisenbasiswerkstoffe erheblich zu reduzieren.

Projektziele & Potential

Das übergeordnete Ziel dieses Projektes ist es daher, neue und kostengünstige Co- und W-freie Materialien (Mat) auf Eisenbasis als Substitution für bekannte Stellite-Legierungen für erhöhte Temperaturen (RT - 800 °C) zu entwickeln. Dabei soll die vorhandene Lücke zwischen Stählen und den Stellite-Legierungen geschlossen werden (Abb. 3), wobei eine ausreichend hohe Korrosionsbeständigkeit (Kor) bei gleichzeitig hoher Verschleißbeständigkeit (Wear) im Fokus des Interesses stehen. Da insgesamt ca. 22% des geforderten Kobalts für Kobaltbasislegierungen verwendet wird, bietet dieses Projekt erhebliches Potential die gesamtwirtschaftliche Abhängigkeit von Kobalt stark zu reduzieren (Abb. 5). Des Weiteren, ermöglicht es die angesprochenen gesundheitlichen Gefahren die von der mechanischen Bearbeitung von Co-Basislegierungen ausgehen, zu umgehen. Damit die angesprochenen Potentiale auch tatsächlich realisiert werden können ist es weiterhin definiertes Ziel dieses Projektes die technische und wirtschaftliche Umsetzbarkeit der wissenschaftlich ermittelten Erkenntnisse, im industriellen Maßstab sicherzustellen. Dabei soll durch die Herstellung von Schichtverbunden mittels Schleudergussteilen, Auftragschweißen, thermisches Spritzen oder HIP-Cladding die Materialeffizienz zusätzlich erhöht werden.

Projektdurchführung

Um die genannten Projektziele zu erreichen muss eine vollständig neue Materialklasse (hartphasenhaltige und korrosionsbeständige Austenite und Ferrite mit hoher Mischkristallverfestigung/niedriger Stapelfehlerenergie) entwickelt werden. Dazu werden zunächst mittels der CalPhad-Methode (thermodynamischen Berechnungen von Legierungszusammensetzungen) von der BUW und RUB geeignete Legierungskonzepte entwickelt. Diese werden dann im Labormaßstab hergestellt und hinsichtlich Mikrostruktur, chemischen, mechanischen und tribologischen Eigenschaften charakterisiert und mit den Stellite-Legierungen verglichen. Für optimal befundene Legierungen werden im weiteren Verlauf bei den Industriepartnern Deutsche Edelstahlwerke GmbH, Durum Verschleißschutz GmbH und Klaus Kuhn Edelmetallgießerei GmbH im industriellen Maßstab verarbeitet. Wobei die Deutsche Edelstahlwerke GmbH und die Durum Verschleißschutz GmbH in enger Zusammenarbeit mit der RUB, die pulvermetallurgische Herstellungsroute betrachten und die Klaus Kuhn Edelmetallgießerei GmbH in Zusammenarbeit mit der BUW die schmelzmetallurgische Verarbeitung behandeln. Nach der Findung von geeigneten Prozessparametern zur Verarbeitung der entwickelten Werkstoffe, erfolgt der Technologietransfer und die Bewertung des Projekterfolges durch die Herstellung von Demonstratoren, welche von der Firma Rud. Baader GmbH+Co. KG unter realen Bedingungen getestet werden (Abb. 6).

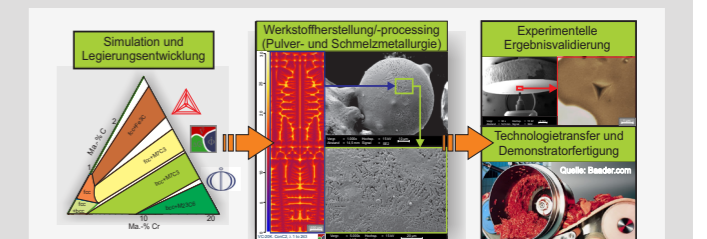


Abb. 6: Projektlauf KorWearMat. Zuerst werden mittels thermodynamischer Berechnungen neue Legierungskonzepte entwickelt. Anschließend werden diese auf pulvermetallurgische oder schmelzmetallurgische Weise hergestellt und deren Eigenschaften validiert. Von vierschiedenen Legierungskonzepten werden daraufhin Demonstratoren hergestellt und die Tauglichkeit der Legierungen im realen Anwendungsfall (z.B. Separatortrommel) getestet.

Schmelzmetallurgische Route

Der Ansatz der schmelzmetallurgischen Verfahrensrouten wird von der Klaus Kuhn Edelmetallgießerei GmbH zusammen mit der Bergischen Universität Wuppertal verfolgt und konzentriert sich auf die Weiterentwicklung von stickstoffhaltigen martensitischen und austenitischen Stählen. Die Zielsetzung ist dabei die Entwicklung von verschleiß- und temperaturbeständigen Co- und W-freien Legierungen, welche über konventionelle Verfahren bei offener Erhitzung unter Normalbedingungen (Normaldruck, Luftatmosphäre) hergestellt werden können, ohne dass dadurch die für Hochtemperaturanwendungen wichtigen Werkstoffeigenschaften (Warmhärte, Warmfestigkeit, Oxidationsbeständigkeit) negativ beeinflusst werden. Im Bereich der martensitischen Stähle liegt der Fokus auf der Weiterentwicklung eines Fe-Cr-Mo-C-N-Systems und dessen Optimierung der Wärmebehandlung. Bei den austenitischen Stählen liegt der Schwerpunkt auf der Weiterentwicklung von konventionell eingesetzten Vertikalstählen auf Basis des Systems Fe-Cr-Ni-C-N. Als Herstellungsverfahren wird das klassische Schleuderguss-Verfahren genutzt.

Pulvermetallurgische Route

Die Entwicklung von Stellite Substituten durch pulvermetallurgisch hergestellten Eisenbasislegierungen wird von den Deutschen Edelstahlwerken GmbH, der DURUM Verschleißschutz GmbH und dem Lehrstuhl Werkstofftechnik der Ruhr-Universität Bochum verfolgt. Der Fokus hierbei liegt zunächst auf der Entwicklung neuer Legierungen aus dem System Fe-Cr-B-X. Wobei insbesondere der Einfluss verschiedener Hartphasen (Karbide, Boride & intermetallische Phasen) und Hartphasenmorphologien auf die Warmhärte und Warmverschleißbeständigkeit untersucht wird. Im weiteren Verlauf soll die Pulverherstellung sowie die Verarbeitung der entwickelten Legierung mittels Heiß-Isostatischem Pressen oder Auftragschweißen optimiert werden.

Referenzen

- 1) 2014 Communication On the review of the list of critical raw materials for the EU and the implementation of the Raw Materials Initiative.
- 2) Verordnung (EG) Nr. 1907/2006 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 18. Dezember 2006 zur Registrierung, Bewertung, Zulassung und Beschränkung chemischer Stoffe (REACH), zur Schaffung einer Europäischen Agentur für chemische Stoffe, zur Änderung der Richtlinie 1999/45/EG und zur Aufhebung der Verordnung (EWG) Nr. 79/318 des Rates, der Verordnung (EG) Nr. 1486/94 der Kommission, der Richtlinie 76/769/EWG des Rates und der Richtlinie 91/131/EWG, 93/105/EWG und 2002/32/EG des Rates.
- 3) Kritische Rohstoffe für die Hochleistungsanwendung in Österreich, Bericht aus der Energie- und Umweltforschung

KOWIND - Entwicklung einer neuartigen Technologie zum Korrosionsschutz an Offshore-Windenergieanlagen



Mit dem KOWIND-Projekt entwickelt Evonik neuartige Technologien zum Schutz von Offshore-Windenergieanlagen. In Zeiten knapper werdender Ressourcen sind erneuerbare Energien ein Zukunftsthema. In gut zehn Jahren sollen Windräder etwa 70 Prozent des „grünen Stroms“ produzieren. Immer mehr Offshore-Windenergieanlagen werden in der Nord- und Ostsee geplant. Rauer Wind und stürmische See stellen besondere Anforderungen an die Materialien. Unter der Koordination von Evonik (www.evonik.com) arbeiten Experten im KOWIND-Projekt an innovativen Lösungen, um die Lebensdauer von Stahlkonstruktionen zu verlängern, die Windkraftanlagen im Meeresboden verankern. Im Mittelpunkt des Projektes steht das Know-How des Geschäftsbereichs Performance Polymers mit seinen Beschichtungstechnologien. Ziel des dreijährigen KOWIND-Projektes ist die Entwicklung einer neuartigen Technologie zum Korrosionsschutz an Offshore-Windenergieanlagen. Durch den Einsatz neuer Materialien sollen pro Windrad mehrere Tonnen Material eingespart und die Wartungskosten deutlich gesenkt werden. „Unsere neue Korrosionsschutz-Technologie verspricht sehr guten Schutz der Stahlkonstruktion, auch unter den extremen Belastungen durch Seewasser, Sonnenlicht und mechanischen Einflüssen im Offshore-Einsatz“, sagt Jan Berger, Innovation Manager Large Pipe Projects. Als Beschichtungssysteme sollen im Rahmen des Projekts thermoplastische Umhüllungsmaterialien, neuartige duroplastische Nachumhüllungssysteme sowie Pulverbeschichtungssysteme entwickelt werden. Der Geschäftsbereich Performance Polymers produziert für das Projekt Umhüllungssysteme auf Basis von PA12, die aufgrund ihrer geringen Wasseraufnahme, hervorragenden mechanischen Eigenschaften und sehr guten Barriere-Eigenschaften die bevorzugte Polymerklasse darstellt. „Die Idee für die Weiterentwicklung bereits bestehender Technologie ist in enger Zusammenarbeit mit der Firma Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH entstanden“, sagt Markus Hartmann, Senior Business Manager Energy Supply bei Performance Polymers. In kürzester Zeit wurden andere Projektpartner ins Boot geholt. Anfang Mai haben die acht Partner aus Industrie und Forschung mit ersten Projektarbeiten begonnen. Denn die Windkraft boomt, die weiteren Wachstumsaussichten sind vielversprechend. In Norddeutschland könnte die Windenergie gar zur Schlüsselindustrie werden.

Koordinator: Dipl. Ing. Jan Berger, Evonik Industries AG - Performance Polymers

Projektpartner:

- Evonik Industries AG Performance Polymers
- Fraunhofer-Institut für Windenergie und Energiesystemtechnik (IWES) - Institutsteil Bremerhaven
- Salzgitter Mannesmann Line Pipe GmbH
- TIB Chemicals AG
- WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte
- Prof. Bellmer Ingenieurgruppe GmbH
- Universität Duisburg-Essen - Fakultät für Ingenieurwissenschaften

Laufzeit: 01.05.2012 bis 30.04.2015

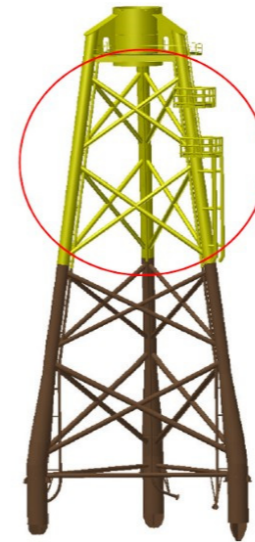
FKZ: 03X3561

KOWIND

Entwicklung einer neuartigen Technologie zum Korrosionsschutz an Offshore-Windenergieanlagen

Teilprojekt: Entwicklung von Materialien zur Umhüllung und Haftvermittlung für Offshore-Gründungsstrukturen

Dipl.-Ing. Jan Berger, Evonik Resource Efficiency GmbH, Paul-Baumann-Straße 1, 45772 Marl



Gründungsstruktur für Offshore-Windenergieanlagen in Jacket-Ausführung



Probe vor der Auslagerung



Beschichtete Probe nach der Auslagerung



Extrusions-Beschichtungsanlage

Herausforderung und Motivation des Verbundprojekts

- Der Korrosionsschutz von Gründungsstrukturen stellt einen wesentlichen Erfolgsfaktor für die Offshore Windenergie Technologie dar.
- Unbemannte Windparks, weit auf See gelegene Standorte und eine hohe Anzahl von Gründungsstrukturen stellen große Herausforderungen für die Wartung dar und erfordern eine höchstmögliche Lebensdauer.
- Die große Anzahl gleicher Strukturen begünstigt die effiziente Serienfertigung von Gründungsstrukturen mit vorgefertigten Bauteilen.

Ziel des Teilprojekts

- Entwicklung eines thermoplastischen Materialsystems, mit dem Stahlrohre für Offshore-Gründungsstrukturen per Extrusion effizient beschichtet und dauerhaft korrosionsgeschützt werden können.
- Entwicklung einer Pulverformmasse für die Knotenbeschichtung
- Beide Beschichtungssysteme sollen im Vergleich zu konventionellen Systemen einen besseren Korrosionsschutz und eine längere Haltbarkeit aufweisen und dadurch eine deutliche Verlängerung der Lebensdauer von Gründungsstrukturen und Reduzierung der Wartungskosten ermöglichen.

Ergebnisse

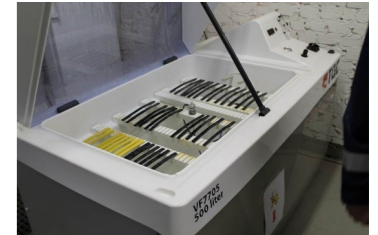
- Es wurde eine Extrusionsformmasse für die Rohrbeschichtung entwickelt, die gegenüber herkömmlichen Beschichtungssystemen sowohl eine Verbesserung der Haftung und der Verarbeitung zeigt, als auch die für die Verwendung als Offshore Korrosionsschutzsystem notwendigen Verbesserungen im Bereich UV- und Alterungsbeständigkeit aufweist (Entwicklungsprodukt VESTAMID® BS1607). Dabei konnten weitgehend die mechanisch überragenden Eigenschaften einer im Pipelinebau verwendeten Formmasse erreicht werden.
- Es wurde eine Pulverformmasse für die Knotenbeschichtung entwickelt, mit einer UV-Stabilisierung und einer Farbe entsprechend des Extrusions-Beschichtungsmaterials (Entwicklungsprodukt VESTOSINT® Z2680).
- Beschichtungen mit der Pulvermasse sind per Wirbelsinterverfahren möglich. Für das für große Bauteile notwendige Flammstritzverfahren besteht noch Entwicklungsbedarf.

Verwertung der Ergebnisse

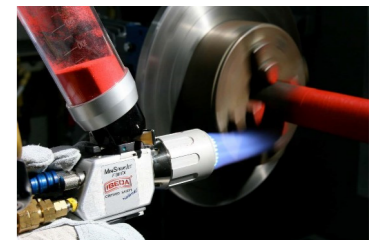
- Zulassung des Rohrbeschichtungssystems als Korrosionsschutz bei einem Zertifizierer und Durchführung der erforderlichen Prüfprogramme.
- Kundenspezifische Optimierung des Beschichtungsmaterials
- Scale-up der Materialproduktion
- Kommerzialisierung von VESTAMID® BS 1607
- Weiterentwicklung des Flammstritz-Beschichtungsprozesses für die Knotenbeschichtung.

Beurteilung der Ressourceneffizienz

| Ressourcenmerkmal | Bewertung der Ressourceneffizienz |
|---|--|
| Beschichtung von Rohren im Extrusionsprozess | <ul style="list-style-type: none"> + keine Lösungsmittel + höherer Materialeinsatz + bessere und einfachere Qualitätskontrolle + kontinuierlicher, automatischer Prozess + Rohre und Beschichtungsmaterial werden vorgeheizt |
| Beschichtung von Knoten im Flammstritzprozess | <ul style="list-style-type: none"> + keine Lösungsmittel für die Hauptkomponente, nur für das Primersystem - Knoten und Beschichtungsmaterial müssen vorgeheizt werden |
| Herstellung der Gründungsstruktur | <ul style="list-style-type: none"> + mögl. geringere Korrosionszuschläge im Stahlbau + höhere Taktrate durch vorgefertigte Teile + keine Verzögerungen durch Trocknungszeiten + hohe Prozesssicherheit durch fehlertolerante Auftragstechnik |
| Nachumhüllung der Schweissnähte | <ul style="list-style-type: none"> - Mehr Materialeinsatz |
| Transport zum Aufstellort | <ul style="list-style-type: none"> + weniger Transportschäden durch stabiles Beschichtungsmaterial |
| Betrieb und Lebensdauer | <ul style="list-style-type: none"> + deutlich erhöhte Lebensdauer + weniger Wartungsfahrten |
| Entsorgung | <ul style="list-style-type: none"> + thermoplastische Komponenten einfach zu entsorgen |



Salzsprühtester und beschichtete Stahlproben



Flammstritz-Beschichtungsversuch

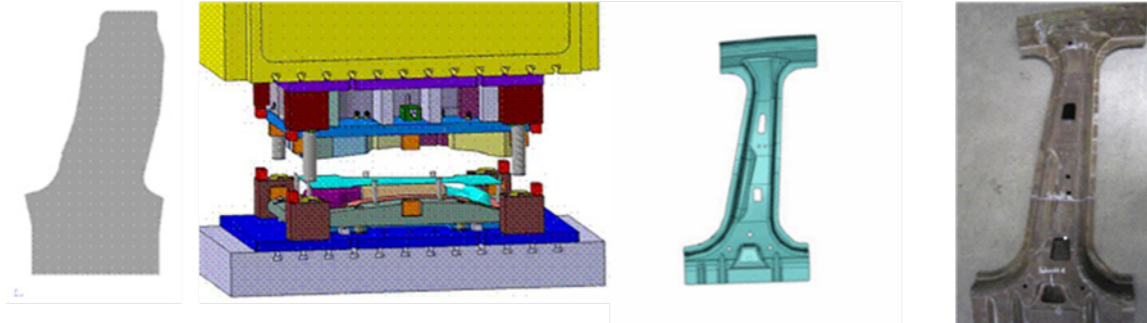


Beschichtete Stahlprobe mit großer Wandstärke



Beschichten des Demonstratorbauteils mit PA12-Pulversystem

KoWUB - Neuartige Korrosionsschutzsysteme für zukünftige Karosseriekonzepte



Warmumformbare, mit Mangan und Bor legierte Stähle verzeichnen in der Kfz-Industrie ein verstärktes Interesse. Im Vergleich zu den konventionellen Kaltformstählen besitzen sie eine deutlich höhere Festigkeit und ermöglichen damit neue Konstruktionskonzepte mit höheren Sicherheits- und Leichtbauanforderungen. Der spezielle Fertigungsprozess bei der Warmumformung erfordert allerdings die Entwicklung neuer Korrosionsschutzsysteme als Grundvoraussetzung für wirtschaftliche Leichtbaukonstruktionen aus hochfesten Mangan-Bor Stählen.

In dem Verbundvorhaben sollen solche Korrosionsschutzsysteme auf der Basis von Zn-Fe-(Al) mit hohen Fe-Gehalten für hochfeste Warmumformstähle entwickelt werden. Die Schichtsysteme sollen neben einem lebensdauerlangen kathodischen Korrosionsschutz der Bauteile fertigungstechnische Vorteile wie kurze Prozesszeiten und verbesserte Umformeigenschaften ermöglichen.

Zur Erreichung dieser Ziele sollen zwei unterschiedliche Beschichtungsverfahren, das bereits industriell eingesetzte Schmelztauchen und das neuartige Dampfspritzen so weiterentwickelt werden, dass sie für ein gezieltes Schichtdesign eingesetzt werden können. Die erzeugten Schichtsysteme werden korrosionstechnisch und verarbeitungstechnisch charakterisiert und optimiert. In einem zweiten Schritt werden die Beschichtungsverfahren auf vorhandenen Bandpilotanlagen umgesetzt, um im kontinuierlichen Verfahren größere Mengen beschichteten Materials zu erzeugen. Damit werden die verschiedenen Schichtvarianten in praxisorientierten Verarbeitungsversuchen validiert.

Koordinator: Dr. rer. nat. Bernd Schuhmacher, ThyssenKrupp Steel Europe AG

Projektpartner:

- ThyssenKrupp Steel Europe AG
- KIRCHHOFF Automotive Deutschland GmbH
- Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik (IWS)
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung Gesellschaft mit beschränkter Haftung

Laufzeit: 01.05.2012 bis 30.04.2015

FKZ: 03X3560

Neuartige Korrosionsschutzsysteme für warm umgeformte Blechbauteile – KoWUB

FKZ: 03X3560

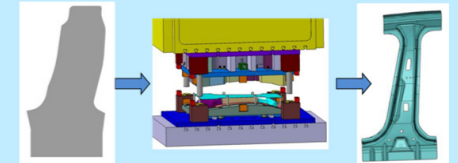
B. Schuhmacher, T. Stucky, M. Rohwerder, B. Poggel

Koordinator: thyssenkrupp Steel Europe, Eberhardstraße 12, 44145 Dortmund

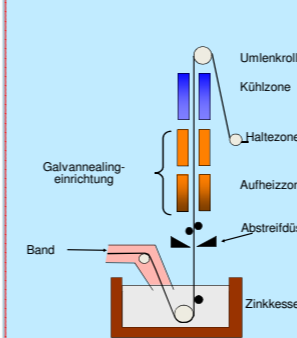
Zielstellung und Motivation

Im Verbundprojekt KoWUB werden hochkorrosionsfeste Schutzsysteme für Warmumformstähle auf Basis von Zink, Eisen und Aluminium erforscht. Diese sollen nach der Warmumformung (~ 900° C) sowohl einen lebensdauerlangen kathodischen Korrosionsschutz der Bauteile als auch eine deutliche schnellere Einstellung des Legierungszustandes bei der Ofenvorwärmung im Vergleich zu konventionellen Legierungssystemen ermöglichen.

Ziel ist die Verkürzung der Prozesszeit in der Ofenstrecke, um so eine Erhöhung der **Ressourceneffizienz** und eine **höhere Produktivität** zu erreichen.



Lösungsansätze



Schmelztauchverfahren (schematisch)

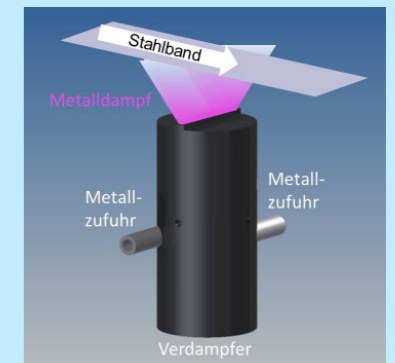
Schichtdesign: Screening möglicher komplexer Legierungssysteme hinsichtlich Einfluss der Zusammensetzung auf das Korrosionsverhalten mit „high trough-put“ elektrochemischen Methoden

Schichttechnologie 1: inkrementelle Weiterentwicklung des industriell etablierten Schmelztauchverfahrens

Schichttechnologie 2: radikaler Neuansatz, Entwicklung einer Hochleistungs-PVD-Quelle

Umsetzung und Erprobung der neuen Technologien auf vorhandenen Bandpilotanlagen für die kontinuierliche Beschichtung

Korrosions- und verarbeitungstechnische Charakterisierung



Hochleistungs-PVD-Quelle (schematisch)

Ergebnisse



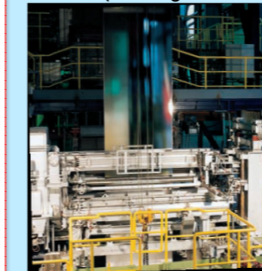
Kontinuierliche Versuchs-Schmelztauchanlage (Quelle: eigenes Foto)

- **Schichtdesign:** diverse ternäre Zn-haltige Legierungssysteme wurden gescreent; ein vielversprechendes System wurde identifiziert.
- **Schichttechnologie 1:** diverse ternäre Al-haltige Legierungssysteme wurden im Labor erprobt. Auch hier ergeben sich interessante Ansätze zur Weiterentwicklung.
- **Schichttechnologie 2:** ein Prototyp der neuen Hochleistungs-PVD-Quelle wurde konstruiert, gebaut und in einer Batch-Anlage erprobt. Nach dem grundsätzlichen „proof of concept“ durch Abscheidung von FeZn-Schichten auf Blechproben wurden auch bereits ZnMg-Schichten dargestellt.
- **Vorhandene Bandpilotanlage** wurden mit diversen Umbauten ausgestattet und erfolgreich mit der neuen Hochleistungs-PVD-Quelle erprobt.
- **Erprobung im kontinuierlichen Prozess:** Nach Integration der neuartigen Hochleistungs-PVD-Quelle in eine der vorhandenen Bandpilotanlagen, wurden erfolgreich Standfestigkeitsuntersuchungen an Zink und Zink-Magnesium Schichtsystemen durchgeführt.
- Ein **Versuchswerkzeug für die Warmumformung** wurde gebaut, mit dem auch kleinere Proben praxisnah verarbeitet werden können



Hochleistungs-PVD-Quelle (blaue Kammer) in der Bandpilotanlage (Quelle: eigenes Foto)

Ausblick (Nachfolgeaktivitäten)



Industrielle kontinuierliche Schmelztauchanlage (Quelle: eigenes Foto)

- Das Projekt wird in diversen Nachfolgeaktivitäten weitergeführt:
- Überführung des modifizierten Schmelztauchprozesses in den **Pilotmaßstab**, besonders vielversprechende Ansätze sollen in Betriebsversuchen überführt werden.
 - Weiterentwicklung der Hochleistungs-PVD-Quelle in einer **kontinuierlichen Bandversuchsanlage** (300 mm Bandbreite) für die kontinuierliche Beschichtung
 - Herstellung von Demonstrator-Bauteilen
 - Durchführung von Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen

Das Konsortium



Kontinuierliche Bandversuchsanlage für neue Technologien BPA 300 (Quelle: eigenes Foto)

MAREGA - Ressourceneffiziente magnetische Formgedächtnismaterialien mit reduziertem Galliumbedarf



Materialien, welche sich in einem Magnetfeld ausdehnen und unter modifiziertem Magnetfeld oder einer Kraft wieder ihre ursprüngliche Form annehmen, sogenannte „magnetische Formgedächtnismaterialien“, sind interessante, neue Werkstoffe. Sie reagieren schnell auf das Ein- bzw. Abschalten des Magnetfeldes, haben eine hohe Lebensdauer und nehmen nur wenig Raum bei geringem Gewicht ein. In Notsituationen eignen sie sich als sehr schnell reagierende und effektive Bremsen sowie in Schutzschaltern für Stromkreise im Haus oder auch in Maschinen und können dabei helfen, die Arbeitswelt und unseren Alltag sicherer zu machen.

Sie sind aber auch vielversprechende Kandidaten um effizientere und bessere Antriebs Elemente, Sensoren und Schwingungsdämpfer zu entwickeln. Mögliche Anwendungsfelder sind bspw. die Energie- und Automatisierungstechnik sowie die Medizintechnik. Magnetische Formgedächtnismaterialien basieren auf speziellen Gemischen verschiedener Metalle (Legierungen). Die mengenmäßig wichtigsten Bestandteile von magnetischen Formgedächtnislegierungen sind die Metalle Nickel, Mangan und Gallium. Gerade Gallium ist ein seltenes und für verschiedene Technologien wie die Energieerzeugung und die Elektronik wichtiges Grundmaterial. Um die Herstellung und Nutzung von magnetischen Formgedächtnismaterialien für die Zukunft zu sichern ist es daher notwendig, den Galliumanteil der Legierungen, bei gleichbleibender oder besserer Leistung, zu verringern. Gleichzeitig müssen geeignete Methoden zur Wiederverwertung von bei der Produktion entstehenden galliumhaltigen Abfällen und zur Rückgewinnung von Gallium aus den Endprodukten entwickelt werden.

An dieser Stelle setzt das Vorhaben MAREGA an. Zum einen sollen verschiedene Ansätze zur Effizienzsteigerung bei der Herstellung und Nutzung dieser Materialien untersucht werden. Zum anderen sollen neue magnetische Formgedächtnislegierungen mit geringerem Galliumanteil entwickelt werden. Das Ziel besteht darin, den notwendigen Galliumanteil um mindestens 25 % zu senken. Auch die Wiederverwertung von Gallium aus Materialabfällen und die Rückführung von Abfällen in den Herstellungsprozess werden berücksichtigt.

Koordinator: Dr. rer. nat. Markus Laufenberg; ETO MAGNETIC GmbH

Projektpartner:

- ETO MAGNETIC GmbH (Koordinator)
- ABB AG - Forschungszentrum
- Loser Chemie GmbH
- Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik (IWU)
- Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR)
- ACCESS e.V.

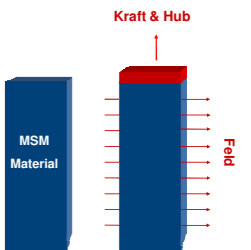
Laufzeit: 01.05.2016 – 30.04.2019

FKZ: 03XP0042

Ressourceneffiziente magnetische Formgedächtnismaterialien mit reduziertem Galliumbedarf (MAREGA)

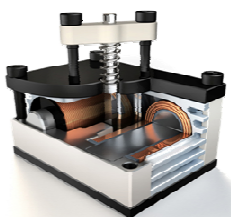
Technologie

- Materialinnovation für energieeffiziente Aktor- und Sensor- Anwendungen
- Magnetische Formgedächtnismaterialien generieren Kraft und Hub in moderaten Magnetfeldern
- Große Dehnung (6-12%), Kraft (3 MPa) und schnelle Reaktionszeit (< 1 ms)
- Voraussetzung für magnetischen Formgedächtnis-Effekt (MSM-Effekt):
Martensitische Struktur + Hohe magnetische Anisotropie + Niedrige Zwillingsspannung



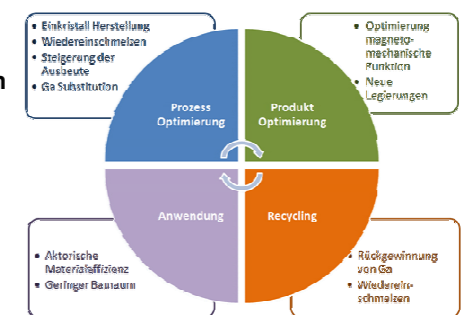
Themenfeld

- Materialklasse der magnetischen Formgedächtnislegierungen (MSM)
- Nicht-stöchiometrische Ni₂MnGa-Legierungen mit einem Galliumanteil von ca. 25 Gew. %
- Vielfältiger Einsatz in Aktorik, Sensorik, Schwingungsdämpfung oder Energy Harvesting
- Hohe Arbeitseffizienz, schnelles Schalten, hohe Lebensdauer, geringer Bauraum




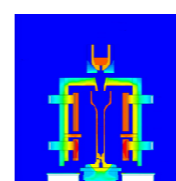

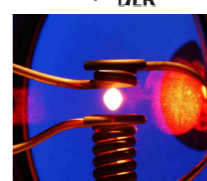



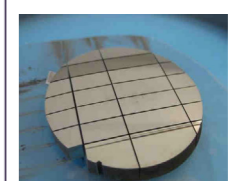

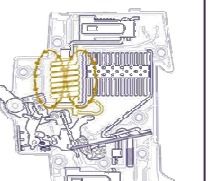


Arbeitsplan und Ziele

- Etablierung der MSM-Technologie gegen Verknappung von Gallium absichern
- Effizienzsteigerung entlang der Wertschöpfungskette
- Gallium-Recycling aus Materialabfällen
- Rückführung von Abfällen in den Schmelzprozess
- Erforschung neuer Legierungen (geringer Ga-Anteil, höhere Dehnung)
- Steigerung der aktorischen Materialeffizienz
- Ausgewählte Applikationen stellvertretend für breite Technologierelevanz

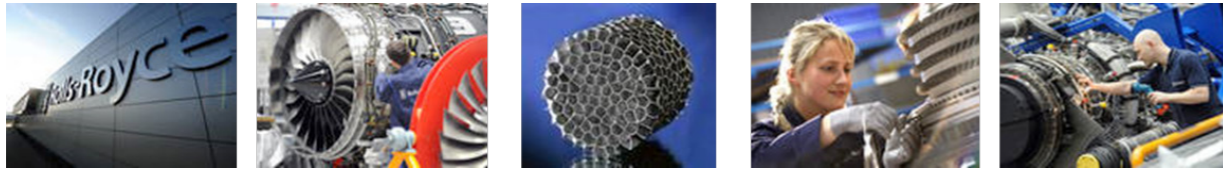


Projektpartner

| | | | | | |
|--|---|---|---|---|--|
|   <ul style="list-style-type: none"> ▪ Herstellung MSM-Material ▪ Legierungsentwicklung ▪ Prozessoptimierung ▪ Wiedereinschmelzen ▪ Optimierung magneto-mechanische Funktion |   <ul style="list-style-type: none"> ▪ Prozesssimulation der Einkristallherstellung im Bridgman-Verfahren |   <ul style="list-style-type: none"> ▪ Bestimmung thermophysikalischer Materialeigenschaften ▪ Legierungsentwicklung durch Mischungsregeln |   <ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialrecycling ▪ Rückgewinnung von Gallium |   <ul style="list-style-type: none"> ▪ Materialanalytik ▪ Anwendung von MSM in Werkzeugmaschinen |   <ul style="list-style-type: none"> ▪ Anwendung von MSM in thermisch-magnetisch aktivierbaren Schutzschaltern |
| Material- und Prozessentwicklung | | | | Anwendungen | |

Koordination: ETO MAGNETIC GmbH • Hardtring 8 • 78333 Stockach

MEINDMAP-Materialeffiziente einlauffähige Dichtungen für Maschinen und Pumpen



Das Gesamtziel des Vorhabens „MEINDMAP“ ist die Entwicklung von Dichtsystemen für Pumpen und Turbinen, die mit nahezu hundertprozentiger Materialausbeute hergestellt werden können. Der Verbrauch von hochlegierten Stählen und Nickelbasislegierungen mit strategischen Legierungselementen wie Molybdän, Chrom und Cobalt soll stark minimiert sowie der Verbrauch von kubischen Bornitrid vollständig vermieden werden.

Die erhöhte Nachfrage vor allem in Asien hat in den letzten zehn Jahren zu zunehmenden Abhängigkeiten von starken Kostensteigerungen und extremen Preisschwankungen von Materialressourcen infolge von Verknappungen, geopolitischen Einflüssen und Spekulationen geführt. Im Mittelpunkt der Entwicklung steht eine neuartige dreidimensionale Wabenstruktur (sogenannte Polyederzellstruktur), die in geeigneter Form weiterentwickelt werden soll und sowohl in Turbinen als auch in Pumpen anwendbar ist. Die Verwendung dieser neuen Strukturen soll dabei als Sekundäreffekt durch verbesserte Dichtwirkung zu niedrigeren Blow-by-Effekten und damit zu geringen Energieverlusten führen bzw. zur Einsparung enormer Energiemengen beitragen. Ein Schwerpunkt der Werkstoffentwicklung ist die Entwicklung eines Verfahrens, mit dem die Fertigung maßgeschneiderter zellulärer Einlaufstrukturen ermöglicht wird. Voruntersuchungen lassen erwarten, dass hervorragende Ergebnisse bezüglich der Dichtwirkung und Lebensdauer mit Polyederzellstrukturen erreicht werden können (s. Bild 1). Solche Strukturen wurden bereits im Labormaßstab entwickelt. Es wird davon ausgegangen, dass die Fertigungs- und Strukturparameter für die beiden Anwendungsgebiete Turbinen und Pumpen stark voneinander abweichen. In Pumpen werden eher Materialien mit höheren Festigkeiten benötigt. Dies bedingt große Zellwandstärken und höhere Dichten der porösen Strukturen. Hier soll die Zellenstruktur (Morphologie, Zellgrößenverteilung und Zellwandstärke) hinsichtlich lateraler Dichtigkeit und Spaltsteifigkeit weiterentwickelt werden. In Turbinen ist das Ziel eher die Erreichung weniger hoher Dichten bei geringen, bisher noch nicht hergestellten Zellenweiten. Das erste Arbeitsziel ist die Beherrschung der Formgebung im Labormaßstab, so dass Bauteile sowohl mit kleinen dünnwandigen Kugeln als auch mit größeren dickwandigen Kugeln homogen hergestellt werden können. Im nächsten Schritt müssen diese Ergebnisse auf den Formteilautomaten und zur Fertigung größerer Strukturen in den Technikumsmaßstab umgesetzt werden. Zur Fertigung kleiner Zellenweiten für die Fertigung großer Wandstärken werden geeignete Suspensions-Rezepturen benötigt, die eine homogene Beschichtung der Templatkugeln im Wirbelbettverfahren zulassen. Darüber hinaus muss die Suspension nach der Beschichtung im getrockneten Zustand eine sehr hohe Dehnbarkeit besitzen, um die starke Expansion während des Aufschäumens defektfrei zu gewährleisten.

Koordinator: Dipl.-Ing. Matthias Dudeck, Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG – Materials Engineering

Projektpartner:

- Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG
- Hollomet Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- KSB Aktiengesellschaft - Abt. Werkstofftechnik
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) - Institutsteil Dresden

Laufzeit: 01.02.2013 bis 31.01.2016

FKZ: 03X3572

Materialeffiziente einlauffähige Dichtungen für Maschinen und Pumpen – MeinDMaP (03X3572)

M. Dudeck^{a)*}, A. Böhm^{b)}, A. Kühl^{b)}, U. Waag^{c)}, F. Reining^{c)},
C. Müller^{c)}, P. Quadbeck^{d)}, U. Jehring^{d)}

a) Rolls-Royce Deutschland Ltd. & Co KG Dahlewitz, * Projektkoordinator
b) KSB AG Frankenthal
c) hollomet GmbH Dresden
d) Fraunhofer IFAM, Institutsteil Dresden



Motivation

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die Entwicklung von Dichtsystemen für Pumpen und Turbinen, die mit nahezu hundertprozentiger Materialausbeute hergestellt werden können. Dadurch soll der Verbrauch von hochlegierten Stählen und Nickelbasislegierungen mit strategischen Legierungselementen wie Molybdän, Chrom und Kobalt stark minimiert sowie der Verbrauch von kubischem Bornitrid vollständig vermieden werden. Im Mittelpunkt der Entwicklung steht eine neuartige dreidimensionale Wabenstruktur (sogenannte Polyederzellstruktur), die in geeigneter Form weiterentwickelt werden soll und sowohl in Turbinen als auch in Pumpen anwendbar ist. Die Verwendung dieser neuen Strukturen soll dabei als Sekundäreffekt durch verbesserte Dichtwirkung zu niedrigeren Blow-by-Effekten und damit zu geringen Energieverlusten führen.

Problemstellung

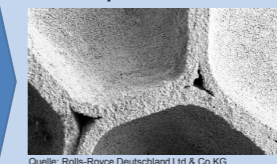
Abrasive Spaltdichtungen für Industiepumpen



Quelle: KSB Aktiengesellschaft

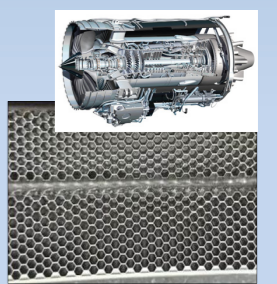
Spaltring mit senkrecht orientiertem Zellenprofil (materialintensive, aufwändige Fertigung) für den Einsatz in Hochdruckpumpen

Polyederzellstruktur



Quelle: Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG

Abrasive Labyrinthdichtungen für Turbinenluftstrahltriebwerke



Quelle: Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG

Honigwabenstruktur mit gewalzten, umgeformten und gelöteten Zellenprofil (material- und energieintensive Fertigung) für den Einsatz in Mantelstromtriebwerken

Lösungsansatz

Neues Werkstoffkonzept: Entwicklung endformnah herstellbarer 3D Wabenstrukturen

Fertigungsroute: Fertigung durch pulvermetallurgische Wirbelbettbeschichtung von Polystyrolkugeln, Verarbeitung im Formteilautomat und anschließender Wärmebehandlung (Entbindern + Sintern).
Umsetzung der Technologie auf industriell einsetzbare Anlagen.

Untersuchungen zur Anwendung in Pumpen

- Struktureinfluss auf Dichtungsverhalten und Tribologie
- Korrosions- und Verschleißbeständigkeit in Fördermedien
- für drei verschiedene hochlegierte Stähle
- vor und nach Verbindung der Polyederzellstruktur (PZS) mit Vollmaterial (Angießen, Löten, Schweißen)

Untersuchungen zur Anwendung in Turbinen

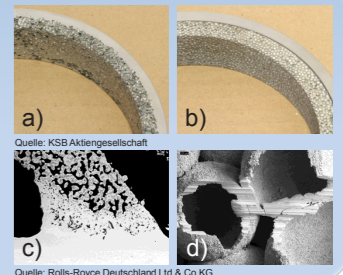
- Struktureinfluss auf Dichtungsverhalten und Tribologie
- Hochtemperaturoxidations- und Nasskorrosionsbeständigkeit
- für versch. Materialien, z.B. Ni-Basislegierungen, Stähle
- vor und nach Verbindung der Polyederzellstruktur (PZS) mit Triebwerksbauteil (Löten)
- nach Festigkeit, Versagensverhalten und Wärmeleitung



Formteilherstellung Formteilautomat
Quelle: Fraunhofer IFAM, Institutsteil Dresden

Aktuelle Ergebnisse

- Fertigung von PZS im Formteilautomat mit sekundärem Werkzeug erfolgreich
- Etablierung eines Scherdruckversuchs zur Abschätzung des Einlaufverhaltens
- Analyse des Dichtbeiwertes (der Dichtwirkung) in einer CAD-Umgebung - verbesserte Dichtwirkung gegenüber Honigwabenstruktur nachgewiesen
- Nachweis der mechanisch-technologischen sowie Korrosionseigenschaften des PZS-Materials (hochlegierter Stahl)
- Beschichtungsanlage an Kugelgröße angepasst
- Herstellung von PZS-Spaltringdemonstratoren nach Angussverfahren (Neuentwicklung) (Bild a) und Einpressen in Trägerring (Bild b)
- Fügeversuche mit PZS-Material aus MCrAlY mit Nickelbasislot erfolgreich (Bild c)
- Sprödebruchverhalten (durch hohe Zellwandporosität) des PZS-Materials aus MCrAlY nachgewiesen (Bild c, d)
- Erfolgreicher Funktionstest im Spaltdichtungsprüfstand



Quelle: KSB Aktiengesellschaft
Quelle: Rolls-Royce Deutschland Ltd & Co KG

Ausblick

- Dauertest von PZS-Spaltringdemonstratoren in Pumpe läuft
- Zugversuche, thermische Zyklertests mit Temperaturgradient an aufgelöteten MCrAlY PZS
- Nachweis der Hochtemperaturoxidations- und Nasskorrosionsbeständigkeit von PZS-Material aus MCrAlY
- Zusammenarbeit mit Projektpartner für industrielle Fertigung geplant
- Vorbereitung für Kerntriebwerkstest



MultiKAT- Ressourceneffizienz und unkonventionelle „All-Polyethylene“-Nanocomposite für den Leichtbau durch Tandem-Katalyse, kompartimentierte Multizentren-Katalysatoren und mesoskopische Formreplikation

Durch die Verwendung von Faser verstärkten Werkstoffen können in vielen Materialbereichen die Eigenschaften der jeweiligen Polymere erheblich verbessert werden. Typische Fasern wie z.B. Glasfasern sind im Vergleich zum Polymermaterial sehr schwer und verhindern daher oft den Einsatz im ressourceneffizienten Leichtbau. Außerdem ist ein werkstoffliches Recycling praktisch unmöglich. Alternativen wie Nanofüllstoffe sind toxikologisch oft sehr bedenklich und darüber hinaus schwer verarbeitbar.

Auf Basis von sehr leichtem und umweltfreundlichen Polyethylenen (PE) sollen in diesem Projekt neuartige Materialien entwickelt werden, bei denen die Faserverstärkung durch bereits während des Herstellprozesses gebildetem ultra-hoch molekularem PE (UHMPE) erreicht wird. Für optimale Materialeigenschaften ist es erforderlich, dass sich das Matrixpolymer und das UHMPE ideal mischen. Da klassische Verfahren wie die Extrusion hier immer versagt haben, zielt dieses Projekt auf eine Mischung direkt am Ort des Entstehens des Polymers: Am Katalysatorkorn, direkt im Polymerisationsreaktor.

Hinzu ist die Entwicklung der neuen Klasse der „Multi-Zentren-Katalysatoren“ erforderlich. Das Matrixpolyethylen, das UHMPE und auch das essentielle Comonomer 1-Hexen werden im Abstand von wenigen Nanometern simultan produziert und damit ideal gemischt.

Ohne die Notwendigkeit aufwendige Reaktorkaskaden zu verwenden, sollen mit den Multi-Zentren-Katalysatoren durch Katalysator-induzierte Nanostrukturierung, polymere Werkstoffe mit überlegenen Eigenschaften wie erhöhter Dimensionsstabilität kombiniert mit Matrixverstärkung, Gas- und Flüssigkeitssperrwirkung sowie elektrischer Leitfähigkeit und erhöhter Schadenstoleranz realisiert werden. Entwicklungsziele des Projekts sind neue gas- und flüssigkeitsdichte PE-Behälter für Flüssiggas, korrosionsfördernde Bio-Treibstoffe, aggressive Chemikalien, neuartige PE-Batteriegehäuse sowie neue PE-Werkstoffe mit erhöhter Wertschöpfung pro Tonne Rohstoff durch verbesserte Bilanz von Festigkeit, Steifigkeit, Schlagzähigkeit und Wärmeformbeständigkeit.

Koordinator: Dr. Shahram Mihan, Basell Polyolefine GmbH, Frankfurt

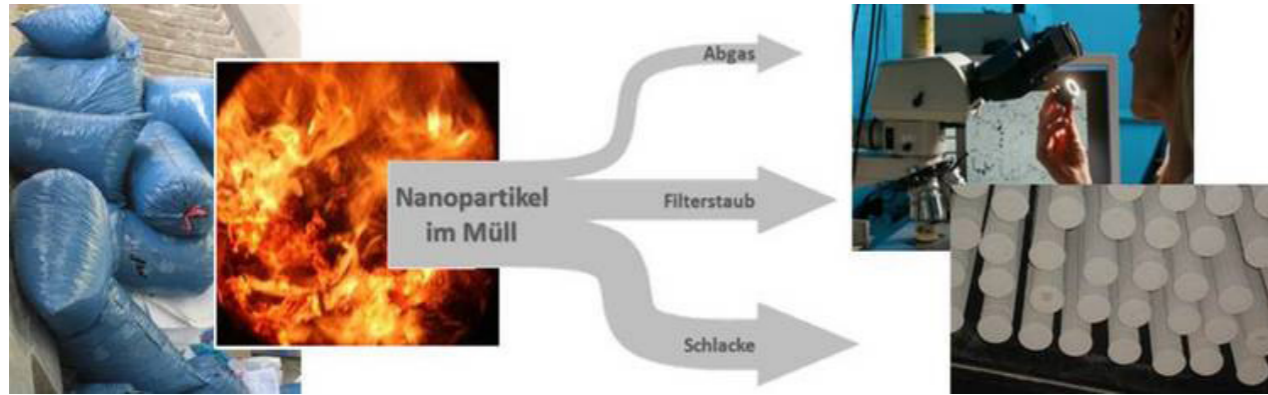
Projektpartner:

- Basell Polyolefine GmbH - Catalyst Systems
- Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg - Fakultät für Chemie und Geowissenschaften - Anorganisch-Chemisches Institut
- Universität Konstanz - Mathematisch- Naturwissenschaftliche Sektion - Fachbereich Chemie - Lehrstuhl für Chemische Materialwissenschaft
- Albert-Ludwigs-Universität Freiburg - Freiburger Materialforschungszentrum (FMF)

Laufzeit: 01.07.2012 bis 30.06.2015

FKZ: 03X3565

NanoEmission – Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung



Im Projekt »Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung« werden für ausgewählte, häufig verwendete nanopartikelhaltige Produkte aus dem Bereich der kommerziellen Nutzung, das Verhalten und die Abscheidung von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung untersucht.

Dabei wird der gesamte Weg vom Reststoff über die Verbrennung, die Filterung des Abgases, die Freisetzung in die Umwelt bis hin zur toxikologischen Bewertung der Wirkung auf den Menschen und die Umwelt betrachtet. Durch die Auswahl und Adaption geeigneter Filtermedien soll die Abscheidung definierter Nanopartikel gezielt realisiert werden. Mit den anfallenden nanopartikelhaltigen Proben erfolgt eine Bewertung hinsichtlich eines vor allem aus humantoxikologischer Sicht notwendigen Abscheidens gefährlicher Nanopartikel aus dem Abgas. Neben den Verbrennungsversuchen im Technikumsmaßstab finden Feldversuche bzw. Messkampagnen unter Einsatz nanopartikelhaltiger Materialien in einer Müllverbrennungsanlage statt, um die Übertragbarkeit von Filtertechnik und Analysemethoden in die Praxis und damit die Anwendbarkeit auf reale Reststoffmischungen hin zu prüfen.

Koordinator: Dipl.-Ing. Samir Binder, Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT-ATZ)

Projektpartner:

- Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT-ATZ)
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Fakultät 5 - Georessourcen und Materialtechnik - Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER)
- Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg - Technische Fakultät - Department Chemie- und Bioingenieurwesen - Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik
- Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg - Medizinische Fakultät - Institut für Umwelttoxikologie
- Herding GmbH Filtertechnik
- Junker-Filter GmbH - Abt. R & D Forschungsabteilung
- Filtration Testing Equipment & Services GmbH
- MVA Weisweiler GmbH & Co. KG - Geschäftsleitung

Laufzeit: 01.05.2013 bis 30.04.2016

FKZ: 03X3578

NANOEMISSION

Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung

Jürgen Oischinger¹, Martin Meiller¹, Robert Daschner¹

¹ Projektkoordination: Fraunhofer UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg, Tel: +49 9661 908-448, Email: juergen.oischinger@umsicht.fraunhofer.de,

Projektpartner aus Forschung... und Industrie

Zielsetzung

Erkenntnisgewinn zum realitätsnahen Emissions- und Abscheideverhalten von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung

- Charakterisierung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln während der Verbrennung
- Bewertung und Optimierung von Filtrationsmedien zur Nanopartikelabscheidung im Abgas
- Human- und ökotoxikologische Bewertung der im Abgas verbliebenen Partikelfraktion

Konzept

- Aufbau einer Modellfilterapparatur und eines Filtertestprüfstandes (Untersuchung bzgl. Abscheideleistung, Druckverlust etc. an mit Nanopartikeln versetzter Originalasche einer MVA)
- Verbrennungsversuche unter Zugabe definierter Nanopartikel im Technikumsmaßstab (Rost-, Wirbelfeuerung) und unter großtechnischen Bedingungen (MVA)
- Identifizierung und Bilanzierung von Nanopartikeln in den Verbrennungsrückständen, im Filtermaterial und im Abgas
- Filteroptimierung und -bewertung in Modellversuchen durch systematische Variation der relevanten Betriebsparameter (Filtermaterial, Filtrationsgeschwindigkeit, Staubkuchenart und -struktur, Regeneration des Filtermediums) und in realen Verbrennungsversuchen
- Abschätzung der biologischen Wirkmechanismen von Nanopartikeln vor und nach der Verbrennung durch detaillierte Untersuchungen zur Aufnahme in Zellen, der Induktion von oxidativem Stress, zu Effekten auf die Genexpression, zum genotoxischen Potenzial sowie der Induktion von Entzündungen und Apoptose

Material und Vorgehensweise

Projektspezifisches Nanomaterial

Bariumsulfat

- Sachtopfer HU-N der Firma Huntsman (Herstellerangabe d_{50} : 40 nm)

Analytik

- Gesamtstaub- und Impaktormessungen sowie Analyse der festen Verbrennungsrückstände
- Strukturanalyse mittels REM/EDX
- Bestimmung des Gehalts an Barium mittels ICP-MS



Abb. 1: Impaktormessungen

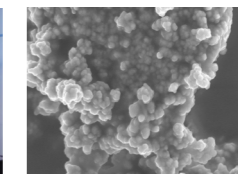


Abb. 2: Bariumsulfat in Pulverform

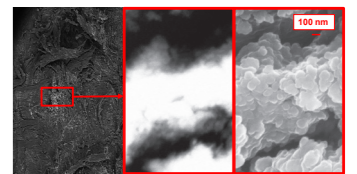


Abb. 3: Bariumsulfat in Holzmatrix gebunden

Untersuchungen zum Emissionsverhalten von Nanomaterialien im Technikumsmaßstab

Herstellung und Verbrennungsverhalten nanomaterialhaltiger Musterbrennstoffe

- Herstellung eines vereinfachten Modellbrennstoffs für Hausmüll:
- Referenzbrennstoff: Holz: ca. 87 Gew.% + Quarzsand: ca. 13 Gew.%
- Nanobrennstoff: Holz + Quarzsand: ca. 11,3 Gew.% + Nano-BaSO₄: ca. 1,7 Gew.%
- Zusätzlich: Eindüsung des nanoskaligen Bariumsulfats in das Rohgas als Worst Case Versuch

Feuerungseinheit und Filtertechnik

- Verbrennungsversuche in einer 100 kW Rostfeuerung mit nachgeschaltetem Heißgasfilter Herding® Alpha der Fa. Herding

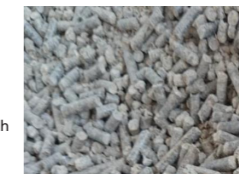


Abb. 4: Produzierte Pellets



Abb. 5: Rostfeuerung



Abb. 6: Filtereinheit

Ergebnisse

Ergebnisse Technikumsversuche

Exemplarischer Verbrennungsversuch mit nanoskaligem Bariumsulfat

- Wiederfindungsrate beträgt 31,42 %
- Großteil des zugegebenen Bariumsulfats in Rostasche
- Sehr geringer Teil im Filterkuchen des Heißgasfilters
- Im Staub des Reingases konnte keine Barium nachgewiesen werden bzw. nur in Höhe des Probenblindwerts des Filters.

Worst Case Versuch (Direkteindüsung Bariumsulfat in Rohgas)

- Kein Nachweis von Bariumsulfat auf den Impaktorstufen im nanoskaligen Bereich bei den Impaktormessungen
- Im Staub des Reingases konnte keine Barium nachgewiesen werden bzw. nur in Höhe des Probenblindwerts des Filters.

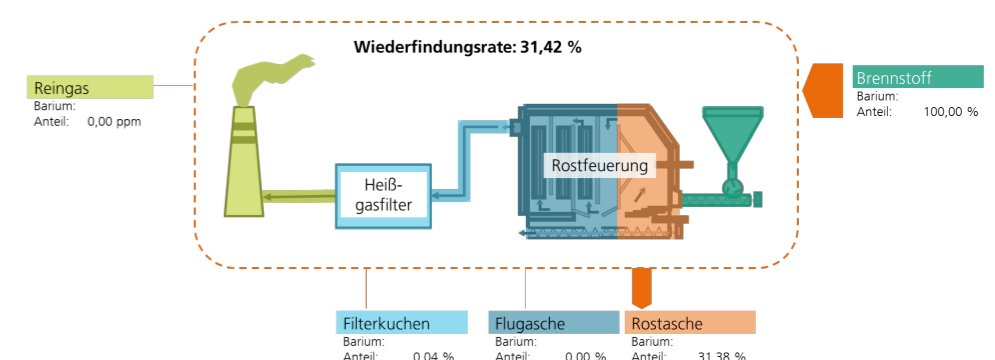


Abb. 7: Verteilungspfade des Bariums beim ersten Verbrennungsversuch mit nanoskaligem Bariumsulfat (Bariumwerte aus der Referenzmessung sind von der Messung mit Bariumsulfat-Zugabe abgezogen).

Laufzeit und Förderung

Das Forschungsprojekt hat eine Laufzeit vom 01.05.2013 bis 30.04.2016, kostenneutral verlängert bis 31.07.2016 und wird gefördert vom BMBF.

Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung

Pawel Jan Baran, M. Eng., Dipl.-Ing. Yves Noël, Prof. Dr. - Ing. Peter Quicker
 Lehr- und Forschungsgebiet Technologie der Energierohstoffe (TEER), Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
 Wülnerstraße 2, 52062 Aachen, Telefon: +49 (0) 241 80 95705, E-mail: info@teer.rwth-aachen.de

Projektpartner

aus Forschung...

und Industrie



Zielsetzung

Erkenntnisgewinn zum realitätsnahen Emissions- und Abscheideverhalten von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung

- Charakterisierung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln während der Verbrennung
- Bewertung und Optimierung von Filtrationsmedien zur Nanopartikelabscheidung im Abgas
- Human- und ökotoxikologische Bewertung der im Abgas verbliebenen Partikelfraktion

Konzept

- Verbrennungsversuche unter Zugabe definierter Nanopartikelchargen im Technikumsmaßstab in einer Wirbelfeuerung
- Untersuchung des Einflusses verschiedener Verbrennungstemperaturen und Luftführungsarten auf das Emissionsverhalten von Nanopartikeln
- Identifizierung und Bilanzierung von Nanopartikeln in den Verbrennungsrückständen, im Filtermaterial und im Abgas
- Anpassung und Optimierung des Herding Filters zur Abscheidung von Nanopartikeln durch systematische Variation der relevanten Betriebsparameter und in realen Verbrennungsversuchen
- Ermittlung der Verteilungspfade von Nanopartikeln bei der Verbrennung

Ergebnisse

Projektspezifisches Nanomaterial
Bariumsulfat
 • Primärpartikelgröße: ~40 nm
 • Dichte: 4,4 g/cm³
 • Partikelgrößenverteilung: d₅₀ = ~100 nm
 • BET-Oberfläche: 31,5 m²/g

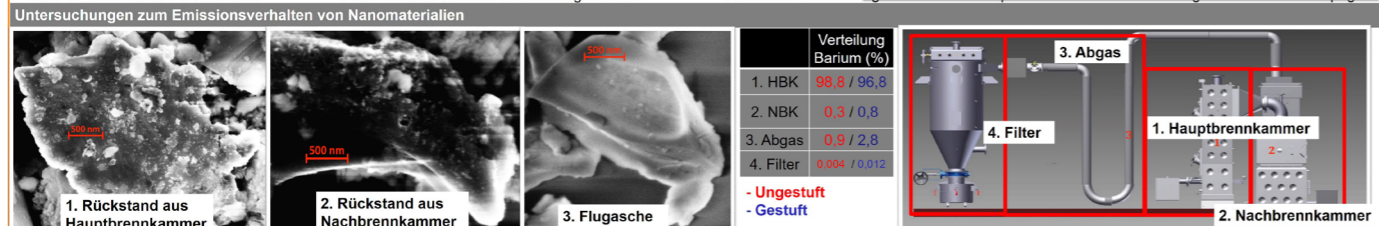
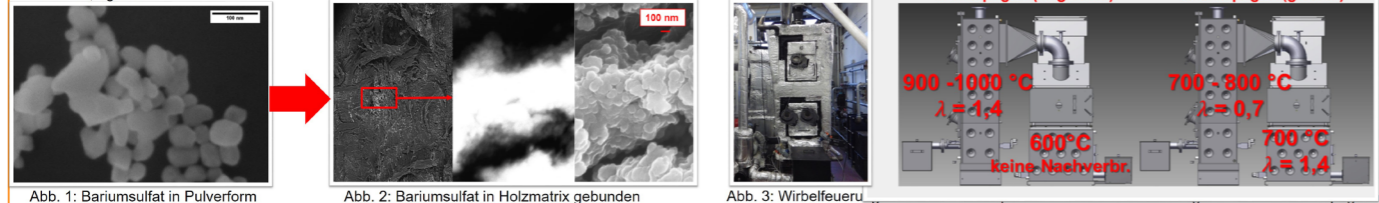


Abb. 5: REM-Aufnahme des Bariumsulfats in Verbrennungsrückständen: kontrastreiche helle Bereiche
 Tab.1. Abb. 6 Verteilungspfade des Bariums in der Versuchsanlage

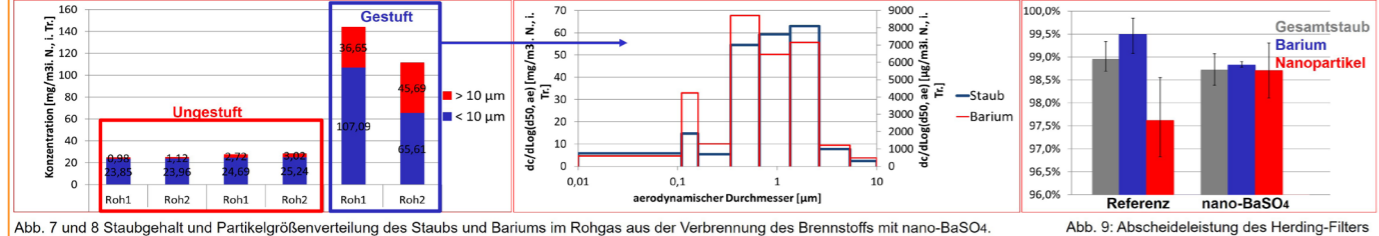


Abb. 7 und 8 Staubgehalt und Partikelgrößenverteilung des Staus und Bariums im Rohgas aus der Verbrennung des Brennstoffs mit nano-BaSO₄.
 Abb. 9: Abscheideleistung des Herding-Filters

Fazit

- Der Großteil des eingesetzten Bariums verbleibt in den festen Verbrennungsrückständen, vorwiegend in der Asche
- Bei hoher Temperatur Agglomeration und Sinterung von Nanopartikeln (bei ungestufter Verbrennung); weniger Agglomeration bei gestufter Verbrennung (geringere Temperatur)
- Abscheidewirksamkeit des Filters in allen Fällen und Korngrößenbereichen hoch
- Geringe Steigerung der Staub-Konzentration im Abgas bei Zufuhr von Nanopartikeln mit dem Brennstoff bei ungestufter Verbrennung; stärkerer Anstieg bei gestufter Verbrennung
- Reduzierende Bedingungen (gestufte Verbrennung) führen zur chemischen Veränderung des nano-Bariumsulfats

Laufzeit und Förderung

Das Forschungsprojekt hat eine Laufzeit vom 01.05.2013 bis 31.07.2016 und wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung

Thaseem Thajudeen, Maximilian Domaschke, Henning Förster und Wolfgang Peukert
 Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Lehrstuhl für Feststoff- und Grenzflächenverfahrenstechnik

Projektpartner

aus Forschung...

und Industrie



Zielsetzung

Erkenntnisgewinn zum realitätsnahen Emissions- und Abscheideverhalten von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung

- Aufbau eines Filterkuchens, um die Bedingungen in der industriellen Schlauchfilteranlage nachzustellen
- Herstellung metallischer Nanopartikel durch Funkenentladung
- Messung der Nanopartikelkonzentration zur Ermittlung der Abscheideeffizienz

Motivation und Konzept

- Verbrennung als kostengünstige und umweltfreundliche Variante zur Abfallbeseitigung
- Mittlerweile enthalten viele Produkte Nanopartikeln zur Verbesserung der Eigenschaften
- Es besteht die Gefahr der Nanopartikelfreisetzung, wenn die in Verbrennungsanlagen installierten Filter die Nanopartikel nicht zurückhalten
- Industrielle Schlauchfilteranlage wird durch VDI-konformen Filterprüfstand nachgestellt
- Verschiedene Teststäube werden zum Aufbau des Filterkuchens benutzt, die Kuchendicke wird über den Filterdruckverlust definiert
- Ultrafeine Nanopartikeln werden durch Funkenentladung hergestellt
- Entfernung der Nanopartikeln durch Flugasche wird mittels Populationsbilanzmodell untersucht
- Untersuchung des Einflusses des Filterdruckverlustes, der Filteranströmgeschwindigkeit und der Gastemperatur auf die Abscheideeffizienz

Zwischenergebnisse

Nanomaterialien und Teststaub+
Kupfer
 • Primärpartikel: ~ 5-15 nm
PURAL SB
 • Herstellerangabe Primärpartikel: ~ 20 µm
Entfernung der Nanopartikel durch Flugasche

Populationsbilanzmodell
 • PARSIVAL wird als Software-Umgebung genutzt
 → Aufgrund der geringen Partikelgröße, kann die Berechnung nicht im Kontinuums-Bereich erfolgen
 → Nanopartikeln können mit Flugaschepartikeln kollidieren und an diesen haften bleiben, dieser Vorgang wird Scavenging genannt.
 → Die Kollisionsrate hängt dabei unter anderem von den Partikelgrößen und der Temperatur ab
 → Simulationsparameter basierend auf Daten der MVA Weisweiler für den realen Prozess
 → Ergebnisse zeigen, dass Scavenging bei großen Flugasche-Konzentrationen relevant wird

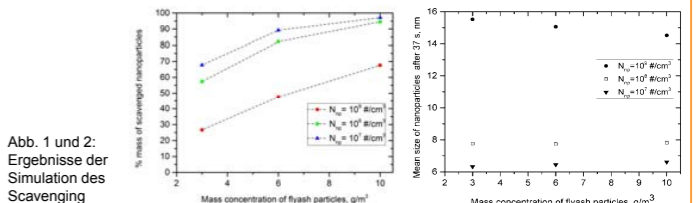


Abb. 1 und 2: Ergebnisse der Simulation des Scavenging

Filterprüfstand nach VDI -Richtlinie 3926

- Aufbau, Erweiterung und Inbetriebnahme des Filterprüfstandes ist abgeschlossen
- Variable Zugabe der Nanopartikel zur Verringerung von Verweilzeit und somit Koagulation auf dem Weg zum Filter
- Messstellen für Scanning Mobility Particle Sizer ermöglicht die direkte Erfassung der Nanopartikelkonzentration vor und nach dem Filter
- Filtrationsexperimente nach VDI 3926 mit Filtermedium identisch zu MVA Weisweiler
- Vergleichende Test mit den Filterstäuben Pural SB und Pural NF
- Gute Reproduzierbarkeit der Ergebnisse, großer Einfluss des Druckverlustes (Filterkuchenhöhe) und der Anströmgeschwindigkeit auf das Filtrationsergebnis

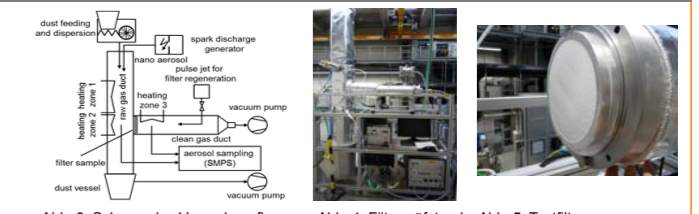


Abb. 3: Schema des Versuchsaufbaus
 Abb. 4: Filterprüfstand
 Abb. 5: Testfilter

Untersuchungen zur Nanopartikelabscheidung am Filterprüfstand

- Ergebnisse**
- Bei Filterdruckverlusten größer 500 Pa ist eine fast vollständige Abscheidung der Nanopartikel gegeben
 - Die Filteranströmgeschwindigkeit spielt eine wichtige Rolle, wie erwartet nimmt die Abscheideeffizienz mit sinkender Geschwindigkeit zu
 - Eine Erhöhung der Gastemperatur verbessert die Abscheideeffizienz durch Erhöhung der Diffusionsgeschwindigkeit der Nanopartikel.
 - Kein „Thermal Rebounding“ kleinster Nanopartikel, d.h. keine thermische Desorption analog zu Gasmolekülen
 - Auch stark gealterte Filter lassen sich durch mehrfache Beladung mit Teststaub regenerieren, sodass wieder eine vollständige Abscheidung der Nanopartikel stattfindet

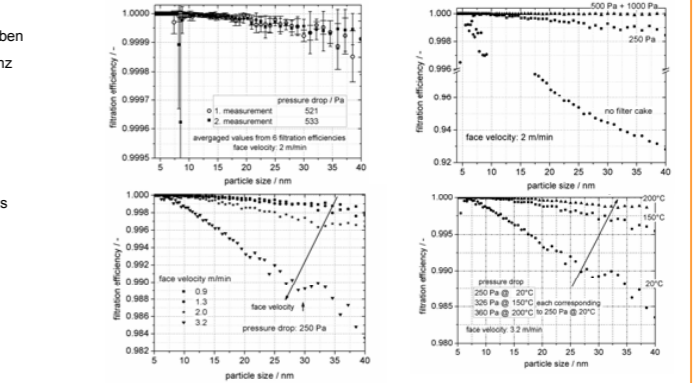


Abb. 6: Ergebnisse der Filtrationsversuche
 Förster H., Thajudeen, T., Funk C., Peukert W., Separation of nanoparticles: Filtration and scavenging from waste incineration plants, Waste Management 52 (2016) 346-352

Handlungsempfehlungen

- Eine Erhöhung der Flugaschekonzentration – etwa durch Sekundärzuführung – kann die Nanopartikelabscheidung durch Intensivierung des Scavenging verbessern
- Der Durchbruch von Nanopartikeln durch den Filter ist nur unmittelbar nach dessen Abreinigung zu erwarten
- Mikroskopische Beschädigungen des Filtermaterials können die Durchtrittsrate von Nanopartikeln drastisch erhöhen, weshalb das Filtermaterial entsprechend geprüft werden muss

Laufzeit und Förderung

Das Forschungsprojekt hat eine Laufzeit vom 01.05.2013 bis zum 30.07.2016 und wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

NANOEMISSION

Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung

Julia Zach¹, Michael Jakuttis¹, Pawel Baran², Peter Quicker², Sarah Thomas³, Felix Glahn³, Heidi Foth³, Henning Förster⁴, Wolfgang Peukert⁴, Anja Hirte⁵, Jürgen Junker⁶, Reiko Fischer⁶, Stefan Hajek⁶, Erwin Schmidbauer⁶, Andreas Fries⁷, Udo Martinett⁷, Peter Gäng⁸

1 Projektkoordination: Fraunhofer UMSICHT, Institutsteil Sulzbach-Rosenberg, Tel: +49 9661 908-418, Email: julia.zach@umsicht.fraunhofer.de,
2 Rheinisch-Westfälische Hochschule Aachen, 3 Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 4 Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg,
5 Junker-Filter GmbH, 6 Herding GmbH Filtertechnik, 7 MVA Weisweiler GmbH & Co. KG, 8 FilTEq GmbH

Projektpartner

aus Forschung... und Industrie

Zielsetzung

Neue Erkenntnisse zum realitätsnahen Emissions- und Abscheideverhalten von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung

- Charakterisierung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln während der Verbrennung
- Bewertung und Optimierung von Filtrationsmedien zur Nanopartikelabscheidung im Abgas
- Human- und ökotoxikologische Bewertung der im Abgas verbliebenen Partikelfraktion

Konzept Teilbereich Heißgasfiltration HERDING GmbH

- Aufbau von zwei Technikumsfiltern für den Einsatz zur Gasreinigung hinter einer Rost- und Wirbelfeuerung. (Aufstellung bei Fraunhofer Umsicht und TEER RWTH Aachen)
- Versuche zur Verbrennung und Rauchgasentstauung unter Zugabe definierter Nanopartikel im Technikumsmaßstab in die entsprechenden Verbrennungsanlagen. (Rost-, Wirbelfeuerung)
- Identifizierung, Verteilung und Bilanzierung von Nanopartikeln in den Verbrennungsrückständen, im Filtermaterial und im Abgas
- Filteroptimierung und -bewertung in Modellversuchen durch systematische Variation der relevanten Betriebsparameter (Filtermaterial, Filtrationsgeschwindigkeit, Staubkuchenart und -struktur, Regeneration des Filtermediums) und in realen Verbrennungsversuchen

Filtrationsergebnisse

Projektspezifische Nanomaterialien

| Titandioxid (Rutil-Modifikation) | Bariumsulfat | Aluminiumoxid (Theta-Modifikation) | Ceroxid |
|---|---|---|--|
| Herstellerrangabe Primärpartikel: ~ 20 nm | Herstellerrangabe Primärpartikel: ~ 60 nm | Herstellerrangabe Primärpartikel: ~ 11 nm | Herstellerrangabe Primärpartikel: ~ 1 nm |

Untersuchungen zum Emissions- und Abscheideverhalten von Nanomaterialien im Heißgasfilter

Aufbau Feuerungseinheiten, Filter- und Messtechnik

- Aufbau und Anpassung einer 100 kW Wirbelfeuerung und einer 100 kW Rostfeuerung mit nachgeschaltetem Heißgasfilter
- Verwendung des gleichen, mit Nanomaterial dotierten, Modellbrennstoffes in beiden Feuerungsanlagen
- Online – Druckluftabreinigung der Filterkerzen entweder abhängig vom Druckverlust oder gem. Zeittakt
- Jedem Abreinigungszyklus folgt die neue Precoatierung mit einem Filterhilfsmittel
- Filtration mit Filterhilfsmittel CaCO₃ (OMYA Carb GU15)
- Gravimetrische Roh- und Reingasmessung über Kaskaden – Impaktor. Ermittlung der Fraktionsabscheidegrade

Abb. 1: Rostfeuerung, Abb. 2: Wirbelfeuerung, Abb. 3: Filtereinheit

Abb. 4: Prinzip Filter – Precoatierung, Abb. 5: Precoaterte Filterkerzen

| Bezeichnung | Wert | Einheit |
|----------------------------|-----------------|--------------------|
| Volumenstrom | 330 | Bm ³ /h |
| Gastemperatur | max. 135 | °C |
| Druckverlust Filter | 1160 - 1880 | Pa |
| Filtrationsgeschwindigkeit | 1,8 | m/min |
| Hilfsmittelschicht | Ca. 900 (netto) | g/m ² |

Filtrationsparameter:

- Filtrationsdauer ca. 18 Stunden.
- Abreinigungsintervall ca. 4,5 Stunden

Ergebnisse Filtrationsversuche Fraunhofer Gesellschaft UMSICHT und TEER RWTH Aachen

Brennstoffe

- Brennstoff A:** Referenzbrennstoff pelletiert: Holzhackschnittel, 10Ma% Quarzsand, 10Ma% Wasser
- Nanomaterialien: CeO₂, TiO₂ und BaSO₄.
- Für Verbrennungsversuche: BaSO₄ lässt sich in der Staubanalytik besser und eindeutiger bestimmen bzw. wiederfinden
- Dotierung des Referenzbrennstoffes mit BaSO₄ Suspension:
 - Brennstoff B:** Dotierung mit NANO BaSO₄ d₅₀ = 0,11µm; ca. 0,35Ma%
 - Brennstoff C:** Dotierung mit MICRO BaSO₄ d₅₀ = 1,70µm; ca. 0,46Ma%

Filtrationsergebnisse (Quelle TEER, RWTH Aachen)

| | Gesamtstaub mg/m ³ IN,Tr | Fraktion <120 nm mg/m ³ IN,Tr | Barium µg/m ³ IN,Tr | Barium Fraktion <120 nm µg/m ³ IN,Tr |
|----------------------|-------------------------------------|--|--------------------------------|---|
| Brennstoff A Rohgas | 18 - 35 | 8 - 14 | 109 | k.A. |
| Brennstoff A Reingas | 0,24 | 0,20 | u.NG | u.NG |
| Brennstoff B Rohgas | 25 - 28 | 15,3 - 17,1 | 942 - 1586 | k.A. |
| Brennstoff B Reingas | 0,26 - 0,40 | 0,11 - 0,15 | 10,4 - 18,9 | u.NG |
| Brennstoff C Rohgas | 34,8 - 36,8 | 17,9 - 25,0 | 664 - 1194 | k.A. |
| Brennstoff C Reingas | 0,23 - 0,33 | 0,12 - 0,16 | 0,0 - 11,3 | u.NG |

Abb. 6: Referenzbrennstoff, Abb. 7: TiO₂, Abb. 8: BaSO₄, Abb. 9: Al₂O₃, Abb. 10: CeO₂

Laufzeit und Förderung

Das Forschungsprojekt hat eine Laufzeit vom 01.05.2013 bis 30.04.2016 (verlängert bis Ende Juli 2016) und wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

NANOEMISSION

Untersuchung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln bei der Abfallverbrennung

Dipl.-Ing. Reiko Fischer
Junker Filter GmbH, Carl-Benz-Str. 11, 74889 Sinsheim, Telefon: +49 (0) 7261 9283-21, E-mail: reiko.fischer@junkerfilter.de

Projektpartner aus Forschung... und Industrie

Zielsetzung

Erkenntnisgewinn zum realitätsnahen Emissions- und Abscheideverhalten von Nanopartikeln bei der thermischen Abfallbehandlung

- Charakterisierung des Emissionsverhaltens von Nanopartikeln während der Verbrennung
- Bewertung und Optimierung von Filtrationsmedien zur Nanopartikelabscheidung im Abgas
- Human- und ökotoxikologische Bewertung der im Abgas verbliebenen Partikelfraktion

Konzept

- Aufbau eines Filterprüfstandes zur Untersuchung des Emissions- und des Druckverlustverhaltens an mit Nanopartikeln versetzten Teststäuben
- Aufbau eines Bypassfilters (Untersuchung bzgl. Emissionsverhaltens und Abscheideleistung an mit Nanopartikeln versetzter Originalasche einer MVA)
- Filteroptimierung und -bewertung in Modellversuchen durch Variation der relevanten Betriebsparameter (Filtermaterial, Filterkonfektionsausführung/Nahtabdichtung) und in realen Verbrennungsversuchen

Ergebnisse

Spezifisches Nanomaterialien

Bariumsulfat

- Primärpartikel: ~ 40 nm
- Dichte: 4,4 g/cm³
- Partikelgrößenverteilung: d₅₀ = ~ 100 nm
- BET-Oberfläche: 31,5 m²/g

Abb. 1: Bariumsulfat in Pulverform

Testprüfstand im Labor

Abb. 2: Filterprüfstand

Bypass-Versuchsfilter an der MVA

Abb. 3: am MVA-Abgas angeschlossener Bypass-Filter

Untersuchungen der Filterschlauchkonfektion auf das Abscheideverhalten

Einfluss der Nähte auf die Reingasemissionswerte

- Nicht jedes Filtermedium lässt sich thermisch schweißen, um konfektionierte Filterschläuche oder -taschen zu fertigen. Insbesondere die Höher-temperatur-Filtermedien für Müllverbrennungsanlagen müssen genäht werden. Der Einfluss der Nähte auf die Reingasemissionswerte kann je nach Nähfadend- und Filtermedium enorm sein.
- Je größer die Nähadeln desto rasanter steigen die Reingasemissionen an. Insbesondere der Feinststaubanteil (PM 2.5) nimmt mit steigender Nadelstärke zu. Nur durch die geschweißte Naht erfolgt keine zusätzliche Nahtemission.

Abb. 4: Emissionsvergleich bei Nadelstärkenvariationen

Abb. 5: PM 2.5 Emissionsanteile bei Nadelstärkenvariationen

Untersuchungen zum Abscheideverhalten von Nanomaterialien - Labormessungen

Ergebnisse am Filterprüfstand (unter Laborbedingungen)

- PTFE-Membran-Filtermedien zeigen deutlich geringere Reingasemissionswerte als Standard-Filtermedien
- Durch Zugabe von nano-BaSO₄ erhöhen sich die Reingasstaubwerte geringfügig.

Abb. 6: Emissionsvergleich von Filtermedien

Abb. 7: Querschnitt Standard-FM (REM), Abb. 8: REM-Aufnahme auf PTFE-Membran

Untersuchungen zum Abscheideverhalten von Nanomaterialien – Realbedingungen (MVA)

Ergebnisse des am MVA-Abgas angeschlossenen Bypass-Filters

- Auch unter Realbedingungen und Zugabe von nano-BaSO₄ zeigt das Membran-Filtermedium mit Nahtabdichtung deutlich geringere Reingasemissionswerte insbesondere im Partikelgrößenbereich von kleiner 95 nm.
- Unter Betrachtung der Gesamtreinigungskonzentration konnte ein Emissionsvorteil im Bereich Faktor 3 beim Membranfiltermedium mit Nahtabdichtung gegenüber einem Standard-Heißgasfiltermedium ermittelt werden.

Abb. 9: PGV's von Membran-FM und Standard-FM

Abb. 10: Emissionswerte Membran-FM und Standard-FM

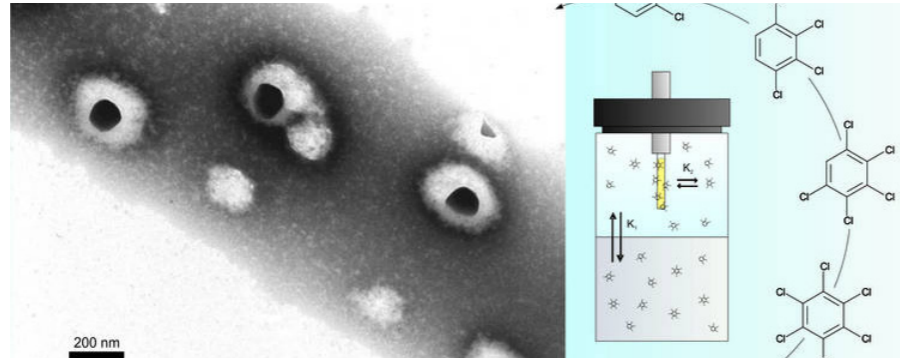
Fazit

- Sehr niedriges Niveau an Reingasstaubkonzentrationen trotz Nanopartikelzugabe im Abgas.
- Hochabscheideaktive PTFE-Membran-Filtermedien kombiniert mit Nahtabdichtungen führen zu einer weiteren Reduzierung der Reingasstaubkonzentrationen um Faktor 3 bzw. im Partikelgrößenbereich kleiner 95 nm um Faktor 10.

Laufzeit und Förderung

Das Forschungsprojekt hat eine Laufzeit vom 01.05.2013 bis 31.07.2016 und wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung

NanoPOP - Mikrobielle Synthese und Recycling von Hybrid Palladium-Nanokatalysatoren und ihre Anwendung für die Behandlung von persistenten Umweltschadstoffen



Platingruppenmetalle werden als Industriekatalysatoren in chemischen Prozessen, zur Reinigung von technischen Gasen, als Abgaskatalysatoren und in vielen weiteren Produkten der Automobil-, Elektronik-, und Medizinindustrie genutzt. Außerdem dienen sie zur Erzeugung und Speicherung alternativer Energien zum Beispiel in Solarzellen oder bei der Wasserstoffspeicherung in Brennstoffzellen. Die Entwicklung der Zukunftstechnologien hat die Nachfrage nach vielen Platingruppenmetallen verstärkt. Der ständig steigende Bedarf kann in Zukunft nicht mehr über die verfügbare Fördermenge aus den Minen gedeckt werden. Neben der effizienten Nutzung vorhandener Ressourcen ist daher ein vollständiges und nachhaltiges Recycling bzw. die Aufbereitung der Edelmetalle aus verschiedensten Industrieanwendungen nötig. Die derzeit verwendeten konventionellen pyrometallurgischen und hydrometallurgischen Recycling-Methoden sind jedoch wenig nachhaltig und mit hohem Energieaufwand bzw. dem Einsatz und der Freisetzung von giftigen Chemikalien verbunden. Im Rahmen von NanoPOP werden umweltfreundlichere „biometallurgische“ Recycling-Methoden entwickelt. So sollen bei diesem Forschungsvorhaben Konzepte für ein nachhaltiges Recycling und eine ökonomisch wettbewerbsfähige Alternative für die Rückgewinnung von Edelmetallen aus metallhaltigen Abfällen und Abwässern erprobt werden. In dem nanobiotechnologischen Verfahren nutzen die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler Schwermetall-tolerante Bakterien als „recyclbare“ Produzenten. Die Bakterien erzeugen gleichzeitig höchst aktive Nanokatalysatoren auf nachhaltigem Weg. Bei diesem biotechnologischen Prozess laufen mikrobielles Wachstum, Metallreduktion und Nanopartikel-Bildung simultan ab. Die mit Hilfe von Bakterien produzierten Edelmetall-Nanopartikel sollen für die Entfernung von langlebigen Schadstoffen und pathogenen Mikroorganismen eingesetzt werden – ein Ansatz, der auf die Behandlung von Abwässern und auf Umweltsanierungsverfahren erweiterbar ist. Mit der Verwendung der hergestellten Materialien für neuartige Beschichtungstechniken und Edelmetall-beschichteten Keramikoberflächen und Nanofasern bleibt das Verfahren nicht auf chemische Technologien und Umwelttechnologien beschränkt. Es lässt sich auch für verschiedene andere industrielle Anwendungen nutzen, zum Beispiel in der Fahrzeugindustrie.

Koordinator: Dr. Michael Bunge, Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Angewandte Mikrobiologie-IFZ

Projektpartner:

- Justus-Liebig-Universität Gießen
- Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung GmbH (UFZ), Leipzig
- Technische Universität Dresden
- Institut für Gewässerschutz Mesocosm GmbH, Homberg/Ohm
- Rhenotherm Kunststoffbeschichtung GmbH, Kempen
- Tomsk Polytechnic University, Russland (assoziierter Partner)

Laufzeit: 01.02.2013 bis 31.01.2016

FKZ: 03X3571

Fixierung von bioPalladium-Katalysatoren

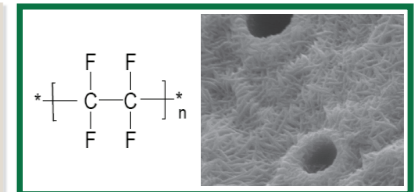
Immobilisation der Nanopartikel durch Einbettung in Beschichtungsmatrices mit Erhaltung der katalytischen Wirkung und der Möglichkeit eines späteren Recyclings des Palladiums

Innerhalb des Verbundvorhabens NanoPOP erforscht die Firma Rhenotherm die Fixierung der bioPalladium-Katalysatoren durch Einbettung in eine geeignete Beschichtungsmatrix. Die katalytische Wirkung soll erhalten bleiben und ein späteres Recycling des Palladiums ermöglicht werden. Die Beschichtung soll bevorzugt auf keramische Oberflächen oder Kunststoffoberflächen aufgebracht werden und ein Auswaschen oder einen Abtrag der Katalysatoren verhindern. Vor allem Beschichtungsstoffe, die bei niedrigen Temperaturen vernetzen bzw. eingesintert und in möglichst dünnen Schichten (<10µm) aufgetragen werden können, sind sinnvoll. Dazu gehören Beschichtungen mit amorphem Fluorpolymer (z.B. Hyflon AD von

Solvay Solexis) aber auch Lacke, die im Sol-Gel-Verfahren verarbeitet werden können. Alle vorgesehenen Beschichtungsstoffe können mit herkömmlichen Beschichtungsverfahren wie Spritzen und Tauchen verarbeitet werden. Im ersten Schritt werden die Beschichtungen deshalb derart appliziert. Je nach Geometrie der geplanten Filtereinheiten muss die Applikation anschließend entsprechend angepasst werden und ggf. je nach späterer Stückzahl auch eine Automation in Betracht gezogen werden. Um die katalytische Wirkung innerhalb der Beschichtungsmatrix zu ermöglichen wurden drei Lösungsansätze verfolgt, deren Ergebnisse nachfolgend erläutert werden.

1) Poröse Beschichtungsmatrices (z.B. PTFE)

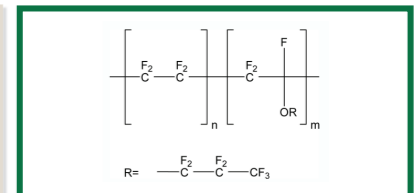
Beim Werkstoff Fluorpolymer ist bekannt, dass dieser nicht diffusionsdicht ist und dies gilt auch für amorphe Fluorpolymere, wobei eine möglichst dünne Schicht die Diffusion beschleunigen kann. Weitere poröse Werkstoffe sind Aerogele, die zum Beispiel auf Siliziumverbindungen basieren und die im Sol-Gel-Verfahren verarbeitet werden können.



Beschichtungsmatrix Polytetrafluorethylen (PTFE)

2) Stratifikation der Nanopartikel an der Beschichtungs Oberfläche (Thermoplaste, FEP, PFA)

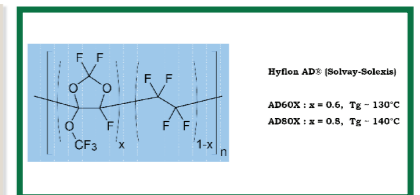
Durch Zugabe geeigneter Stabilisatoren und Lösungsmittel ist es denkbar, die nanoskaligen Katalysatoren im Sinterprozess an die Oberfläche der Beschichtung zu bringen. Des Weiteren ist es möglich durch geeignete Applikationstechniken eine Anordnung der Partikel möglichst nah an der Beschichtungs Oberfläche zu erzielen. Dies ist beispielsweise durch Applikation eines Mehrschichtsystems realisierbar.



Beschichtungsmatrix Fluorethylenpropylen (FEP)

3) Immobilisation der Nanopartikel durch Ausnutzung ihrer magnetischen Eigenschaften

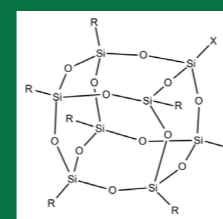
Der Projektpartner UFZ befasste sich in seinem Teilprojekt unter anderem mit der Herstellung von Pd-Partikeln mit magnetischen Eigenschaften. Dies sollte vor allem die Recyclingfähigkeit des wertvollen Rohstoffs Palladium ermöglichen, indem die Pd-Partikel mit Hilfe von Magneten abgetrennt oder immobilisiert werden können. Rhenotherm wollte diese magnetischen Eigenschaften nutzen, um die Partikel in der Matrix zu verankern. Dies kann zum Beispiel durch Zugabe magnetischer Füllstoffe realisiert werden, an die sich die Pd-Partikel unter Ausnutzung ihrer magnetischen Eigenschaften anlagern sollten.



Beschichtungsmatrix Hyflon AD

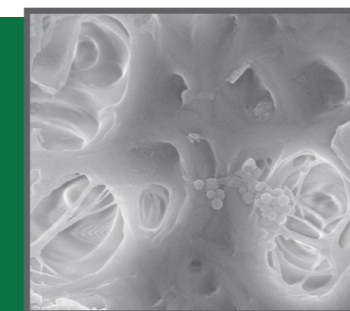
Ergebnis

Im Rahmen des Projekts konnten sowohl künstlich hergestellte Referenzpartikel als auch bioPd-Partikel erfolgreich in Beschichtungsmatrices eingebettet werden. Die Partikel lagen größtenteils in agglomerierter Form vor und waren stochastisch in der Matrix verteilt.

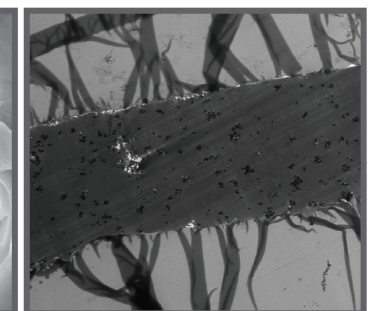


Als geeignete Beschichtungsmatrices haben sich amorphe Fluorpolymere und Fluorelastomere herausgestellt. Bedingt durch die niedrigen Verarbeitungstemperaturen wurden die Partikel durch den Aushärtprozess nicht in Mitleidenschaft gezogen bzw. oxidiert. Beide Matrices erlaubten zudem eine katalytische Aktivität, wobei diese teilweise fast so stark ausgeprägt war, wie bei Referenzproben direkt in Lösung gebracht und damit frei verfügbarer Pd-Partikel.

Mögliche Einsatzgebiete für die entwickelte Beschichtung sind zum Beispiel Bauteile wie Filter für Klär- oder Wasseraufbereitungsanlagen zur Beseitigung persistenter organischer Verbindungen.



Beschichtungsmatrix PTFE mit Pd-Nanopartikeln



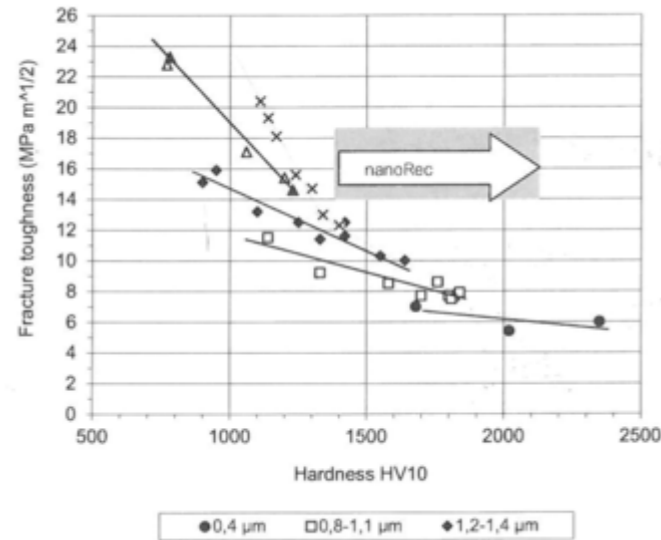
Dünnschnitt durch eine Pd-gefüllte Beschichtung mittels TEM

Rhenotherm Kunststoffbeschichtungs GmbH
Peter-Jakob-Busch-Str. 8
47906 Kempen
www.rhenotherm.de

Projektleiterin des Teilprojekts
Dipl.-Ing. Christina Hensch
Leiterin der Abteilung Forschung & Entwicklung bei der Rhenotherm Kunststoffbeschichtungs GmbH



nanoRec - Harte Werkstoffe und Verschleißschutzschichten erhöhter Lebensdauer auf der Basis von neuartigen und recycelten Nanomaterialien



Das Gesamtziel des Vorhabens besteht in der Erhöhung der Ressourceneffizienz durch Materialinnovation, im Besonderen in der Senkung des spezifischen Bedarfs strategischer Metalle wie Wolfram und Cobalt, der intelligenten und effizienten Nutzung rückgewinnbarer nanoskaliger Werkstoffe, dem Ersatz von natürlichem Diamant durch synthetische Stoffe und dem Ersatz des umwelt- und gesundheitsgefährdenden Cobalts durch weniger bedenkliche Metalle. Die Arbeiten sind auf eine Verbesserung des Verschleißschutzes von mit Hartmetallen und Spritzschichten armierten Bauteilen ausgerichtet. Die zu erarbeitenden prinzipiellen Lösungen schaffen zugleich Grundlagen für neuartige Hartmetalle für die Zerspanung und reichen weit über das im Projekt betrachtete Anwendungsfeld hinaus.

Die Zielstellung soll durch die Entwicklung einer neuen Klasse von Verbundwerkstoffen und Verschleißschutzschichten erreicht werden, die aus einer harten Wolframcarbid- und einer duktilen metallischen Bindephase bestehen. Die Größe der Hartstoffteilchen kann dabei wie bei kommerziellen Hartmetallen zwischen wenigen bis einigen Hundert Mikrometern liegen. Abweichend von bekannten Hartmetallen und hartmetallähnlichen Verschleißschutzschichten bestehen die Hartstoffkörner aber nicht aus Einkristallen, sondern sie stellen aus nanoskaligen Kristalliten bestehende hartversinterte Polykristalle dar, deren Härte (bis 3300 HV0,1) deutlich über der von Einkristallen liegt.

Es wird erwartet, dass die neuen Legierungen auf Grund von verbesserten Härte-Zähigkeits-Kombinationen zu einer merklichen Standzeitsteigerung von Verschleißschutzschichten und stark abrasiv beanspruchten Werkzeugen führen.

Koordinator: Dr. Cornel Schreuders, DURUM Verschleißschutz GmbH

Projektpartner:

- DURUM Verschleißschutz GmbH
- FCT Systeme GmbH
- Fraunhofer Institut für Keramische Technologien und Systeme (IKTS)

Laufzeit: 01.04.2013 bis 31.03.2016

FKZ: 03X3573

nanoRec – Harte Werkstoffe und Verschleißschutzschichten erhöhter Lebensdauer auf der Basis von neuartigen und recycelten Nanomaterialien

J. Pötschke*, V. Richter*, F. Schreiber², T. Erpel², J. Hennicke³

*Fraunhofer-Institut für Keramische Technologien und Systeme IKTS

²DURUM Verschleißschutz GmbH, ³FCT Systeme GmbH

MOTIVATION

Die Erhöhung der Ressourceneffizienz durch Materialinnovation, im Besonderen durch Senkung des spezifischen Bedarfs strategischer Metalle wie Wolfram und Cobalt, der intelligenten und effizienten Nutzung rückgewinnbarer nanoskaliger Werkstoffe, dem Ersatz von natürlichem Diamant durch synthetische Stoffe, dem Ersatz des umwelt- und gesundheitsgefährdenden Cobalts durch weniger bedenkliche Metalle und die Senkung des Energiebedarfs in chemischen Prozessen sowie beim Sintern sind die Ziele dieses Projektes. Die Arbeiten sind auf eine Verbesserung des Verschleißschutzes von mit Hartmetallen und Spritzschichten armierten Bauteilen ausgerichtet. Die zu erarbeitenden prinzipiellen Lösungen reichen aber weit über dieses Anwendungsfeld hinaus und ermöglichen so z. B. die Herstellung neuartiger polykristalliner Hartmetalle.

ZIEL UND WEG

Ein bislang unüberwindlicher Nachteil sehr feinkörniger und nanoskaliger Hartmetalle besteht in der ungünstigen Kombination von Härte und Bruchzähigkeit. Für nanokristalline Hartmetalle steigt die Bruchzähigkeit mit zunehmendem Bindergehalt kaum noch an, weil die Cobalt-Bereiche zwischen den Hartstoffkörnern (Wolframcarbid = WC) durchweg sehr dünn sind und den Bruch nicht mehr durch plastische Deformation abfangen können.

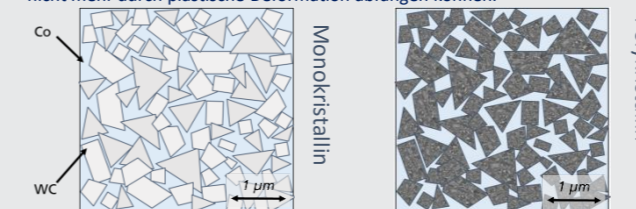


Bild 1: Schaubild für konventionelle (monokristalline) Hartmetalle (links) und polykristalline Hartmetalle (rechts). Das Ziel ist die Substitution der einkristallinen WC-Körner in Hartmetalllegierungen mit mittlerem und grobem WC-Korn durch polykristalline Körner gleicher Größe (Bild 1), so bleibt die Bruchzähigkeit nahezu unverändert, weil die Dicke der für die Zähigkeit verantwortlichen Cobaltschichten nicht geändert wird. Gleichzeitig steigt die Härte des Hartstoffes deutlich an, weil im nanoskaligen Polykristall eine plastische Deformation weitgehend unterdrückt wird.

ERGEBNISSE – POLYKRISTALLINE HARTMETALLE

Durch die Verwendung von recyceltem und synthetisiertem feinkörnigen Wolframcarbid wurden mittels moderner Sintertechnologien polykristalline Hartmetalle mit verschiedenen Cobaltgehalten sowie Partikelgröße und -Form der polykristallinen Hartstoffkörner (WC) hergestellt. Sie unterscheiden sich von konventionellen Hartmetallen dadurch, dass jedes vom Binder umschlossene Hartstoffkorn aus sehr vielen nanoskaligen Wolframcarbidkörnern besteht (Bild 1 und 2). Durch die gezielte Wahl der Partikelgröße und des Bindergehaltes können deutlich gesteigerte Härte-Bruchzähigkeits-Werte erreicht werden. In der aktuell besten Zusammensetzung kann so die Härte um etwa 250 HV Einheiten gesteigert werden, ohne einen Abfall der Bruchzähigkeit zu beobachten. Durch eine weitere Optimierung ist hier mit einer weiteren Steigerung zu rechnen.

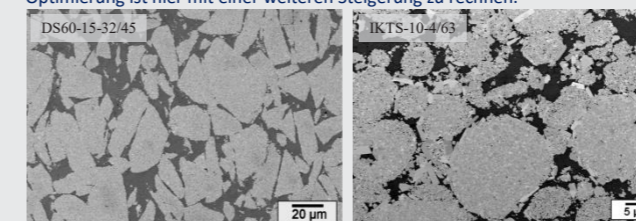


Bild 2: Polykristallines Hartmetall, aus recyceltem polykristallinem WC (links) und aus synthetisiertem polykristallinem WC (rechts)

ERGEBNISSE – VERSCHLEISSCHUTZ

Die Aufarbeitung von industriellem Wolframcarbid Hartschrott zu polykristallinen WC-Partikeln, welche für die Verarbeitung mittels Plasmapulverauftragschweißen (PTA) geeignet sind, konnte erfolgreich umgesetzt werden. Hierzu ist der Schrott so aufgearbeitet worden, dass das recycelte Material in einer für PTA geeigneten Körnung vorliegt. Neben den PTA geschweißten Verschleißschutzschichten ist im Rahmen dieses Projektes auch die Machbarkeit von gesinterten Schichten vom recycelten Hartschrott untersucht worden.

Abbildung 3 zeigt einen Querschliff, einer Rundprobe, welche mit recyceltem Material mittels einem Sintervorgang hergestellt worden ist. Die Proben wurden mittels genormten Verschleißtests geprüft und erreichen Werte die ähnlich den jungfräulichen Material sind.



Bild 3: SPS gesinterte Schicht mit 90% recyceltem polykristallinem WC auf einem Stahlsubstrat.

ERGEBNISSE – WOLFRAMCARBIDKOMPAKTIERUNG

Parallel zur Wiederverwendung von gebrauchtem Wolframcarbid wurde die Herstellung von hochharten Wolframcarbidkörpern aus besonders feinen Ausgangspulvern untersucht, aus denen sich Verschleißteile mit hoher Lebensdauer fertigen lassen. Durch die Verwendung druckunterstützter Kurzzeitsinteranlagen mit Hybrid-Heizverfahren („FAST/Hybrid“) lässt sich im Vergleich zum – dem konventionellen Heißpressen bereits weit überlegenem – Spark-Plasma-Sintern („FAST/SPS“) nochmals eine signifikante Steigerung der Effizienz und Bauteilqualität erreichen, insbesondere bei großflächigen Bauteilen.

Bild 4 illustriert die Überlegenheit von FAST/Hybrid: Platten aus reinem Wolframcarbid Ø300mm x 8mm lassen sich nahezu vollständig verdichten (grüne Kurve), während bei FAST/SPS trotz identischer Heizkurve und verlängerter Haltezeit mehr als 4% Restporosität verbleiben.

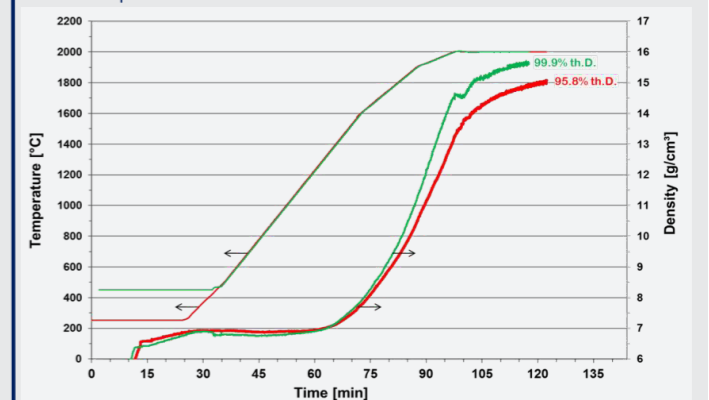
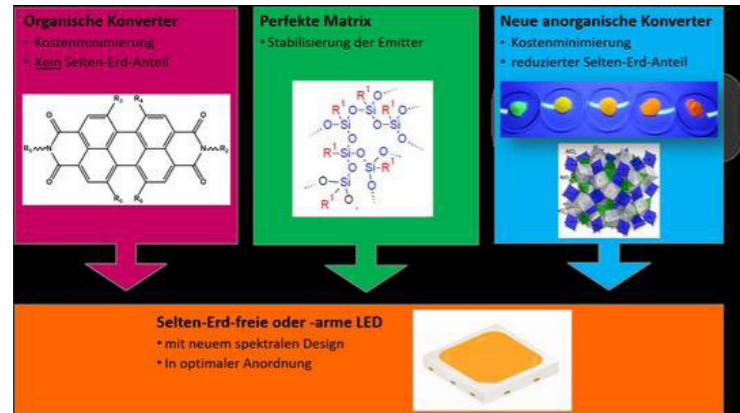


Bild 4: Vergleich der Verdichtung von Wolframcarbidplatten Ø300mm x 8mm bei FAST/SPS und FAST/Hybrid

ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK:

- Es wurde ein Verfahren entwickelt, um binderfreie Hartmetalle für eine Wiederverwendung aufbereiten zu können. Dabei wurden polykristalline Wolframcarbidpartikel von ~ 60 µm gewonnen, die zu neuartigen Verschleißschutzschichten mit deutlich gesteigerter Abriebfestigkeit verarbeitet werden.
- Durch den Einbau von polykristallinen Wolframcarbidkörnern anstelle von monokristallinen Körnern konnten neuartige Hartmetalle mit gesteigerten Härte/Bruchzähigkeits-Kombination entwickelt werden.
- Der Einsatz der SPS-Technik erlaubt die schnelle Herstellung von besonders hoch qualitativem Wolframcarbid-Verschleißschutzplatten.

ORCA - Organische und Seltenerd-reduzierte Konversionsmaterialien für LED-basierte Beleuchtung



ORCA beschäftigt sich mit der Erforschung und Entwicklung von neuen Ansätzen für effiziente und langlebige anorganische und organische Konvertermaterialien in Weißlicht LEDs. Die zu Grunde liegenden Systeme können vollkommen ohne oder zumindest mit einem signifikant niedrigeren Gehalt an Seltenen Erden (wie z.B. Yttrium, Lutetium) auskommen. Im Detail werden organische Konversionsleuchtstoffen erforscht, welche die vorhandenen Anforderungen der Allgemeinbeleuchtung bezüglich Farbe, Effizienz, Zuverlässigkeit und Lebensdauer erfüllen. Durch Einbettung in neue Matrixmaterialien kann die Stabilität dieser Farbstoffe beträchtlich erhöht werden, wodurch sie eine Alternative zu konventionellen seltenerdhaltigen Materialien darstellen. Im Projekt werden zwei Konzepte überprüft, zum einen sollen organische Konversionsleuchtstoffe komplett die klassischen Farbstoffen ersetzen, zum anderen kann durch Kombination von traditionellen Farbstoffen mit den organischen Verbindungen zumindest der Gehalt an Seltenen Erden drastisch reduziert werden. Zudem sollen Anwendungskonzepte in LED-basierten Lichtquellen entwickelt werden, die für die Leuchtstoffe besonders vorteilhafte Einsatzbedingungen erlauben und damit im System sogar effizienter werden können als heutige LEDs. Die angestrebten Forschungsaktivitäten ermöglichen Weißlicht-LEDs mit organischen oder anorganischen Konvertern oder einer Kombination aus diesen, die im Vergleich zum Stand der Technik erhebliche Vorteile aufweisen:

- Drastische Kostensenkung der anorganischen Konverter um bis zu 70% durch den Austausch von Seltenen Erden durch Erdalkali-Metalle
- Unabhängigkeit von geopolitisch beeinträchtigten Marktzugängen und verstärkte Nutzung einheimischer und preiswerter Rohstoffe
- Steigerung der Konversionseffizienz (>90%), Stabilität und der Lebensdauer organischer Konverter (LM 80 @ 50.000 Stunden) in LED-Anwendungen
- Neuartige Matrixmaterialien für Einbettung der Konverter sowie deren bessere Verarbeitbarkeit in der LED-Herstellung

Koordinator: Dr. Britta Götz, Osram Opto Semiconductors GmbH

Projektpartner:

- OSRAM Opto Semiconductors Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- BASF SE - GOI/E - B 001
- OSRAM GmbH
- Universität des Saarlandes - Fakultät 8 - Naturwissenschaftlich-Technische Fakultät III - Professur für Anorganische Festkörperchemie

Laufzeit: 01.05.2016 bis 30.04.2019

FKZ: 03XP0050

ORCA - Organische und Seltenerd-reduzierte Konversionsmaterialien für LED-basierte Beleuchtung

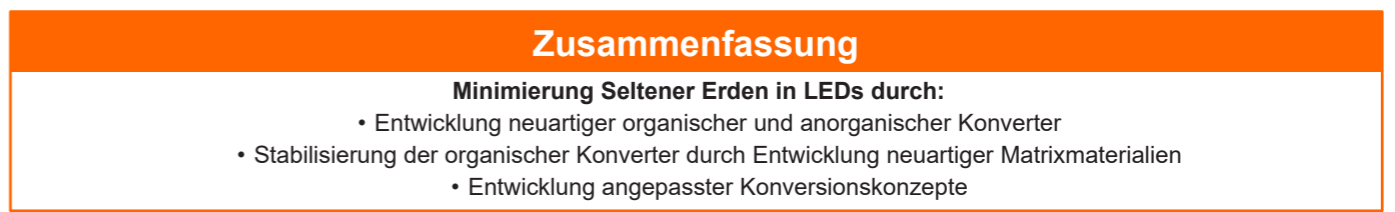
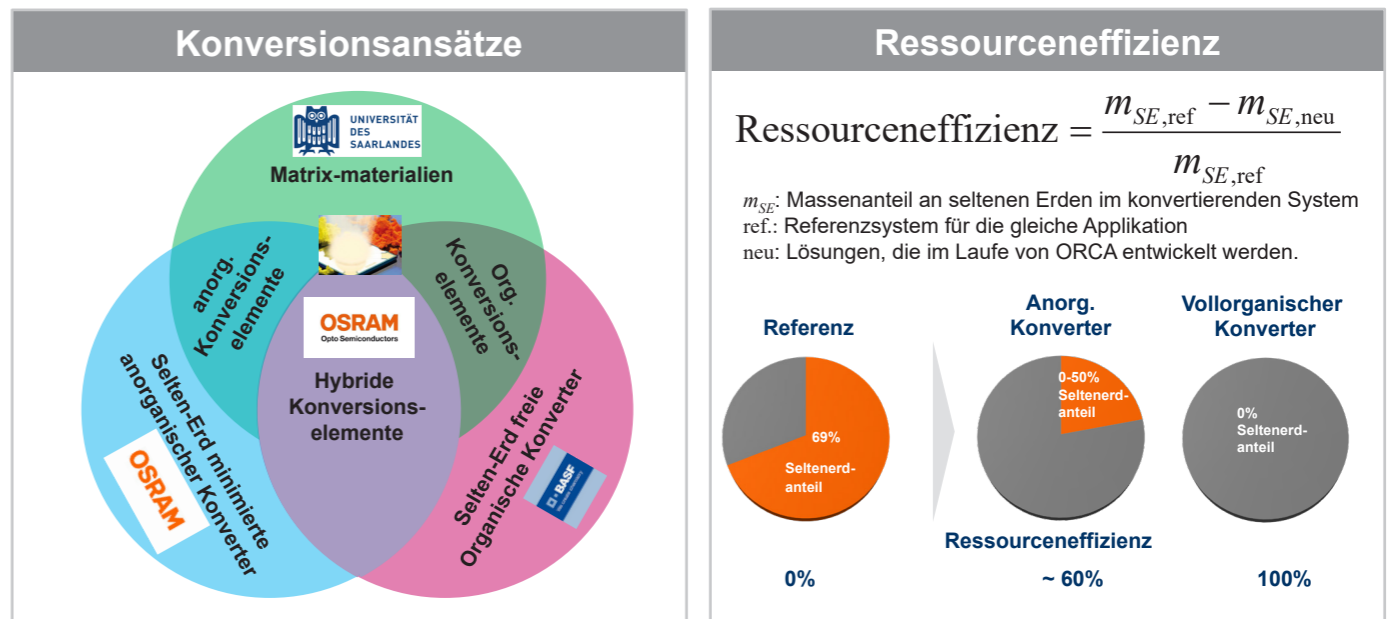


MatRessource

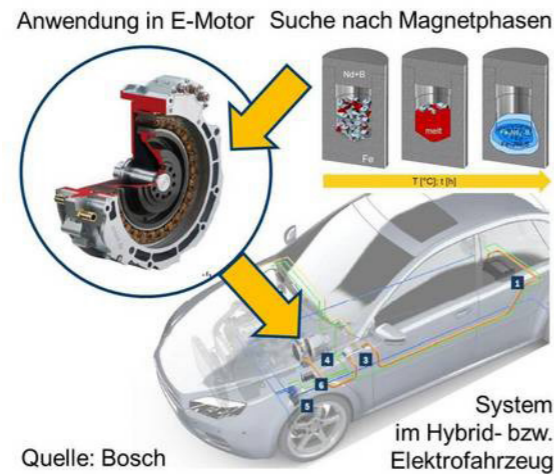
FKZ 03XP0050A

Projektpartner:

BASF SE, OSRAM GmbH, OSRAM Opto Semiconductors GmbH, Universität des Saarlandes



Perfekt-Neue Permanentmagnetmaterialien für die Ressourceneffizienz – kostengünstig und seltenerdmetallfrei/-reduziert



Eine der größten gesellschaftlichen und technologischen Herausforderungen ist die Reduzierung der Umwelt- und Klimabelastung durch fossile Brenn- und Kraftstoffe. Die nachhaltige Etablierung von ressourceneffizienter Mobilität (z.B. Hybridantriebe, E-Mobilität) und die Energiegewinnung über erneuerbare Ressourcen (z.B. Windkraft) innerhalb wirtschaftlich attraktiver Rahmenbedingungen tragen wesentlich zum Gelingen bei. Aktuell eingesetzte Hartmagnetwerkstoffe, wie Neodym-Eisen-Bor-Magnete, zeichnen sich durch hohe Leistungsfähigkeit aus, beinhalten jedoch einen sehr hohen Anteil strategisch kritischer Rohstoffe (Seltene Erden). Damit verbunden sind hohe Materialkosten und Preisvolatilität sowie Abhängigkeit von Fördermonopolen. Die im Projekt zu findenden neuen Hartmagnete mit hoher Leistungsdichte bei gleichzeitig wesentlich reduziertem Gehalt spezifischer kritischer Rohstoffe stellen für die wirtschaftlich attraktive Energiewandlung eine Schlüsselinnovation dar. Die damit verbundene höhere Planungssicherheit für Hersteller von Endprodukten (E-Motoren / Generatoren) fördert deren Investitionsbereitschaft und so technische Innovation.

Priorisierte Suchfelder für neue technisch / wirtschaftlich attraktive höher komponentige Hartmagnetsysteme werden über wissenschaftlich fundierte heuristische Priorisierungsmodelle und materialphysikalische theoretische Modellierung gezielt eingegrenzt. Die identifizierten interessanten Materialsysteme werden im Experiment mittels ausgereifter High-Throughput Methoden hergestellt und hinsichtlich ihrer magnetischen Eigenschaften charakterisiert. Für die Bewertung ihres Potentials werden interessante neue Magnetphasen isoliert hergestellt und durch Weiterverarbeitung zu polymerebenen Magneten anwendungsnah getestet.

Die weiterentwickelten Methoden und das Wissen um die neuen Hartmagnetmaterialien, deren magnetische Eigenschaften sowie der mögliche patentrechtliche Schutz fließen in die Erzeugnisentwicklung der beteiligten Firmen ein. Dadurch wird potenziell eine technologische Marktführerschaft im Bereich der Antriebsmotoren für Elektrofahrzeuge durch Senkung der Materialkosten, Erhöhung des Drehmomentes und/oder Reduzierung von Motorgröße/-gewicht und neuer maßgeschneiderter Sensorsysteme möglich.

Koordinator: Holger Wüst, Robert Bosch GmbH, Hildesheim

Projektpartner:

- Robert Bosch GmbH (Koordinator)
- Hochschule Aalen
- Fraunhofer Institut für Werkstoffmechanik (IWM)
- Magnetfabrik Bonn GmbH
- Max-Planck-Institut für Intelligente Systeme

Laufzeit: 01.10.2015 – 30.09.2018

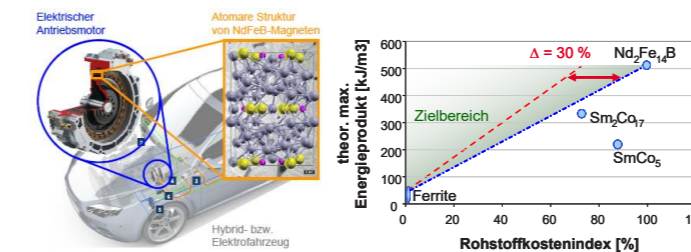
FKZ: 03XP0023A

Neue Permanentmagnetmaterialien für die Ressourceneffizienz – kostengünstig und seltenerdmetallfrei/-reduziert

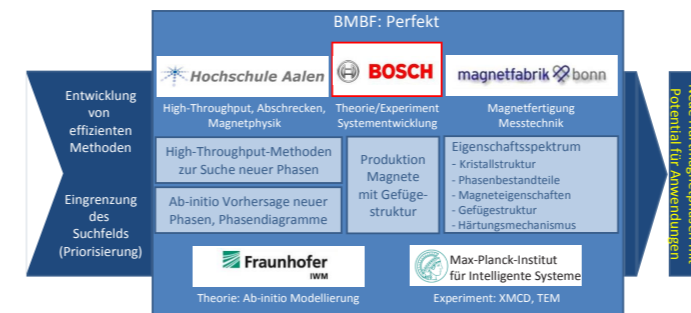
Motivation des Projektkonsortiums

Ausgangssituation

Fe-Nd-B Sintermagnete sind vielversprechend für einen leistungsstarken Antriebsstrang von E-Fahrzeugen. Allerdings sind die verwendeten RE-Metalle teuer und unterliegen großen Versorgungsrisiken.



Projektkonsortium und Projektziele

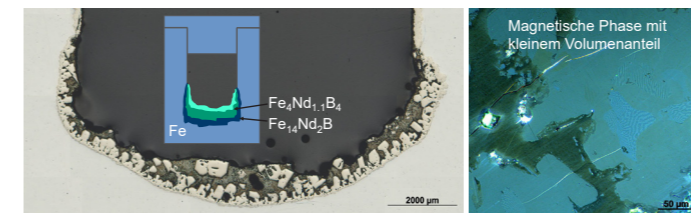


Ziel 1: Reduzierung des RE-Gehalts der hartmagnetischen Phase.

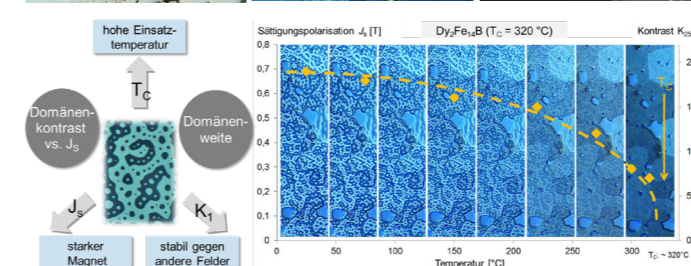
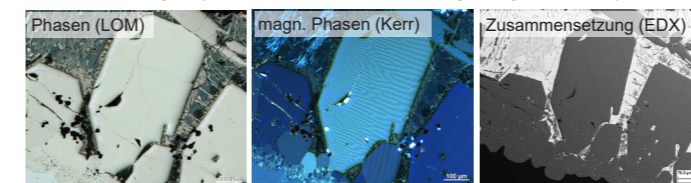
Ziel 2: Verringerung der Abhängigkeit bei den Rohstoffen

Experiment: High-Throughput-Screening

Effiziente Synthese (heterogene Nichtgleichgewichtszustände)



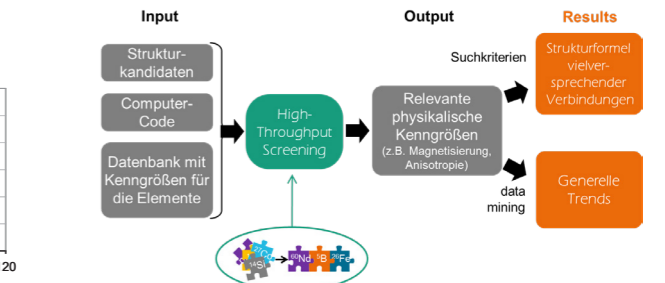
Effiziente Analyse (korrelative Mikroskopie – Magneteigenschaften)



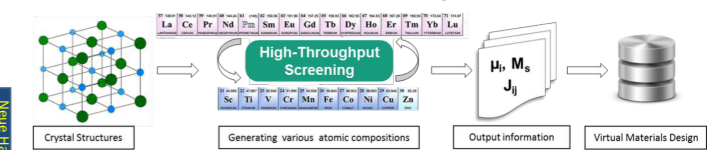
Theorie: High-Throughput-Screening

Ab-initio Screening von magnetischen Phasen

1. Berechnungsstrategie



2. Schematischer Ablauf des ab-initio Screenings



Berechnung der Curie Temperatur

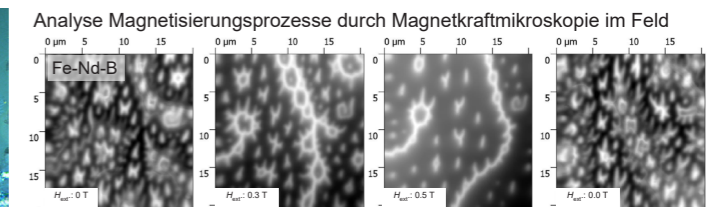
Die Curie Temperatur wird durch die Anwendung eines Heisenberg Modells für das Spin-System in einem Monte Carlo Algorithmus berechnet:

$$H = \sum J_{ij} \sigma_i \sigma_j \quad J_{ij}: \text{Austauschkonstante}$$

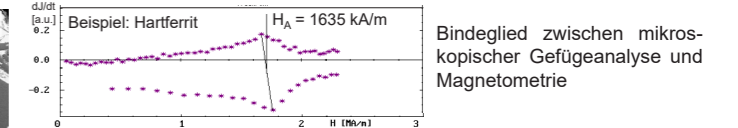
Die DFT-Berechnungen von J_{ij} erfolgt unter automatischer Erkennung der Symmetrie der Atome.

Unterstützende Methoden

MFM (Magnetic Force Microscopy)

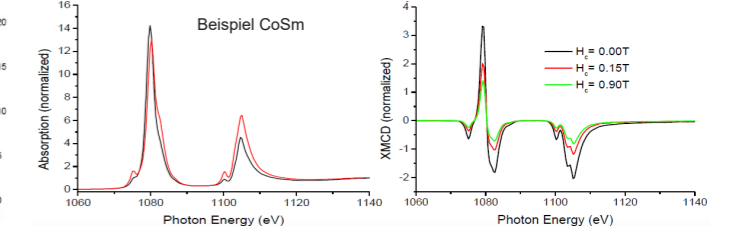


SPD (Singular Point Detection)



XMCD (Zirkularer Röntgendichroismus)

Elementspezifische magnetische Momente und Hysteresen zur Ermittlung der mikroskopischen Ursachen für die hartmagnetischen Eigenschaften.



PROFORMING - Ressourcen- und Energieeffiziente Reaktionen für die Chemische Industrie - PROzessinnovationen für die HydroFORMylieruNG

Das wesentliche Ziel dieses Projektes besteht in der Entwicklung eines ressourceneffizienten Verfahrens zur Herstellung von Oxo-Produkten, einer wichtigen und wirtschaftlich sehr bedeutsamen Klasse von Plattformchemikalien, mit Hilfe von neuartigen umweltfreundlicheren Katalysatorsystemen. Dabei sollen Fortschritte bei der sog. Hydroformylierung von Olefinen zu entsprechenden Aldehyden erreicht und so weitreichende Verfahrensinnovationen in der Chemischen Industrie realisiert werden. Die Hydroformylierung stellt die wichtigste homogenkatalytische Reaktion der Chemischen Industrie dar (> 10 Mio. t Oxoprodukte pro Jahr), so dass Prozessinnovationen auf diesem Gebiet für die gesamte Chemische Industrie bedeutsam sind. Die Prozessoptimierungen führen zu einer und energieeffizienteren Produktion von Oxo-Alkoholen und sind daher für die gesamte Chemische Industrie von erheblicher Bedeutung. übergeordnetes wissenschaftliches Gesamtziel des Vorhabens ist die Substitution von teuren Metallen der Platingruppe, insbesondere Rhodium durch alternative, gut verfügbare und umweltverträgliche Metalle. Daraus leiten sich die folgenden wissenschaftlich-technischen Teilziele ab:

- Entwicklung von neuen und effizienten Liganden für die Hydroformylierung mit alternativen Metallen.
- Entwicklung und Optimierung eines stabilen und effizienten Katalysatorsystems, ausgehend von z.B. Iridium, Palladium, Ruthenium und vorzugsweise auf der Basis von Eisen als besonders ressourcenschonendes Metall.
- Entwicklung angepasster Verfahren und Aufbau einer Miniplant für die Hydroformylierung mit alternativen Metallen.

Die wirtschaftlichen Ziele liegen im Bereich der Ressourcen- und Energieeffizienz. Die entwickelten Verfahren werden verglichen mit den etablierten Prozessen, wobei sich folgendes wesentliche wirtschaftliche Ziel ergibt:

- Verbesserung der Wirtschaftlichkeit durch Steigerung der Ressourcen- und Energieeffizienz um mindestens 20 %.

Die oben genannten Ziele sind außerordentlich anspruchsvoll und sehr risikoreich. Das hier vorgestellte Konsortium ist bezüglich seiner Kompetenz und Expertise auf diesem Gebiet vermutlich weltweit führend, was ganz wesentlich dazu beiträgt, die ambitionierten Ziele zu erreichen und das wissenschaftlich-technische Risiko zu minimieren. Unseres Wissens ist diese Thematik in der hier vorgestellten wissenschaftlichen Tiefe bislang nicht in einem interdisziplinären Forschungsverbund unter Industrieführung bearbeitet worden. Die Ergebnisse sind neben der bedeutenden wirtschaftlichen Tragweite auch wissenschaftlich von hohem Stellenwert und werden die weltweite Spitzenstellung der beteiligten Institute auf den hier betrachteten Forschungsgebieten maßgeblich sichern. Dies gilt ebenfalls für das beteiligte forschungsorientierte Ingenieur-KMU.

Koordinator: Prof. Dr. Robert Franke, Evonik Industries AG, Hanau (Dr. Marc Oliver Kristen, Evonik Industries AG)

Projektpartner:

- Evonik Industries AG - Advanced Intermediates - Performance Intermediates - Innovation Management
- SUPREN GmbH
- Leibniz-Institut für Katalyse e.V. an der Universität Rostock
- Technische Universität Dortmund - Fakultät Bio- und Chemieingenieurwesen - Lehrstuhl Technische Chemie A

Laufzeit: 01.03.2012 bis 28.02.2015

FKZ: 03X3559

RADIKAL - Ressourcenschonende Werkstoffsubstitution durch additive & intelligente FeAl-Werkstoff-Konzepte für angepassten Leicht- und Funktionsbau



Ziel des Vorhabens ist die Entwicklung der werkstofftechnischen Grundlage zum Ersatz technischer Superlegierungen und Edelstähle (z. B. auf Basis von Nickel, die zudem hohe Anteile strategischer Metalle wie Co, Nb oder Ta bzw. W) enthalten durch preiswerte intermetallische Fe-Al-Basislegierungen. Die Fe-Al-Legierungen weisen eine hervorragende Korrosions- und Abrasionsbeständigkeit auf und ihre Festigkeiten übertreffen inzwischen die modernster ferritischer Turbinenstähle bzw. erreichen die einiger Co- und Ni-Basislegierungen und sind daher prinzipiell auch für mechanisch, thermisch und korrosiv hochbelastete Bauteile und Aggregate geeignet. Neue innovative Urformverfahrensketten (sogenannte Schichtfertigungsverfahren, engl. auch „Rapid Manufacturing (RM) oder Additive Layer Manufacturing“ (ALM) genannt) wie „Selective Laser Melting“ (SLM), „Electron Beam Melting“ (EBM) und „Laser Metal Deposition“ (LMD) gestatten die Herstellung endkonturnaher Bauteile mit nahezu unbegrenzter Geometriefreiheit und sehr feinkörnigen Mikrostrukturen durch schichtweisen Materialaufbau in einem Pulverbett (SLM, EBM) oder mit einer Pulverdüse (LMD), realisiert durch lokales Aufschmelzen des Pulvers über Laser- oder Elektronenstrahl, d. h. eine Art Permanentschweißen, jedoch mit einem sehr kleinen Schmelzbad. Die bei diesen Methoden in der Regel erzeugte, sehr feinkörnige und vorteilhafte Mikrogussstruktur resultiert dabei aus den sehr hohen Abkühlraten (10^4 - 10^6 K/s). Zu erwarten ist, dass sich dadurch auch bei FeAl-Werkstoffen eine deutlich kleinere Korngröße einstellen lässt und damit die Duktilität verbessert wird. Auch lassen sich mittels LMD chemisch gradierte Bauteile herstellen, so dass die Zusammensetzung in den hochbelasteten Bereichen des Bauteils entsprechend maßgeschneidert werden kann. Damit bieten diese Verfahren außergewöhnliche Möglichkeiten zum Prozessieren von Fe-Al-Legierungen. Alle drei Verfahren weisen spezifische Unterschiede auf, die im Hinblick auf die generative Fertigung verschiedener Bauteile Vor- und Nachteile aufweisen. Daher ist der Einsatz aller drei Varianten sinnvoll, um das Potenzial der ALM-Verfahren auszuschöpfen. Die Entwicklung entsprechender Fe-Al-Legierungen für diese Urformverfahren, das Herstellen von Probenkörpern und Bauteilen mittels SLM, LMD und EBM sowie die Untersuchung der erzielbaren Mikrostrukturen und der daraus resultierenden Werkstoff- und Bauteileigenschaften (mechanisch-technologisch & korrosiv) sollen in dem vorgeschlagenen Vorhaben untersucht und gegen etablierte Werkstoffe gespiegelt werden und so das immense Substitutionspotential belegen.

Koordinator: Dipl.-Ing. Frank Palm, EADS Deutschland GmbH, Bereich: Innovation Works (EADS)

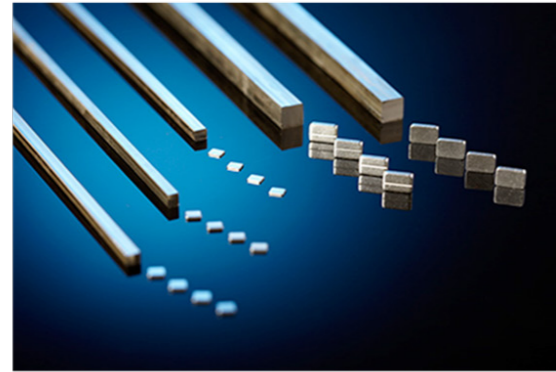
Projektpartner:

- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (MPIE)
- Siemens AG (SIEMENS)
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik (ILT)
- Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft (KEG)
- NANOVAL GmbH & Co. KG (NANOVAL)

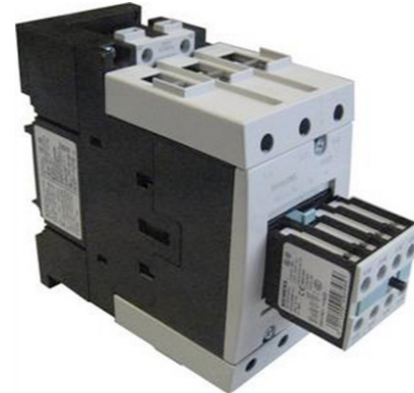
Laufzeit: 01.02.2013 – 31.01. 2016

FKZ: 03X3574

RAVE-K - Ressourcensparende Aufbau- und Verbindungstechnik für edelmetallhaltige Kontaktwerkstoffe der Niederspannungstechnik



elektrische Schaltkontakte auf Silberbasis



Schaltschütz

Ziel des Vorhabens ist es, den Bedarf von Silber für Schaltgeräte der industriellen Niederspannungstechnik (Schalter, Schaltschütze für Elektromotoren etc.) deutlich zu reduzieren. Silberhaltige Kontakte sind die wichtigsten Bestandteile der überall im Einsatz befindlichen elektromechanischen Schaltgeräte. Sie haben die Aufgabe Stromkreise zu schließen, vorübergehend oder auch für längere Zeit die Stromleitung zu gewährleisten und aus dem geschlossenen Zustand zuverlässig wieder zu öffnen. Silber als das preiswerteste Edelmetall ist als Werkstoffbasis für diese Schaltgeräte unersetzbar. Es werden hochsilberhaltige Verbundwerkstoffe mit ca. 80 – 90 % Silbergehalt als Kontakt genutzt, da die Edelmetallmatrix einen sehr niedrigen und stabilen Kontaktwiderstand im geschlossenen Schaltzustand gewährleistet. Weitere Hauptanforderungen an diese mit Lichtbogenbelastung schaltenden Kontakte sind hoher Verschleißwiderstand für die Sicherheit zum Öffnen des Stromkreises und Abbrandfestigkeit für eine lange Lebensdauer. Aufgrund der wachsenden Nachfrage nach Silber nicht nur in der Elektrotechnik, sondern auch in Zukunftstechnologien mit wachsender Bedeutung wie zum Beispiel der Photovoltaik und RFID-Funketiketten sind für die Zukunft Versorgungsengpässe zu erwarten. Jährlich werden allein in Deutschland für Kontaktwerkstoffe auf Ag/SnO₂-Basis 400 t Silber verbraucht. In dem Projekt soll in einem umfassenden Ansatz, der den gesamten Schichtaufbau des Schaltkontakts, die Kontaktwerkstoffschicht und das Herstellverfahren umfasst, der Silbergehalt im Schalter um insgesamt 40% reduziert werden. Zusätzlich sollen Wege und Geschäftsmodelle für das Recycling von Silber aus Schaltgeräten untersucht werden.

Koordinator: Dr. Michael Bender, Umicore AG & Co. KG - TM-TOM-MP

Projektpartner:

- Siemens Aktiengesellschaft - Industry Sector - Industry Automation Division - I IA CE CP MF GWA FTQ33
- ThermProTEC GmbH - Geschäftsführung
- Technische Universität Bergakademie Freiberg - Fakultät für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnologie - Institut für Metallformung
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung Gesellschaft mit beschränkter Haftung

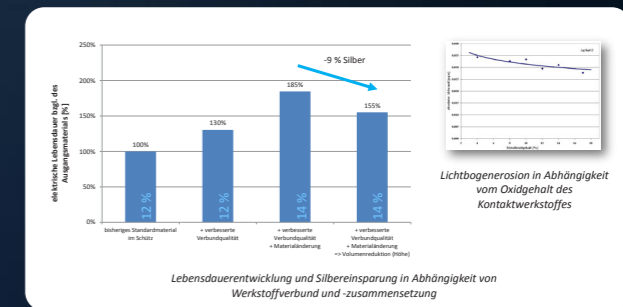
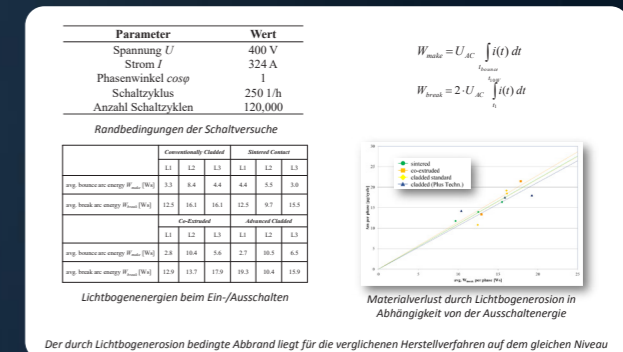
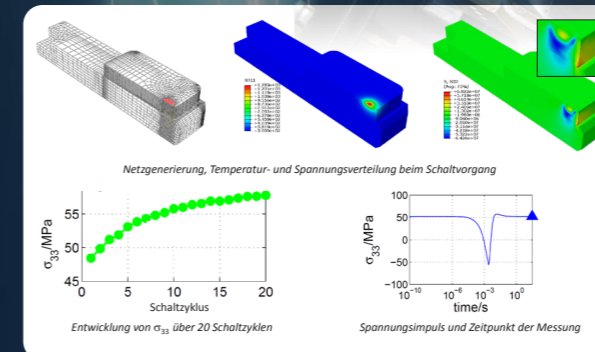
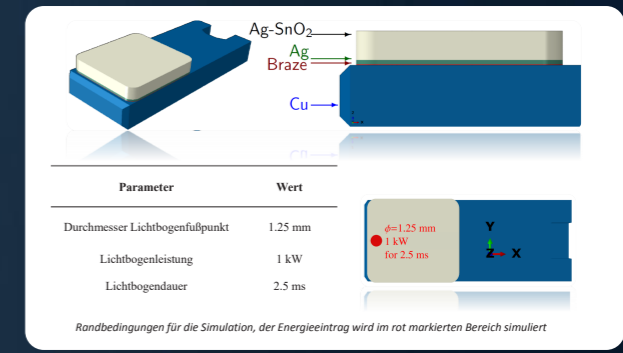
Laufzeit: 01.06.2013 bis 31.05.2016

FKZ: 03X3586

Projekt R.A.V.E.-K.: Lichtbogeninduzierte thermo-mechanische Spannungen in elektrischen Kontaktwerkstoffen

Zusammenfassung:

Die fortschreitende Miniaturisierung im Relais- und Schützbereich führt zu wachsenden Energiedichten beim Schalten und Leiten von Strömen. Die hierbei auftretenden Lichtbogenenergien induzieren thermo-mechanische Spannungen, die aufgrund von resultierenden Delaminationseffekten in der Verbundzone zu einer signifikanten Reduzierung der bislang durch Lichtbogenerosion bestimmten Lebensdauer der silberhaltigen Kontaktauflage und damit des Relais bzw. Schütz führt. Das Verständnis zur Entstehung, Wirkung und Minimierung der thermomechanischen Spannung im Verbundwerkstoff ist Grundvoraussetzung zur Erhöhung der Lebensdauer und damit einer Reduzierung von Silber. Die Entstehung und die Größenordnung von Spannungen im Materialverbund wurden mittels FEM-Simulation plausibel visualisiert. Dies ermöglichte Rückschlüsse zur Modifizierung des eingesetzten Herstellverfahrens. Im Vergleich mit konventionell hergestellten Kontaktverbundwerkstoffen, konnte gezeigt werden, dass das modifizierte Verfahren hinsichtlich Performance und Silbereinsparpotential überlegen ist.



Ausblick:

Bislang konnten für Schützanwendungen Silbereinsparungen von 9 % erfolgreich realisiert und getestet werden. Das optimierte Fügeverfahren zeigt bei gleichzeitiger Erhöhung des Oxidgehaltes Potential zu einer weiteren Reduzierung des Gesamtsilbergehaltes. Im Labor konnten so bereits bis zu 35 Vol.% Silbereinsparung in Kontaktauflagen realisiert werden. Diese Varianten werden bis zum Abschluss von Projekt R.A.V.E.-K. bei SIEMENS getestet und abschließend bewertet. Bei positiver Beurteilung sollen das neue Herstellverfahren und die silberreduzierten Kontaktwerkstoffe bei umicore TM industrialisiert werden.

RecyTiC - ressourcenschonende Werkstoffkonzepte für TiC-haltige Verschleißkomponenten



Der volkswirtschaftliche Schaden durch Korrosion und Verschleiß wird allein in Deutschland auf mehrere Milliarden Euro jährlich geschätzt. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Forderung nach Materialien, welche den gestiegenen Anforderungen gerecht werden. Abrasionsbeständige Werkstoffe werden daher in vielen Anwendungen als Verbundwerkstoffe aus Hartstoffen und einer metallischen Matrix ausgeführt. Hierzu gehören neben Schneidstoffen (z.B. Hartmetall und Cermets) auch verschleißbeständige Metal-Matrix-Composites (MMC) und Werkstoffe für Aufschweiß- und Spritzschichten. Mit steigendem Hartstoffgehalt lässt sich der Verschleißwiderstand und damit die Lebensdauer des Verbundwerkstoffes erhöhen. Aufgrund beschränkter Ressourcen werden die heute in der Hauptsache verwendeten Karbide der Elemente Wolfram und Titan immer knapper, so dass die verwendeten Hartphasen in den Hartmetallen und MMCs einen großen Kostenfaktor darstellen. Daraus resultiert ein Interesse diese durch Recycling zurückzugewinnen. Im Bereich der Hartmetalle wird das Recycling zur Rückgewinnung des Wolframkarbids (WC) bereits industriell umgesetzt. Für das Titankarbid (TiC), welches in Anteilen bis 45 % in Cermets, Ferro-Titanit® sowie in vielen MMC und Auftragschweißlegierungen enthalten ist, gibt es derzeit keine Ansätze zur Wiederverwertung bzw. nachhaltigen Ressourcenschonung. Ziel dieses Verbundvorhabens ist es daher, das Titankarbid aus Abfallprodukten der Fertigung (z.B. Späne) und verschlissenen Komponenten durch einen chemischen Prozess zurückzugewinnen. Dieses Recycling führt zu einem verringerten Bedarf an Titankarbid bei der Produktion von Verbundwerkstoffen. Zum anderen wird recyceltes TiC in auftragsgeschweißten und thermisch gespritzten Verschleißschutzschichten verarbeitet, um hier das heute vorrangig eingesetzte Wolframschmelzkarbid teilweise zu ersetzen. Dieser Substitutionsansatz unter Verwendung recycelter Rohstoffkomponenten stellt somit ein mehrdimensionales Konzept der Ressourcenschonung als Antwort auf die absehbare Rohstoffverknappung im Weltmarkt dar. Die beschriebene Zielsetzung wird durch ein Projektkonsortium verfolgt, das den nötigen Kompetenzbereich abdeckt und zugleich die gesamte Prozesskette von der pulvermetallurgischen Fertigung bis hin zum praktischen Einsatz der Verschleißkomponenten abbildet. Die industriellen Partner werden dabei von zwei Forschungs-einrichtungen ergänzt, welche über langjährige Erfahrung in der Umsetzung von Forschungsergebnissen durch Technologietransfer verfügen.

Koordinator: Dr. Andre van Bennekom und Dr.-Ing. Horst Hill, Deutsche Edelstahlwerke GmbH

Projektpartner:

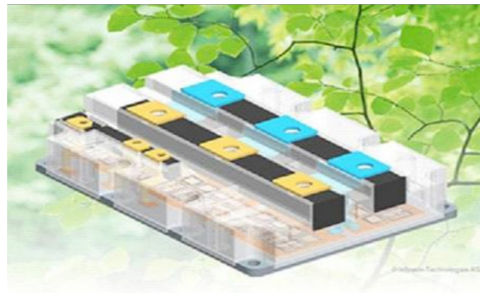
- Deutsche Edelstahlwerke GmbH
- Maschinenfabrik Gustav Eirich GmbH & Co KG
- VDEh-Betriebsforschungsinstitut GmbH
- Durum Verschleißschutz GmbH
- RiWaLas Ltd., Ritzi & Walter Lasertechnik
- Ruhr-Universität Bochum - Lehrstuhl Werkstofftechnik

Laufzeit: 01.08.2012 - 31.07.2015

FKZ: 03X3567



ReffiMaL - Ressourcen-effiziente Materiallösungen für die Leistungselektronik



Leistungselektronik steht im Zentrum der hocheffizienten Energiewandlung. Die zu ihrer Herstellung notwendigen strategischen Metalle sind eine wichtige Triebfeder für Materialimporte nach Deutschland. Vor dem Hintergrund des prognostizierten Marktwachstums für solche Komponenten gilt es Lösungen zu erforschen, die den Materialbedarf reduzieren, um so die Rohstoffnachfrage vom weiteren Wachstum in diesem für Deutschland strategischen Marktsegment abzukoppeln.

Ziel im Projekt ReffiMaL ist die Substitution von heutigen Verbundsystemen durch neue Materialkombinationen. Über den Schritt von vollflächigen Beschichtungen hin zu lokalen, selektiv aufgetragenen Metalllagen mit speziell angepassten Verbindungsmaterialien soll das Volumen der verbauten Metalle stark reduziert werden. Es werden neue Kombinationen von Materialien untersucht, die das Potential haben, die Lebensdauer der Fügetechnik zu erhöhen, bei gleichzeitiger Reduktion des Ressourceneinsatzes in der Produktentstehungskette. Über eine begleitende Life-Cycle Bewertung werden dazu die Einflüsse auf die gesamte Prozesskette untersucht und bewertet.

Als Gesamtergebnis soll ein neues Materialverbundsystem vorliegen, das in Teilbereichen einen bis zu 70% geringeren Materialeinsatz ermöglicht und auf besonders kritische Rohstoffe verzichtet.

Die im Projekt entwickelten Materialkombinationen werden im Erfolgsfall zu langlebigen, korrosionsfesten und temperaturbeständigen Hochleistungskomponenten führen, die verlustarme Lösungen zur Wandlung und den Transfer elektrischer Energie ermöglichen. Die angestrebte rohstoffschonende und abfallarme Produktion soll dabei den relativen Materialkostenanteil der Komponenten senken und die Umwelt schonen. Die gefundenen ressourcenschonenden und materialeffizienten Lösungen können als Modellsystem auch für andere Bereiche der Elektronik verwendet werden.

Koordinator: Dr. Jörg Thiele, Infineon Technologies AG; Warstein

Projektpartner:

- Infineon Technologies AG (Koordinator)
- DODUCO GmbH
- Pfarr Stanztechnik GmbH
- Hochschule Düsseldorf

Laufzeit: 01.04.2016 – 31.03.2019

FKZ: 03XP0049

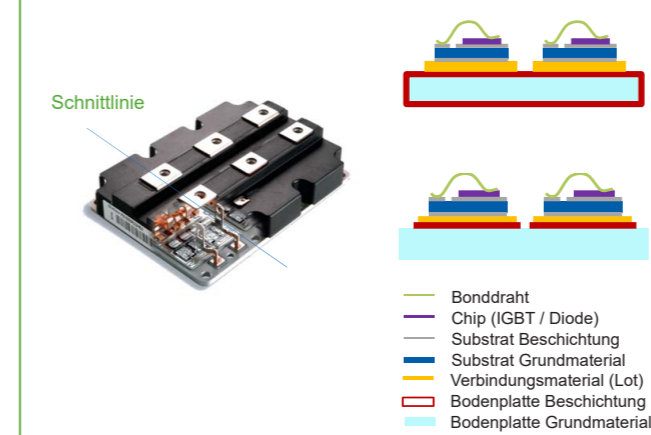
ReffiMaL - Ressourcen-effiziente Materiallösungen für die Leistungselektronik

Ziel

ReffiMaL erforscht ressourcen-effiziente Materiallösungen für die Leistungselektronik. In einem kompakten Konsortium mit voller Abdeckung der Wertschöpfungskette sollen innovative Materialsysteme zur Fügetechnik gefunden werden, um den Ressourcenverbrauch strategischer Metalle in Deutschland vom erwarteten weltweiten Wirtschaftswachstum der Leistungshalbleiter abzukoppeln und damit die deutschen Fertigungsstätten der Partner unabhängiger vom Import kritischer Rohmaterialien zu machen.



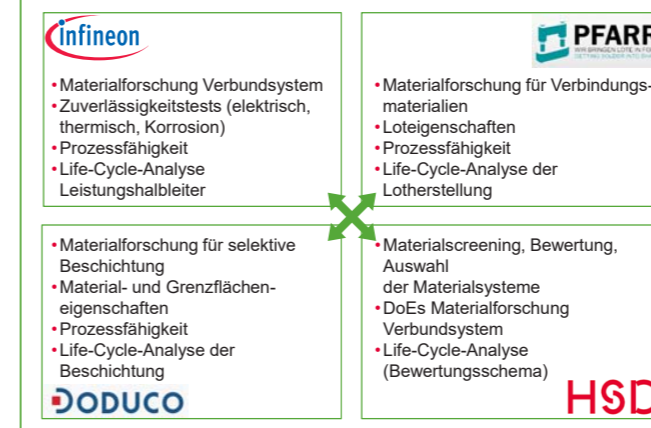
Materialsystem und Lösungsansatz



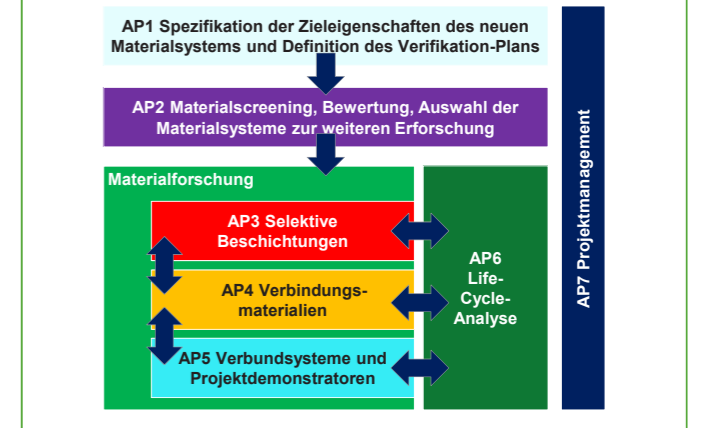
Herausforderungen

- die **Substitution** einer kompletten Beschichtung durch eine selektive Beschichtung der Bodenplatte mit dem Ziel ca. 70% des Materials einzusparen
- die Erforschung von Verbindungsmaterialien zur Schichtdickenreduktion, um
 - die **Materialeffizienz** um ca. 25% zu erhöhen
 - besonders **kritische Rohstoffe** wie z.B. Antimon (Sb) zu vermeiden
 - und dem Potenzial, auf Lötstop-Materialien komplett zu verzichten
- die **funktionale Substitution** des heutigen Verbundsystems durch optimierte Materialkombinationen im System Bodenplatte / Verbindungsmaterial / Substrat unter Berücksichtigung von
 - Lebensdauer – „**Design for Life time**“ – und „**Korrosionsbeständigkeit**“
 - **Rohstoffkritikalität** und
 - **Life-Cycle Bewertung**
- **Verringerung von Umweltbelastungen** bei den verschiedenen Herstellungsprozessen entlang der Wertschöpfungskette, speziell bei der Beschichtung der Bodenplatten

Arbeitsschwerpunkte der Partner



Projektstruktur



Ausblick

Die oben genannten Gesamtziele von ReffiMaL haben als Schwerpunkt die Substitution, die Reduktion der Abhängigkeit von strategischen Metallen und die Steigerung der Materialeffizienz. An den geplanten Demonstratoren werden speziell die Aspekte der Zuverlässigkeit (elektrisch, thermisch und mechanisch sowie die Korrosionsbeständigkeit) überprüft. Durch eine begleitende Life-Cycle-Analyse werden messbare Indikatoren erarbeitet und über den Projekttablauf bewertet.

Konsortium





ReffKat - Entwicklung von ressourceneffizienten Autoabgaskatalysatoren mit deutlich reduziertem Gehalt an Edelmetall und Seltenerdmetall

| % der Weltproduktion Wert in Mio. € (Feb. 2011) | | |
|---|----|------|
| Palladium | 51 | 2800 |
| Rhodium | 82 | 1300 |
| Cer | 19 | 390 |

Ein Großteil der Weltförderung der Edelmetalle Palladium und Rhodium sowie des Seltenerdmetalls Cer wird gegenwärtig für die Herstellung von Drei-Wege-Katalysatoren zur Abgasreinigung von Benzinfahrzeugen verbraucht, siehe folgende Tabelle:

In dem Projekt soll ein neuartiger wissenschaftlich fundierter Entwicklungsansatz für Drei-Wege-Katalysatoren etabliert werden. Ziel dieses Projektes ist es, Katalysatoren mit einem deutlich reduzierten Gehalt an Edelmetallen und Cer zu entwickeln, die trotzdem die Anforderungen der Abgasgesetzgebung erfüllen.

Im heute üblichen Entwicklungsprozess kann das Zusammenspiel von Katalysator und Motortechnik erst am Ende der Entwicklungskette in aufwändigen Motorversuchen an voll formulierten Katalysatoren getestet werden.

Im neuartigen Entwicklungsprozess wird durch Computersimulationen ein Zusammenhang zwischen den chemischen Eigenschaften der Katalysatormaterialien und dem Verhalten des Katalysators im Fahrzeug hergestellt. Auf diese Weise können die einzelnen Katalysatormaterialien gezielt auf eine optimale Funktion im Gesamtsystem optimiert werden.

Koordinator: Dr. Martin Votsmeier, Umicore AG & Co. KG, Hanau

Projektpartner:

- Umicore AG & Co. KG, Automotive Catalysts AC-RT-R
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT) - Fakultät für Chemie und Biowissenschaften - Institut für technische Chemie und Polymerchemie
- Technische Universität Darmstadt - Fachbereich Chemie - Ernst-Berl-Institut für Technische und Makromolekulare Chemie

Laufzeit: 01.04.2012 bis 31.03.2015

FKZ: 03X3563

RepaKorr - Reparatursysteme und -konzepte für Korrosionsschutzbeschichtungen von Offshore-Windenergieanlagen

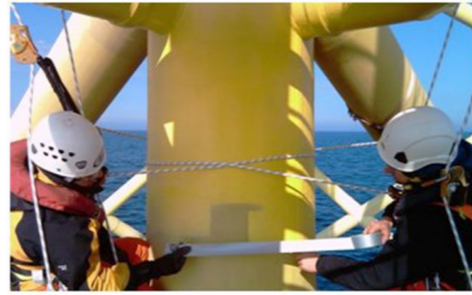


Bild 1: Inspektions- und Reparaturarbeiten an einem Offshore-Windturm (Muehlhan AG, Hamburg)

Korrosion ist ein kritischer Faktor beim Einsatz von Offshore-Windenergieanlagen. Die wichtigste Schutzmethode im nicht dauerhaft getauchten Bereich der Anlagen ist die Applikation von Korrosionsschutzbeschichtungen. Für eine wirtschaftliche Nutzung der Anlagen ist eine Lebensdauer von mehr als 25 Jahren notwendig. Dieser Wert liegt deutlich über in geltenden technischen Richtlinien genannten Schutzdauern für Korrosionsschutzbeschichtungen an Stahlkonstruktionen. Weitere Belastungen, insbesondere Beschädigungen aufgrund mechanischer Beanspruchung, können nach aktuellem Stand nicht ausreichend spezifiziert werden. Ein nachhaltiges Reparatursystem, das offshore appliziert werden kann, erfordert die Berücksichtigung komplexer Zusammenhänge, u.a. Anlagenbetrieb, Bedingungen vor Ort, Überwachung und Bewertung der vorhandenen Schutzsysteme. Ebenso stellen die aufgrund der Lage im Meer spezifischen Umweltschutz- und Sicherheitsanforderungen eine besondere Herausforderung dar. Im Verbundprojekt „RepaKorr“ erarbeiten Hersteller von Beschichtungswerkstoffen, Applikateure von Beschichtungssystemen, Anlagenbetreiber, Stahlbauer und Gutachter die werkstofflichen, technischen, konzeptionellen und organisatorischen Grundlagen für ein „vor-Ort-Reparatur“-Konzept. Im Mittelpunkt des Vorhabens steht die Entwicklung von Reparaturwerkstoffen (Sika Deutschland GmbH) sowie entsprechender Applikationsverfahren (Muehlhan AG) für Offshore-Windenergieanlagen vor Ort. Für den Nachweis der Funktionalität werden neue Prüfkonzepte entwickelt (Fraunhofer IFAM), da geltende Prüfverfahren und -methoden den Reparaturfall nicht berücksichtigen. Weiterhin soll ein neues Verfahren zur Inspektion von Beschichtungen mittels Drohneinsatz (muav, „mobile unmanned aerial vehicle“) entwickelt werden (AirRobot GmbH & CO.KG). Entsprechende Inspektionskriterien werden aus anderen technischen Anwendungsfeldern (Schiffbau, schwerer Korrosionsschutz) übernommen, gegebenenfalls modifiziert und Bestandteil einer automatisierten Inspektionstechnik werden (Corroconsult GmbH). Darüber hinaus werden Modifikationen an den Konstruktionen vorgenommen, die eine sachgerechte und sichere Durchführung der Reparaturmaßnahmen ermöglichen (Weserwind GmbH). Des Weiteren wird auf der Basis internationaler und nationaler technischer Richtlinien und Umweltauflagen die Ressourceneffizienz des erarbeiteten Reparaturkonzeptes untersucht und bewertet (RETC GmbH).

Koordinator: Dr. Andreas Momber, Muehlhan AG

Projektpartner:

- Muehlhan AG
- Sika Deutschland GmbH - Geschäftsbereich Industrial Coatings
- Corroconsult Gesellschaft für Coating Control Consulting GmbH
- WeserWind GmbH Offshore Construction Georgsmarienhütte
- AirRobot GmbH & Co KG
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM) - Bereich Klebtechnik und Polymere
- RETC Renewable Energy Technology Centre GmbH (assoziiert)

Laufzeit: 01.04.2013 – 31.03.2016

FKZ: 03X3570A

Entwicklung von Inspektions- und Reparaturkonzepten für Korrosionsschutzsysteme an Offshore-Windenergieanlagen

Forschungszusammenarbeit: 03X3570

Dr. A. Momber, Dr. P. Plagemann, Dipl. Ing. J. Viertel

Muehlhan AG, Fraunhofer IFAM, Sika Deutschland GmbH

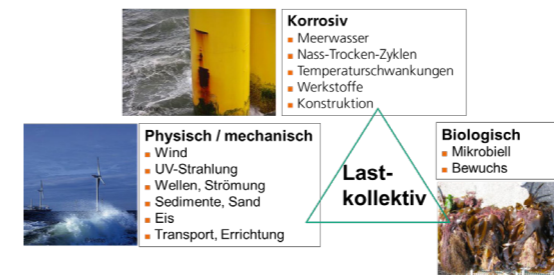


GEFÖRDERT VOM



Herausforderung und Ziele

Korrosion ist ein kritischer Faktor beim Einsatz von Offshore-Windenergieanlagen. Die wichtigste Schutzmethode im nicht dauerhaft getauchten Bereich der Anlagen ist die Applikation von Korrosionsschutzbeschichtungen. Für eine wirtschaftliche Nutzung der Anlagen ist eine Lebensdauer von mehr als 25 Jahren vorgesehen. Weitere Belastungen, insbesondere Beschädigungen aufgrund mechanischer Beanspruchung, können nach aktuellem Stand nicht ausreichend spezifiziert werden.



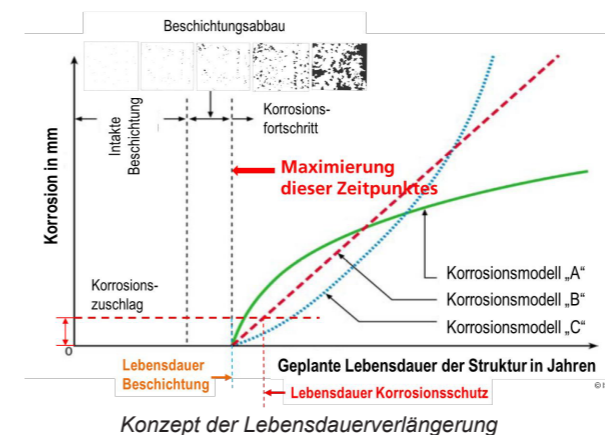
Lastkollektiv an einer Offshore-Windenergieanlage

Inhalt und Arbeitsschwerpunkte

Im Verbundprojekt „RepaKorr“ werden die werkstofflichen, technischen, konzeptionellen und organisatorischen Grundlagen für ein Vor-Ort-Reparatur-Konzept und Inspektionsmöglichkeiten für Offshore-Anlagen erarbeitet.

1. Reparaturkonzept

Einen Arbeitsschwerpunkt des Projektes bildet die Entwicklung von Reparaturwerkstoffen sowie entsprechender Applikationsverfahren für Offshore-Windenergieanlagen vor Ort. Hierbei wird eine zeit- und kosteneffektive „Ein-Schritt“-Philosophie konsequent verfolgt. Für den Nachweis der Funktionalität der Werkstoffe werden neue Prüfkonzepte entwickelt, da geltende Prüfverfahren und -methoden den Reparaturfall nicht berücksichtigen.



2. Inspektion und Überwachung

Einen weiteren Schwerpunkt stellt die Entwicklung eines neuen Verfahrens zur Inspektion von Beschichtungszustand und Korrosionsfortschritt mittels Drohneinsatz (muav, „mobile unmanned aerial vehicle“) dar. Entsprechende Inspektionskriterien und Beurteilungsmethoden werden aus anderen technischen Anwendungsfeldern (Schiffbau, schwerer Korrosionsschutz) übernommen, systematisiert, gegebenenfalls modifiziert und in einen automatisierten Inspektionsalgorithmus überführt.



Inspektion/Reparatur einer OWEA-Anlage und Drohrentechnik (Quellen: Muehlhan AG, Sika GmbH, IFAM)

Anwendung, Nutzung und Ressourceneffizienz

- Die derzeit sehr hohen Kosten für die Reparatur von Offshore-Beschichtungssystemen werden deutlich reduziert.
- Die Reparaturarbeiten werden durch neuartige, anwendungsorientierte Reparaturbeschichtungen vereinfacht, die Sicherheit erhöht.
- Die Inspektionsleistungen, deren Effektivität momentan entscheidend von der Nutzung sogenannter Wetterfenster bestimmt wird, können deutlich beschleunigt werden.
- Der Inspektionsprozess wird standardisiert, und die Ergebnisse können digital aufbereitet und zur online-Anlagenüberwachung übertragen werden.
- Inspektions- und Reparaturarbeiten können beschleunigt und Inspektions- und Reparaturzyklen reduziert werden.
- Instandhaltungsarbeiten können, da das entwickelte Inspektionssystem zuverlässige und örtlich zugeordnete Daten liefert, wesentlich genauer und zielgerichtet geplant werden.
- Der Einfluss auf die Umwelt kann durch die Anwendung der erarbeiteten Konzepte messbar verringert werden.

Projektkonsortium RepaKorr:

Muehlhan AG (Projektkoordinator)
Sika Deutschland GmbH
Corroconsult GmbH
Fraunhofer IFAM
Airrobot® GmbH & Co. KG
WeserWind GmbH
Senvion SE (Assoziierter Partner, ohne Förderung)

RESKORR - Entwicklung ressourceneffizienter Korrosionsschutzschichten für hochbeanspruchte Komponenten in der alternativen Energieerzeugung



Bild 1: PEEK Werkstoff, Laserbearbeitung und beschichtete Lagerkomponenten, Solarthermisches Kraftwerk. Quelle: Evonik Industries AG, Fraunhofer ILT, Schaeffler Technologies AG, Flagsol GmbH.

Nachhaltigen Anti-Korrosions-Strategien kommt eine immer größer werdende Bedeutung bei der Bewältigung globaler Herausforderungen durch den weltweit steigenden Energie- und Materialverbrauch zu. Insbesondere im Bereich der alternativen Energieerzeugung übernehmen sie eine Schlüsselfunktion bei der Steigerung der Ressourceneffizienz und Erschließung neuer Einsatzbereiche und tragen damit maßgeblich zur Steigerung der Wirtschaftlichkeit der alternativen Energieerzeugung bei (Bild 1). Das übergeordnete Ziel des Verbundprojekts RESKORR ist daher die Entwicklung neuer ressourceneffizienter Korrosionsschutzschichten auf PEEK-Basis als Alternative zu bisherigen sehr kostenintensiven, umweltbelastenden und oftmals den Anforderungen nicht genügenden Lösungen für den Korrosionsschutz hochpräziser Komponenten. Durch die Mitarbeit der Industriepartner Schaeffler, Flagsol, Evonik und ELB sowie dem Fraunhofer-Institut für Lasertechnik und der Hochschule Osnabrück ist es gelungen, die für das Vorhaben essentiellen Kompetenzen aus den Bereichen Werkstoffentwicklung, Beschichtung, Lasermaterialbearbeitung, Funktionsprüfung und Anwendung im Bereich Offshore Windenergieanlagen und Solarthermischer Kraftwerke zu bündeln und so ein interdisziplinäres aufgestelltes Konsortium zu bilden. Ausgangspunkt der zu entwickelnden Korrosionsschutzschichten ist der polymere Werkstoff Polyetheretherketon (PEEK), der u. a. aufgrund seiner hohen chemischen und mechanischen Belastbarkeit prädestiniert für die angestrebten Einsatzbereiche ist. Ziel des Vorhabens ist es, einen PEEK-basierten Werkstoff sowie ein laserbasiertes Beschichtungsverfahren zu entwickeln, die die Erzeugung hochkorrosionsbeständiger und hochpräziser Beschichtungen auf anlassempfindlichen Stahlwerkstoffen erlauben.

Koordinator: Dr. Tim Hosenfeldt, Schaeffler Technologies AG & Co. KG

Projektpartner:

- Schaeffler Technologies AG & Co. KG
- Evonik Industries AG – Performance Polymers
- ELB – Eloxlwerk Ludwigsburg – Helmut Zerrer GmbH
- Flagsol GmbH
- Fraunhofer Institut für Lasertechnik ILT
- Hochschule Osnabrück

Laufzeit: 01.02.2013 – 31.01.2016

FKZ: 03X3564A

- ResKorr - Entwicklung ressourceneffizienter Korrosionsschutzschichten für hochbeanspruchte Komponenten in der alternativen Energieerzeugung

BMBF-FORUM MatResource, 28. – 29.09.2016 in Darmstadt

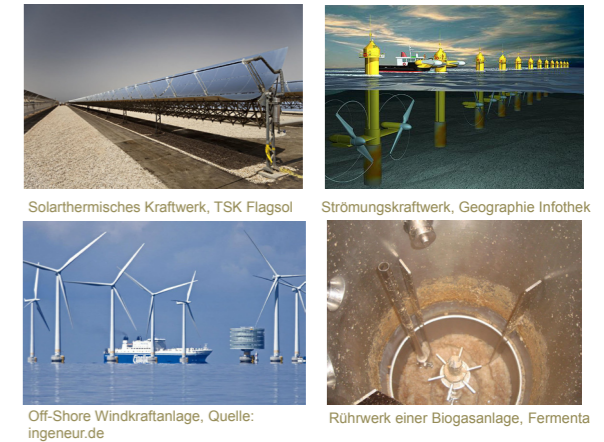
Motivation

Vor dem Hintergrund des weltweit steigenden Energie- und Materialverbrauchs und der daraus resultierenden Notwendigkeit, mit Ressourcen weitsichtig umzugehen, ist das Ziel dieses Projektes, eine ressourcenschonende Korrosionsschutzschicht auf Polymerbasis zu entwickeln, um bisherige kostenintensive, umweltbelastende und oftmals nicht ausreichende Systeme zu ersetzen.

Insbesondere im Bereich der alternativen Energieerzeugung ist meist mit starker korrosiver Belastung zu rechnen. Bei den zu beschichtenden hoch belasteten Lagerkomponenten spielt auch ein hoher mechanischer Verschleiß eine große Rolle.

Das temperatur- und chemikalienbeständige Polyetheretherketon (PEEK) bietet sich hier auch aufgrund seiner guten Reibwerte und der Beständigkeit gegen abrasiven Verschleiß als Beschichtung an.

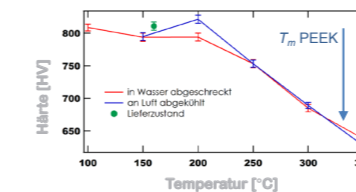
Da die Schmelztemperatur von PEEK bei 340°C liegt, die zu beschichtenden Lagerkomponenten jedoch aus gehärteten Stählen (z.B. 100Cr6) hergestellt werden, deren Anlass temperatur ca. 180°C beträgt, ist ein herkömmliches Beschichtungsverfahren nicht anwendbar, ohne dass der Stahl seine wichtigen Härteeigenschaften verliert.



Zielsetzung

Im Rahmen des Projekts ist ein laserbasiertes Beschichtungsverfahren entwickelt worden, das die Bildung eines benetzenden Films aus dem applizierten polymeren Werkstoff ermöglicht, ohne eine funktionsrelevante Beeinträchtigung des Stahlsubstrats zu bewirken:

- Konfliktlösung T_m PEEK — Anlass- T 100Cr6



Abnahme der Härte (HV) bei Wärmebehandlung von 100Cr6

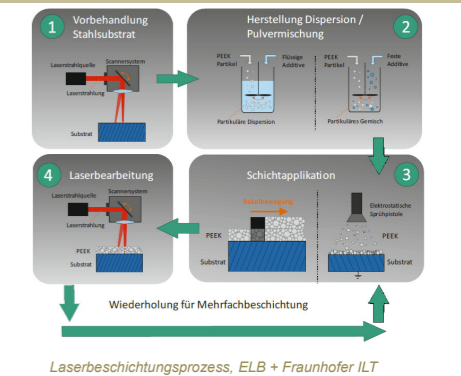
Anforderungen an das System

- Schichtdicke $d < 60 \mu\text{m}$
- Schichtdickenschwankungen $\Delta d \leq \pm 3 \mu\text{m}$
- Korrosionsbeständigkeit im Salzsprühnebeltest $\geq 3000 \text{ h}$ (DIN EN ISO 9227)
- Oberflächenrauheit $R_a \leq 0,2 \mu\text{m}$
- Reibwert $\mu \leq 0,2$
- Verschleißbeständigkeit $> 200 \text{ m}$ pro $10 \mu\text{m}$ Schichtdicke
- Nachweis der Tauglichkeit für den Lagerbau im Fe8-Prüfverfahren nach DIN 51819 bei einer Last von 50 kN

Zusätzlich:

Entwicklung eines Schnelltests auf Basis des elektrochemischen Rauschens: Prüfdauer $< 24 \text{ h}$ für eine Belastung entsprechend 3000 h Salzsprühnebeltest

Schema des Prozessablaufs



Laserbeschichtungsprozess, ELB + Fraunhofer ILT

Zwischenergebnisse

PEEK-Pulver

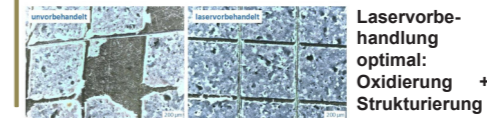


Auswahl und Weiterentwicklung von PEEK VESTAKEEP:

- Reduzierung der Korngröße auf $d_{50}=5\mu\text{m}$
- Rußpartikel als Laseradditive
- Rieselhilfe-Additive um elektrostatisches Sprühen des Pulvers zu ermöglichen

Vorbereitung des Stahls

Haftverbesserung: Unterschiedliche Vorbehandlungsmethoden wurden im Rahmen des Projekts untersucht.

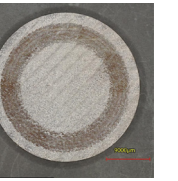


Laservorbereitung optimal: Oxidierung + Strukturierung

Tribologische Untersuchungen

Mittels Stift-Scheibe-Tests wurden Reibwerte und die Verschleißbeständigkeit der erzeugten Schichten ermittelt:

- Laser- und offen-applizierte Schichten weisen einen Reibwert von $\mu \leq 0,2$ auf.
- Es erfolgt nur eine Gleitschichtübertragung, keine Schichtablösung.



Korrosionsbeständigkeit

Erster Meilenstein: Bestehen 750 h Salzsprühnebeltest erreicht.



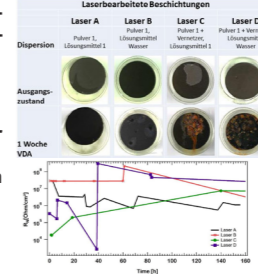
Freibewitterungsversuche am Auslagerungsstandort der BAM auf Helgoland laufen. Widerstand gegen mikrobiell induzierte Korrosion wird in einer Biogasanlage getestet.

Korrosionsschnelltest

Messung des elektrochemischen Rauschens:

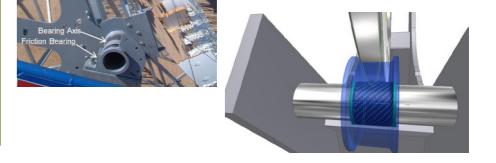
Rauschwiderstand $R_n = \frac{\sigma(U)}{\sigma(I)}$ lässt Voraussagen zur Korrosionsbeständigkeit der Schicht in $< 24 \text{ h}$.

Voraussetzung: Gleiches Substrat



Realteil-Anwendung

Als erstes Real-Bauteil wurde ein zylindrischer Lagerbolzen beschichtet, der bei TSK Flagsol bereits im Teststand läuft.



Ausblick

Korrosionsbeständigkeit: Korrosionsbeständigkeit im Salzsprühnebeltest $\geq 3000 \text{ h}$ wird überprüft.

Realteil-Beschichtung:

Lagerbolzen muss im Teststand noch mehrere Belastungszyklen bestehen: Von "Dead-load" bis "once in a year strong wind"



RessFAST - Steigerung der Materialeffizienz durch ressourceneffiziente Fertigung für Bauteile aus Aluminium, Stahl, Titan

Ziel des Verbundvorhabens ist es für ausgewählte industriell wichtige Werkstoffe auf Fe-, Al- und Ti-Basis eine effizientere Nutzung natürlicher Ressourcen durch die Erhöhung der spezifischen Materialausbeute mittels generativer Fertigungsverfahren zu erreichen. Die Geometrie der im Projekt zu entwickelnden Bauteildemonstratoren für den Flugzeug- und Pumpenbau wird bisher durch subtraktive Verfahren (Gießen, Drehen, Fräsen) mit einem zu verbessernden Materialnutzungsgrad erzeugt. Die generative Fertigung über selektives Laserschmelzen (engl. Laser Beam Melting, LBM) oder Elektronenstrahlschmelzen (engl. Electron Beam Melting, EBM) stellt eine vielversprechende Alternative zu den konventionellen, nichtgenerativen Verfahren dar. Bei diesen beiden Verfahren wird das Bauteil direkt aus einem Pulverbett mittels Laser- oder Elektronenstrahl generiert, wobei selektiv nur das für dieses Bauteil benötigte Pulver aufgeschmolzen wird, während das verbleibende Pulver prinzipiell für das nächste Bauteil verwendet werden kann. Somit wird ein vergleichsweise hoher Materialnutzungsgrad erreicht. Untersuchungen zur Pulverrezyklierbarkeit, Optimierung der Stützstrukturgestaltung und der Nachbearbeitung sowie eine Life-Cycle-Analyse zur Bewertung des verfahrensabhängigen Rohstoff- und Energieeinsatzes sind geplant. Es wird erwartet, dass eine gezielte Einstellung der Ausgangspulverkorngößen und Prozessparameter der generativen Fertigungsverfahren zur Steigerung der mechanisch-technologischen Werkstoffeigenschaften führt. Daher ist als zusätzliche risikoreiche Entwicklung die Konstruktion völlig neuartiger Leichtbauteile geplant.

Schwerpunkte der Arbeiten des Projektkonsortiums sind:

- die Entwicklung von Werkstoffen für die generative Fertigung mittels LBM und EBM,
- ein ressourceneffizientes Design der ausgewählten Bauteildemonstratoren,
- systematische Untersuchungen zur Wiederverwendbarkeit der Pulver sowie
- Life-Cycle-Analyse.

Koordinator: Dr. Ing. Alexander Böhm, KSB Aktiengesellschaft - Abt. Werkstofftechnik

Projektpartner:

- Airbus Defence and Space GmbH - Airbus Group Innovations
- H + E Produktentwicklung GmbH
- TLS Technik GmbH & Co. Spezialpulver KG
- TU Dresden - Lehrstuhl Konstruktionstechnik/CAD
- Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung (IFAM)
- Steinbeis Innovation gGmbH - Steinbeis Innovationszentrum Advanced Risk Technologies (R-Tech)

Laufzeit: 01.04.2016 – 31.03.2019

FKZ: 03XP0049

Steigerung der Materialeffizienz durch ressourceneffiziente Fertigung für Bauteile aus Aluminium, Stahl, Titan (03XP0046)

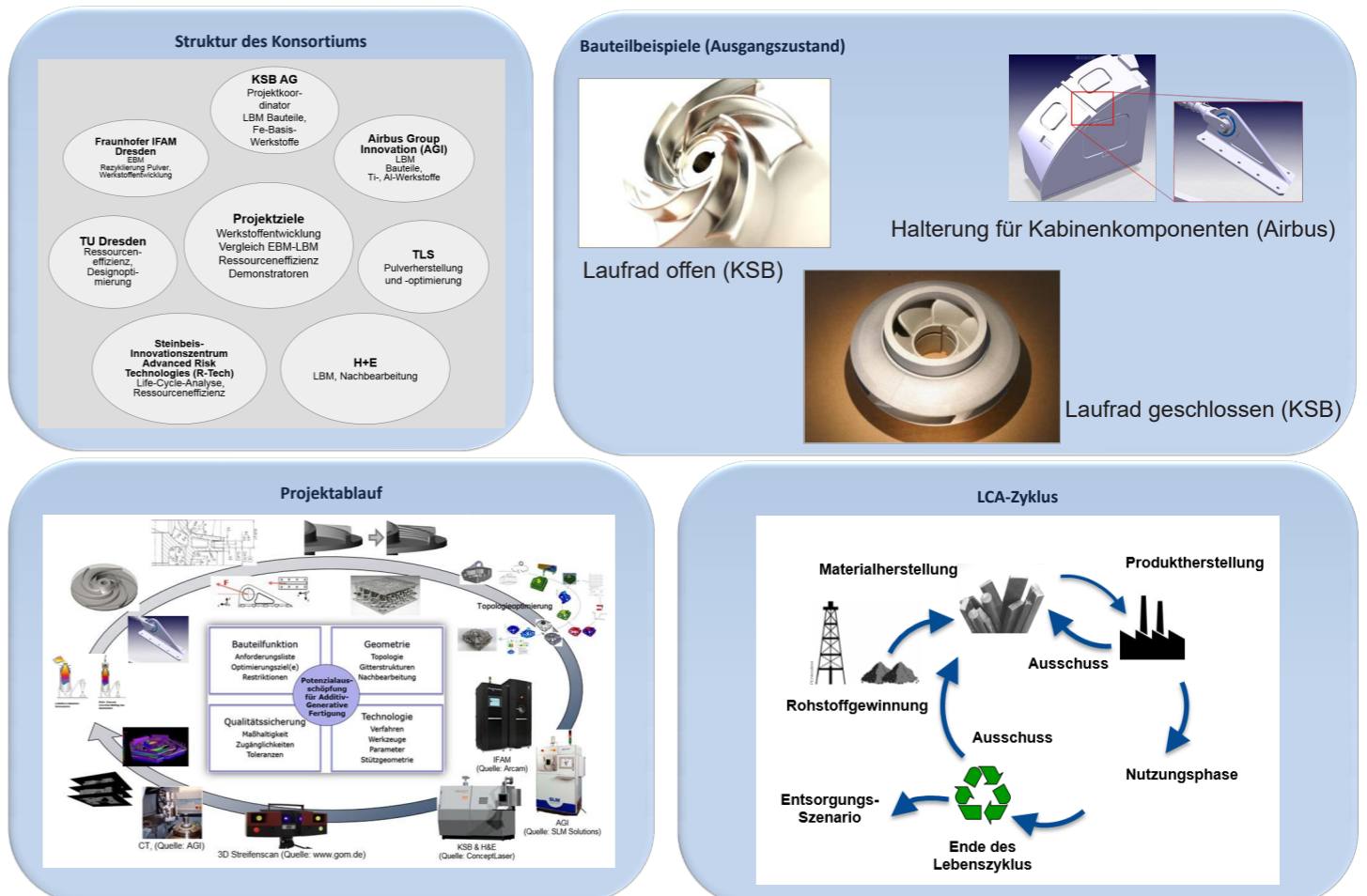
A. Böhm^{a)}, A. Kühl^{a)}, A. Schoberth^{b)}, G. Engel^{c)}, M. Ziegenbalg^{c)}, W. Garcia Vargas^{d)}, M. Queck^{d)}, C. Schöne^{e)}, M. Süß^{e)}, A. Jovanovic^{f)}, F. A. Quintero^{f)}, B. Klöden^{g)}, T. Weißgärber^{g)}, M. Dietrich^{h)}

- a) KSB AG, * Projektkoordinator
 b) Airbus Defence and Space GmbH
 c) H+E Produktentwicklung GmbH
 d) TLS Technik GmbH & Co. Spezialpulver KG
 e) TU Dresden, Institut für Maschinenelemente und Maschinenkonstruktion
 f) Steinbeis-Innovationszentrum Advanced Risk Technologies
 g) Fraunhofer IFAM
 h) Forschungszentrum Jülich



Ziele

Das Gesamtziel des Vorhabens ist die effizientere Nutzung natürlicher Ressourcen durch die Erhöhung der spezifischen Materialausbeute für industriell sehr wichtige Al, Fe- und Ti-Werkstoffe. Dies soll durch die Schonung stofflicher Ressourcen unter Nutzung additiver Fertigungsverfahren (Laser Beam Melting (LBM), Electron Beam Melting (EBM)) erreicht werden. In Kombination mit diesen Technologien wird durch deren hohen Grad an Designfreiheit eine ressourceneffiziente Optimierung der Produkte möglich und im Projekt zur Anwendung kommen. Dadurch soll der Verbrauch von strategischen Legierungselementen wie z.B. Molybdän, Chrom, Vanadium und Scandium stark minimiert werden. Im Mittelpunkt der Bauteilentwicklung stehen ein Pumpenlaufrad sowie eine Halterung aus dem Innenraum eines Flugzeugs. Projektübergreifend wird eine Life-Cycle-Analyse zur Bewertung der Ressourceneffizienz unter Berücksichtigung der implementierten technologischen Schritte im Vergleich mit aktuellen Technologien durchgeführt.



Verwertung

Das Projekt besitzt Demonstrationscharakter für die Umsetzung materialeffizienter Produktionsprozesse mit Signalwirkung für die Industrie, insbesondere auch die KMUs im Hinblick auf die Fertigung kleiner Losgrößen. Dabei werden exemplarisch an mehreren Demonstratoren und mit belastbaren Effizienzdaten die Reduktionsmöglichkeiten kritischer metallischer Elemente dokumentiert. Dadurch werden nicht nur die beteiligten Industriepartner in die Lage versetzt, eine zukünftige Fertigung mit erheblich verbesserter Wirtschaftlichkeit und Ressourceneffizienz zu etablieren. Aufgrund der Universalität der gewählten Werkstoffe besteht ein sehr hohes wirtschaftliches Potential durch die Übertragbarkeit der additiven Fertigungsverfahren auf weitere Bauteile und Anwendungsbereiche.



s-AmOx - Entwicklung von sekundären Antimonoxiden für den Einsatz in Kunststoffartikeln



Sb-haltige Reststoffe

hochreines ATO

Einsatz als Flammhemmer in Kunststoffen

Heutzutage entfallen bereits etwa 70% des weltweiten Antimonbedarfs auf den Einsatz von Antimontrioxid (ATO) als synergetischer Werkstoff in Flammenschutzmitteln für die Kunststoffindustrie. Zukünftig werden für den ATO-Bedarf auf diesem Sektor Wachstumsraten >5% prognostiziert. Fraglich ist, ob und zu welchem Preis dieser Materialbedarf der Industrienationen in Zukunft gedeckt werden kann, da für Antimon eine starke Importabhängigkeit vom nahezu monopolistischen Antimonproduzenten China vorliegt und der Markt auf die chinesische Exportpolitik mit einer sehr volatilen Preisentwicklung reagiert. Die Situation auf dem Weltmarkt zeigt die Notwendigkeit der Mobilisierung alternativer Antimonquellen für diesen High-Tech-Werkstoff. Dies kann durch Entwicklung geschlossener Stoffkreisläufe erreicht werden und ist Basis des Forschungsvorhabens "s AmOx". Recycling ist hierzu essentiell, jedoch erfolgt derzeit auf diesem Wege keine nennenswerte Nutzung von Antimon z.B. aus Reststoffen der Elektronik- und Batterieindustrie. Im Verlauf des Forschungs-vorhabens soll daher ein sekundär gewonnenes Antimonoxid entwickelt werden, das gleichzeitig alle Spezifikationen für den Einsatz als Flammschutzwerkstoff erfüllt, dabei aber sowohl ressourcenschonender als auch kosteneffizienter zu produzieren ist, als das primär gewonnene Pendant. Das Ausgangsmaterial für die Entwicklung dieses sekundären Antimonoxides bilden antimonhaltige Mischoxide, die bei der Refinement von Rohblei zwangsläufig anfallen. Im Rahmen des Projektes wird unter anderem daran gearbeitet, die Verunreinigungen in diesen Mischoxiden durch hochselektive Abtrennung mittels gesteuerter Oxidation zu reduzieren, um im darauffolgenden Prozessschritt der Antimonoxidgewinnung über die Gasphase ein möglichst hochreines Produkt gewinnen zu können. Da die Funktionalität des so gewonnenen Materials in Bezug auf den Einsatz in Flammenschutzmitteln von grundlegender Bedeutung ist, wird neben einer ausführlichen Analytik des sekundären ATO auch dessen Einsatz im Produkt experimentell erprobt. Weiterhin wird an der Integration jener Stoffströme, die zwar Antimonergehalte aufweisen, aber heute nicht an den Recyclingkreislauf des Antimons angeschlossen sind, gearbeitet. Ein Beispiel dafür bilden Kunststoffe, die mit eben jenen antimonhaltigen Flammenschutzmitteln versetzt wurden.

Koordinator: Prof. Dr.-Ing. Bernd Friedrich, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen

Projektpartner:

- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
- Conmet GmbH
- Verseidag-Indutex Gesellschaft mit beschränkter Haftung
- Aurubis AG

Laufzeit: 01.01.2014 bis 31.12.2016

FKZ: 03X3592

Matressource s-AmOx (FKZ 03X3592E)

Entwicklung von sekundären Antimonoxiden für den Einsatz in Kunststoffartikeln

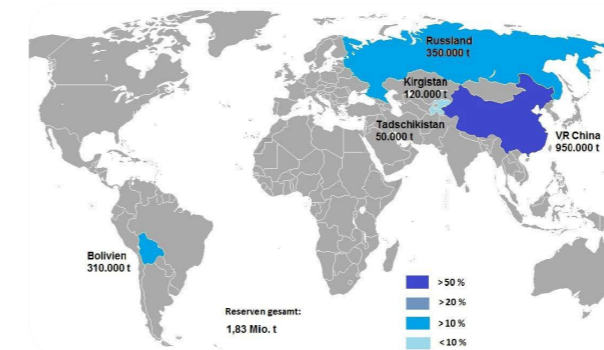


Abbildung 1: Antimonweltmarkt

Heutzutage entfallen bereits etwa 70 % des weltweiten Antimonbedarfs auf den Einsatz von Antimontrioxid (ATO) als synergetischer Werkstoff in Flammenschutzmitteln für die Kunststoffindustrie. Zukünftig werden für den ATO-Bedarf auf diesem Sektor Wachstumsraten von mehr als 4 % prognostiziert. Die Situation auf dem Weltmarkt kennzeichnet sich durch ungleiche Verteilung, endliche Vorkommen (Abb. 1) und zeigt die Notwendigkeit der Entwicklung alternativer Gewinnungsverfahren auf. Im Forschungsvorhaben wird daher ein Prozess zur Gewinnung von ATO aus Sb-haltigen Reststoffen der Bleiindustrie entwickelt. Ein so gewonnenes ATO muss alle Spezifikationen für den Einsatz als Flammschutzwerkstoff erfüllen, dabei aber sowohl ressourcenschonender als auch kosteneffizienter zu produzieren sein, als das konventionell aus Reinantimon gewonnene (Abb. 2) Pendant.

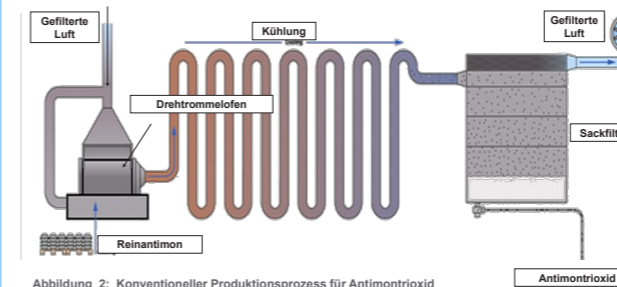


Abbildung 2: Konventioneller Produktionsprozess für Antimontrioxid

Das Ausgangsmaterial entstammt der pyrometallurgischen Bleiraffination. Dort werden die Begleitelemente Zinn, Antimon und Arsen mittels Einblasen von Luft durch Oxidation entfernt (sog. Softening; Abb. 3). Die Selektivität dieses Prozesses ist aufgrund der hohen Sauerstoffpartialdrücke als gering einzustufen, da eine simultane Oxidation der Begleitelemente auftritt und weiterhin Teile des Zielmetalls als Bleioxid an die gebildeten Drosse verloren gehen. Durch genaue Prozesssteuerung, die ebenfalls im Rahmen des Projekts am IME untersucht wird, lassen sich Drosse erzeugen, die neben PbO und Sb₂O₃ kaum weitere Begleitoxide enthalten. Je sauberer die Trennung in diesem Prozessschritt erfolgt, desto einfacher lässt sich ein hochreines ATO im folgenden Verflüchtigungsprozess gewinnen. In der industriellen Praxis lassen sich diese Drosse abhängig vom Vorlauf bis auf etwa 35 Gew.-% Sb₂O₃ anreichern.



Abbildung 3: Entstehung Sb-haltiger Schlacken im Rahmen der Bleiraffination



Florian Binz, M.Sc.
IME Metallurgische Prozesstechnik und Metallrecycling
+49 241 80 90234
fbinz@ime-aachen.de



Im Projekt werden die Randbedingungen der Antimontrioxidverflüchtigung im Vorfeld der experimentellen Arbeiten durch detaillierte Betrachtung der thermochemischen Daten im System Sb₂O₃-PbO abgesteckt. Dazu werden zunächst Aktivitäten und Dampfdrücke betrachtet und aus diesen die Partialdrücke bei gegebener Temperatur und Zusammensetzung errechnet. Mit diesen lässt sich ein Partialdruckverhältnis von Sb₂O₃ zu PbO ermitteln. Diesem muss das molare Verhältnis im Kondensat entsprechen. Durch Abgleich mit dem Kondensatstandard (s. Abb. 2) lässt sich eine Verflüchtigungsbedingung für die Drosszusammensetzung aufstellen. Wie Abb. 3 zeigt, erfüllen unkonditionierte Drosse diese Bedingung nicht. Eine Konditionierung vor dem eigentlichen Verflüchtigungsprozess ist zwingend erforderlich.

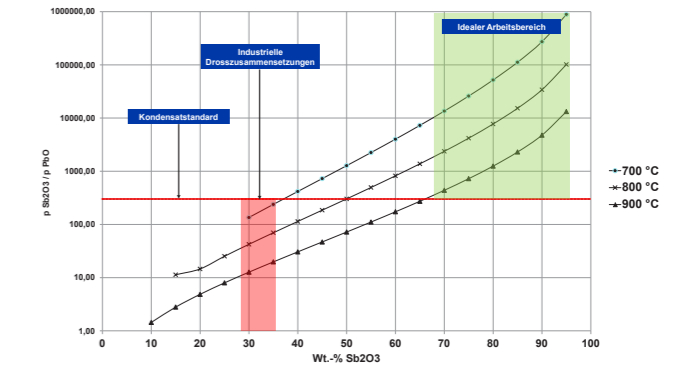


Abbildung 3: Berechnetes Dampfdruckverhältnis als Funktion von Temperatur und Zusammensetzung

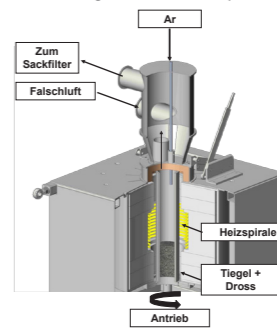


Abbildung 4: Verflüchtigungsreaktor am IME

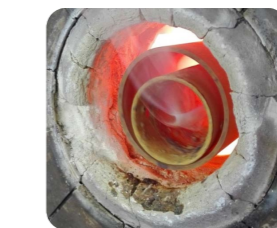


Abbildung 5: Verflüchtigungsversuch

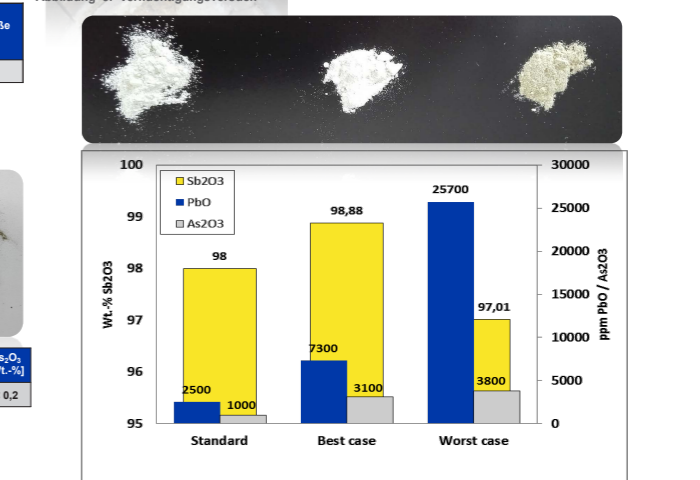
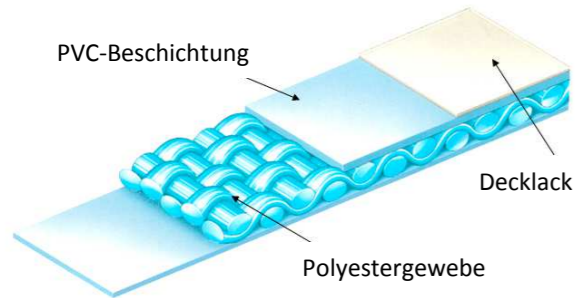


Abbildung 6: s-AmOx Kondensate verschiedener Qualitäten



s-AmOx - Entwicklung von sekundären Antimonoxiden für den Einsatz als Flammschutzmittel in Kunststoffartikeln

GEFÖRDERT VOM

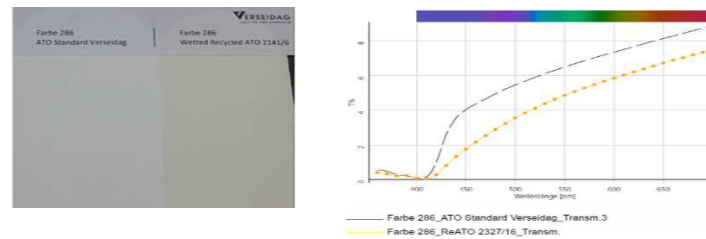


Aus recyklierten Antimon synthetisiertes Antimontrioxid (ATO, Sb_2O_3) wird in PVC-beschichteten Textilien auf seine Eignung als Flammschutzmittel untersucht. Dabei wird primäres ATO in der PVC-Beschichtung 1:1 gegen das Rezyklat ersetzt und die PVC-Produkte in Bezug auf Optik, Oberflächengüte, Verarbeitungseigenschaften sowie Brandverhalten charakterisiert.

Typische Anwendungsfelder derartiger PVC-beschichteter Textilien sind Gasspeichersysteme von Biogasanlagen, großformatige Werbeträger in der Außenwerbung oder auch Membrandächer von Sportstadien.

Erste Rezyklate (1-4) überschreiten die Grenzwerte für Blei und Arsen nach ROHS und REACH und waren somit nicht einsetzbar. Auch ist aufgrund der hohen Schwermetallgehalte eine grau-gelbe Verfärbung des ATO zu beobachten, die auch in der PVC-Beschichtung visuell und colorimetrisch deutlich sichtbar ist.

| | Standard ATO | Rezyklat 1 | Rezyklat 2 | Rezyklat 3 | Rezyklat 4 |
|-----------|--------------|------------|------------|------------|------------|
| Pb in ppm | ~ 750 | 26324 | 13859 | 27197 | 33032 |
| As in ppm | <80 | 3615 | 2916 | 2974 | 3576 |



Im Hinblick auf die Eigenschaft von ATO als Flammschutzmittel konnten in weich-PVC beschichteten PES-Geweben keine signifikanten Differenzen zwischen recyceltem ATO und dem chemisch weniger verunreinigtem primärem ATO beobachtet werden. Somit ist die primäre Funktionalität des recyceltem Antimontrioxid gegeben. Zur Veranschaulichung sind auf der linken Seite Aufnahmen von DIN 4102-1 Kleinbrennerprüfungen abgebildet. Das linke Muster enthält kein ATO, während das rechte Muster mit ATO ausgerüstet ist.

Aktueller Projektstand:

- Recyceltes ATO konnte in zwei kurzlebigen Produkten eingesetzt werden, ohne dass eine merkliche Beeinflussung der Produkteigenschaften beobachtet werden konnte.
- In farblich sehr anspruchsvollen Anwendungen ist recyceltes ATO mit der im Projekt erreichten Reinheit nicht einsetzbar.
- Aktuell wird geprüft, ob bei der Langzeitwitterung von Artikeln mit recyceltem ATO Abweichungen gegenüber denselben Artikeln auf Basis von primären Rohstoffen zu beobachten ist.

A. Rainke, M. Langenbruch, D. Boschmann, P. Siemens
 VERSEIDAG-INDUTEX GmbH, D-47803 Krefeld
 Förderkennzeichen 03X3592C





SKY - Technologieplattform „Schaltbare Katalysatoren für Flüssigphasenprozesse“

Ziel ist es, eine neue Technologieplattform für Katalysatoren und katalytische Flüssigphasenprozesse auf der Basis stimuli-schaltbarer Polymere zu schaffen, die folgende Vorteile aufweist: Erhöhung der Materialeffizienz der Prozesse durch Rezyklierung komplexer teurer Katalysatoren inklusive der Edelmetalle auf Basis des schaltbaren Aggregatzustandes, Erhöhung der Raumzeitausbeuten durch lösemittelarme Prozessführung, sichere Prozessführung bei stark exothermen katalytischen Prozessen durch selbstabschaltende Katalysatoren. Katalysatoren auf Basis stimuli-schaltbarer Polymere sind Systeme, deren Aggregatzustand und damit einhergehend, deren Aktivität mittels definiert einstellbarer Reaktionsparameter (z. B. Temperatur) schlagartig geändert („geschaltet“) werden können. D. h. im „Arbeitsmodus“ liegen sie gelöst als hochaktive und selektive Katalysatoren vor, während sie im „abgeschalteten Modus“ zu festen Phasen mit weitgehend unzugänglichen katalytischen Zentren werden. Solche stimuli-schaltbare Katalysatoren sind im Bereich der angewandten Katalyse als neue Reaktionsklasse zu betrachten, die im Erfolgsfall der hochselektiven Metallkomplekkatalyse einen neuen Anwendungsschub verleihen könnte. Damit sollen folgende Potentiale zur Verbesserung der Ressourceneffizienz chemischer Verfahren im Bereich der Spezial- und Feinchemie zu adressieren:

- Minimieren von Nebenprodukten durch den Einsatz hochselektiver Metallkomplekkatalysatoren
- Erhebliche Kostenreduktion und Materialeffizienz der Prozesse durch Rezyklierung komplexer teurer Katalysatoren inklusive Liganden und Edelmetalle auf Basis ihres schaltbaren Aggregatzustandes (Einsparung von Entsorgungskosten der verbrauchten Katalysatoren und Energiekosten beim Refining des verbrauchten Edelmetalls)
- Erhöhung der Raumzeitausbeuten und Materialeffizienz durch lösemittelarme Prozessführung auf Basis stimuli-schaltbarer Katalysatoren, da sich diese einfach mittels Filtration von der Produktlösung abtrennen lassen und aufwändige Extraktionsverfahren entfallen. Dieser Aspekt führt zu einer Reduzierung der atmosphärischen Belastung durch flüchtige organische Stoffe und zu einer beträchtlichen Energieeinsparung, da Trennoperationen (Lösungsmittel/Produkt) und Reinigungs- oder Produktionsschritte für die eingesetzten Lösungsmittel minimiert werden.
- Weitere Erhöhung der Raumzeitausbeute auch im Vergleich zu konventionellen heterogen-katalysierten Prozessen, da die stimuli-schaltbaren Katalysatoren quasi als homogene Katalysatoren eingesetzt werden, d. h. es wird ein optimale Wechselwirkung zwischen der Reaktantenlösung und den katalytisch aktiven Zentren gewährleistet, ohne zusätzliche aktivitätsmindernde Diffusionsbarrieren zu schaffen, wie sie in der Phasentransferkatalyse oder der heterogenen Katalyse auftreten.
- Sichere Prozessführung bei stark exothermen katalytischen Prozessen durch selbstabschaltende Katalysatoren: Katalytisch funktionalisierte stimuli-schaltbare Polymere, die eine sogenannte LCST (lower critical temperature) aufweisen, senken ihre Löslichkeit schlagartig oberhalb dieser kritischen Temperatur und fallen als Feststoff aus. Dieser Übergang vom gelösten bzw. kolloidal dispergierten Zustand in den festen Zustand ist mit einer deutlichen Verringerung der katalytischen Aktivität verbunden. Reaktion und die weitere Wärmeerzeugung werden so gestoppt, das Durchgehen des Reaktors wird unterbunden.

Koordinator: Dr. Dorit Wolf, Evonik Industries AG, Hanau

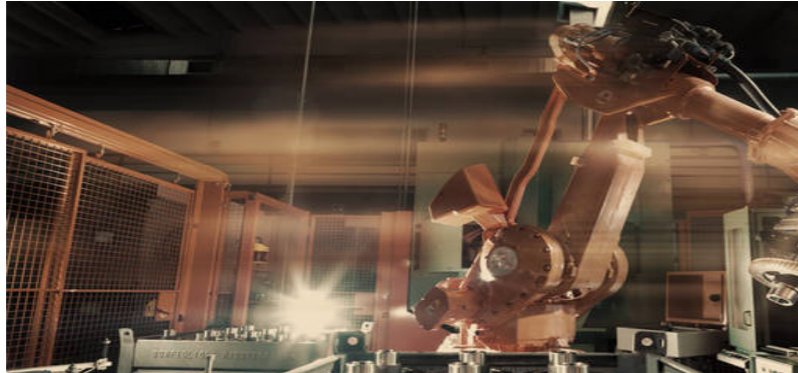
Projektpartner:

- Evonik Industries AG - Inorganic Materials - Catalysts - Research & Development
- DWI an der RWTH Aachen e.V.
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Institut für Anorganische Chemie

Laufzeit: 01.08.2013 bis 31.07.2016

FKZ: 03X3588A

Stahl-Schnecke: Kupfer- und zinnfreie Schneckenradgetriebe hoher Effizienz und Leistungsdichte - technologische Substitution von Bronze durch Stahl



Im Forschungsprojekt arbeiten 13 Partner aus Industrie und Hochschule daran, ein neues Konzept für Schneckengetriebe zu entwickeln. Das alternative Getriebe soll die Vorteile von Schneckengetrieben behalten und gleichzeitig ohne den Verschleißwerkstoff Bronze auskommen. Die Bronze soll durch einen konventionellen Stahlwerkstoff substituiert werden. Somit soll eine drastische Senkung der Produktionskosten erreicht werden. Gleichzeitig soll der Wirkungsgrad durch die neue Werkstoffpaarung und entsprechende Oberflächenbehandlungsverfahren gesteigert werden. Die Verwendung von Stahl anstelle von Bronze in Getrieben bringt wesentliche Vorteile. Stahl wird in Deutschland hergestellt und macht die Industrie importunabhängig. Zweitens ist der Wirkungsgrad von einer Stahl-Stahl-Paarung höher als der einer Stahl-Bronze-Paarung.

Koordinator: Dr.-Ing. Philipp Kauffmann, Bonfiglioli Vectron GmbH

Projektpartner:

- Bonfiglioli Vectron GmbH, Krefeld
- Liebherr-Verzahntechnik GmbH, Kempten (Allgäu)
- ELTRO Gesellschaft für Elektrotechnik mit beschränkter Haftung, Baesweiler
- ALD Vacuum Technologies GmbH, Hanau
- Klüber Lubrication München SE & Co. KG - Abt. Marketing und Anwendungstechnik - MA-TM/PF, München
- Elgeti Engineering GmbH, Aachen
- ZeMA - Zentrum für Mechatronik und Automatisierungstechnik gemeinnützige GmbH - Bereich Montage- und Automatisierungstechnik, Saarbrücken
- BGH Edelstahl Siegen GmbH, Siegen
- Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für Maschinenbau - Lehrstuhl für Industrie- und Fahrzeugantriebstechnik (LIFA), Bochum
- Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen - Werkzeugmaschinenlabor - Forschungsbereich Werkzeugmaschinen, Aachen
- Hochschule Niederrhein University of Applied Sciences - STAR-Kompetenzzentrum, Krefeld

Laufzeit: 01.03.2013 bis 29.02.2016

FKZ: 03X3576

Stahlschnecke

Kupfer- und zinnfreie Schneckengetriebe hoher Effizienz und Leistungsdichte – technologische Substitution von Bronze durch Stahl

Projektkoordination:
Bonfiglioli Vectron GmbH
Ansprechpartner:
Dipl.-Ing. Daniel Chmill
daniel.chmill@bonfiglioli.com
+49(0)2151/8396-121

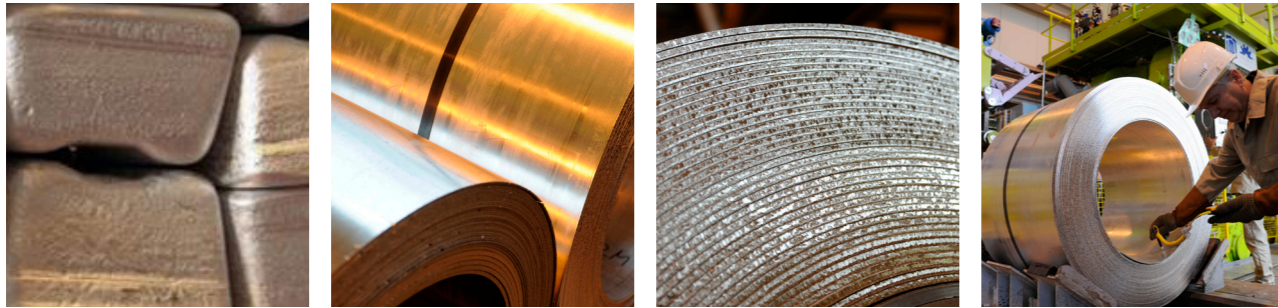
| Motivation | Ziele | Vorgehensweise |
|--|--|---|
| <p>Bronze dient als Verschleißwerkstoff:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Hohe Materialkosten - Hohe Reibung durch mehr Partikel im Schmierstoff - Wenig ressourceneffizient | <p>Verschleiß- und Kostenminimierung</p> <ul style="list-style-type: none"> - Senkung der Materialkosten - Erhöhung der Lebensdauer des Getriebes - Reduzierung der Wartungsaufwendungen - Reduzierung der Materialvarianz - Vereinfachung des Recyclingprozesses - Reduzierung des Spiels der Verzahnung <p>Senkung des Energieverbrauchs:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Reduzierung der Reibung im Zahnkontakt - Steigerung des Wirkungsgrad - Energieeinsparung durch die Wahl einer kleineren Antriebsmaschine | <p>Entwicklung eines einläufigen Stahls → Eliminierung des Einlaufbedarfs</p> <p>Verformbares Gefüge → Verformbare Oberfläche → Definierter Härteunterschied → Geringere Fertigungstoleranzen → Geringere Montage-toleranzen → Angepasste Auslegung</p> <p>Prozesskettenanalyse</p> |

03.2013 Phase 1: Optimierung/ Screening Tests → Evaluierung → Phase 2: Validierung 08.2016

Ergebnisse

| Simulation/Fertigung | Erzielte Teilziele der Optimierungsphase: | Fertigung | Test und Untersuchung |
|---|--|---|--|
| <p>Spannungsverläufe in Zahntiefenrichtung</p> <p>Tiefe der maximalen Belastungstiefe bei Nennbelastung: 0,1mm – 0,15 mm Starker Abfall der Spannungen bei einer Tiefe > 0,3 mm</p> <p>Schadensbild nach Ausfall bei einer überkritischen Belastung von $2,6 \times M_n$</p> | <p>Auslegung einer Testgeometrie</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tragbildberechnung - Netzstudie zur FE-Simulation - FE-Modellierung zur Spannungssimulation - Sensitivitätsanalyse bzgl. Flankenabweichungen und Flankenmodifikationen <p>Prüfstand</p> <ul style="list-style-type: none"> - Testkriterium: Fressschäden - Ölumpf- und Umlaufschmierung mit vergleichbaren Ergebnissen - Gesamte Testdauer $t > 2000$ h - Dauertests $T_1 > 500$h bei $T_2 = 320$ Nm - Steigerung des übertragbaren Moments T_2 um 210 % - Wirkungsgrad $\eta_d \approx 76\%$ bei $i=30$ | <p>Analysen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Gute Übereinstimmung von Auslegung und Fertigung - Gute erzielte Oberflächen - Bessere Oberflächen bei Schälwälzfräsen verglichen mit wälzschleifen - Härtere Oberflächen = bessere Testergebnisse <p>Analysen</p> <ul style="list-style-type: none"> - Oberflächenmessung - Härteverlaufmessung - Gefügeschleife - Zahngeometriemessung - Schmierstofftest - Definition von Anforderungsprofilen an Fertigung und Montage | <p>Oberflächenanalyse/ Prozesskettenanalyse</p> <p>Schneckenrad aus dem Herstellungsprozess vs. Schneckenrad nach dem Prüfstandtest</p> <p>Analyse von Fertigung und Montage</p> <p>Einsparpotenzial</p> <p>Gesamtes Bronze-Einsparpotential: 750 Tonnen p.a.</p> |

SubSEEMag – Substitution von Selten Erden Elementen in hochfesten und duktilen Magnesiumwerkstoffen



Magnesiumwerkstoffe bieten enorme Potenziale für den industriellen Leichtbau und die Herstellung ressourceneffizienter Anwendungen. Sie weisen alle wesentlichen Vorzüge metallischer Werkstoffe auf (vielseitige Verarbeitungsmöglichkeiten, gute Leitfähigkeit für Wärme und elektrischen Strom, günstiges Crashverhalten, vollständige Recyclerbarkeit) und sind auf der Erde in nahezu unbegrenzter Menge verfügbar. Speziell für Anwendungen mit hohen Anforderungen an die mechanischen Eigenschaften sowie die Brandsicherheit werden heute allerdings Legierungen eingesetzt, die Elemente der Seltenen Erden beinhalten, was sowohl hinsichtlich der Umweltverträglichkeit als auch hinsichtlich der Rohstoffverfügbarkeit und Wirtschaftlichkeit kritisch zu bewerten ist.

Aufgabe des Vorhabens SubSEEMag ist die Entwicklung von Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren für Magnesiumwerkstoffe mit verbesserten Eigenschaften, ohne den Zusatz von Selten Erden Elementen. Dazu sollen zum einen neue Legierungen zum Einsatz kommen, die vergleichbare Eigenschaftspotentiale aufweisen; Zum anderen sollen die Herstellungs- und Verarbeitungsverfahren entlang der Prozesskette so aufeinander abgestimmt werden, dass die werkstoffseitigen Potentiale optimal ausgeschöpft werden können. So können die Werkstoffeigenschaften über ein gezieltes Mikrostrukturdesign nachhaltig beeinflusst werden.

Neben der Vermeidung des Einsatzes von Seltenen Erden besteht ein wesentliches Ziel des Vorhabens darin, die industrielle Nutzbarkeit von Magnesiumwerkstoffen zu erweitern, in dem einerseits Werkstoffe mit anwendungsbezogen optimiertem Eigenschaftsprofil entwickelt werden, die zusätzlich zu signifikant verringerten Kosten hergestellt und verarbeitet werden können.

Mit dem Magnesium Innovations Center des Helmholtz-Zentrums Geesthacht und dem Institut für Metallformung der TU Bergakademie Freiberg beteiligen zwei auf dem Gebiet der Magnesiumforschung international führende Forschungseinrichtungen. Als Industriepartner arbeiten die ThyssenKrupp Magnesium Flachprodukte GmbH (Herstellung von Magnesium-Halbzeugen), die Carl Bechem GmbH (Umform-Schmierstoffe), IRE Industrial Research & Engineering (Fügeverfahren), die Henkel AG & Co. KGaA (Oberflächentechnik), die Prevent TWB GmbH & Co. KG (Blechverarbeitung für automobile Anwendungen) sowie die VOITH Engineering Services GmbH (Anwendungsentwicklung für den Fahrzeugbau) an dem Vorhaben mit. Im Rahmen einer assoziierten Partnerschaft wird das Konsortium außerdem durch die Unternehmen Magontec, Airbus, Volkswagen und Audi unterstützt.

Koordinator: Dr. Jens Grigoleit, TU Bergakademie Freiberg

Projektpartner:

- MgF Magnesium Flachprodukte GmbH
- CARL BECHEM GMBH
- Prevent TWB GmbH & Co. KG
- Voith Engineering Services GmbH (Chemnitz) - Road & Rail
- Industrial Research & Engineering
- Henkel AG & Co. KGaA - Unternehmensbereich Klebstoff-Technologien (Adhesive Technologies)
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht

Laufzeit: 01.04.2014 bis 31.03.2017
FKZ: 03X3593

Motivation des Projekts

Aufgrund seiner hexagonalen Kristallstruktur entwickeln Magnesiumlegierungen eine ausgeprägte Walztextur. Legierungen mit Elementen aus der Gruppe der seltenen Erden zeigen eine deutlich verringerte Texturintensität. Daraus folgt eine bessere Umformbarkeit der Bleche im Produktionsprozess. Seltene Erden sind strategische Rohstoffe, und ihre Gewinnung ist zudem mit großen Umweltproblemen verbunden. Sie sollen daher ersetzt werden.

Ziel des Projektes SubSEEMag ist die Entwicklung angepasster Magnesiumlegierungen für den Gießwalz- und Walzprozess zur Herstellung von Magnesiumblechen.

Projektfortschritt

Definition der Anforderungen Vorauswahl geeigneter Legierungen

| Bez. | Zusammensetzung |
|--------|---|
| ZMX210 | 2 Gew.-% Zink, 1 Gew.-% Mangan, < 1 Gew.-% Kalzium |
| MX20 | 2 Gew.-% Mangan, < 1 Gew.-% Kalzium |
| MX21 | 2 Gew.-% Mangan, 1 Gew.-% Kalzium |
| ZAX210 | 2 Gew.-% Zink, 1 Gew.-% Aluminium, < 1 Gew.-% Kalzium |
| ZA21 | 2 Gew.-% Zink, 1 Gew.-% Aluminium |
| AZ31 | 3 Gew.-% Aluminium, 1 Gew.-% Zink |

untersuchte Legierungen

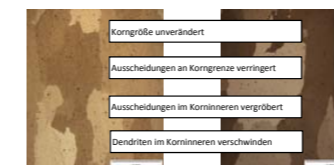
Kalzium hat auf die Entwicklung der Walztextur eine den seltenen Erden vergleichbare Wirkung. Verschiedene kalziumhaltige Magnesiumlegierungen wurden daher zu Projektbeginn ausgewählt. Zusätzlich wurde zum Vergleich die Legierung AZ31 getestet.

Erprobung im Labormaßstab zur Auswahl der am besten hinsichtlich Umformvermögen geeigneten Legierung



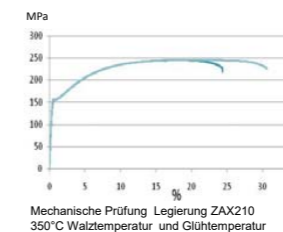
Abguss im Tütengussverfahren

Alle Legierungen wurden im Tütengussverfahren abgossen. Aus den Gussbolzen wurden Walzproben mit 20mm Dicke erstellt. Diese wurden an der Laborwalze zu Blechen mit ca. 1,5mm Dicke gewalzt.



Ermittlung der optimalen Wärmebehandlung

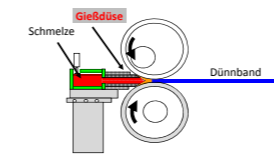
An den abgossenen Legierungen wurde eine Studie durchgeführt um die optimale Wärmebehandlung zu ermitteln. Ziel war die Reduzierung der Ausscheidungen für ein verbessertes Umformverhalten



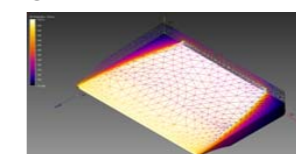
Mechanische Prüfung Legierung ZAX210
350°C Walztemperatur und Glühtemperatur

Aus den gewalzten Blechen wurden Zugproben erstellt und geprüft. Die später ausgewählte Legierung ZAX210 erreicht dabei Werte im Bereich der selten-erdhaltigen Magnesium-legierungen, und ist damit der Legierung AZ31 deutlich überlegen.

Konstruktion und Herstellung einer verbesserten Gießdüse auf Basis numerischer Simulationen des Fließverhaltens und der Wärmeübertragung



Die Gestaltung und Materialauswahl der Gießdüse wurden systematisch untersucht. Auf Basis numerischer Simulationen wurde ein verbessertes Design der Gießdüse erstellt. Ziel war eine gleichmäßige Temperaturverteilung und Fließgeschwindigkeit der Schmelze in der Gießdüse.

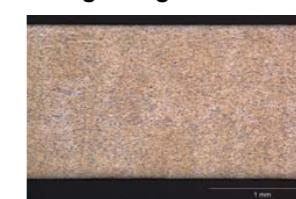


Das am besten geeignete Material wurde aus einer Auswahl verschiedener Kalzium-Silikatkeramiken ermittelt. Die neu entwickelte Gießdüse wurde aus diesem Werkstoff hergestellt.

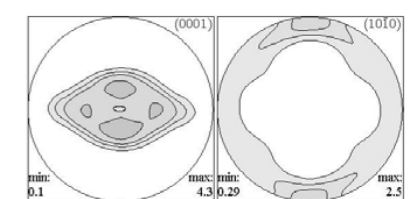
Herstellung erster Bleche der ausgewählten Legierung mittels Gießwalzen



Schliffbild Mikrostruktur ZAX210 WR im gießgewalzten Zustand



Schliffbild Mikrostruktur ZAX210 WR im gewalzten Zustand



Texturmessung gewalzte Blech ZAX210 aus Dünnband

Die ausgewählte Legierung ZAX210 wurde erfolgreich im Gießwalzprozess hergestellt. Untersuchungen sowohl im gießgewalzten Zustand (Dünnband ca. 5mm Dicke) als auch am gewalzten Blech (Dicke ca. 1,5mm) wurden durchgeführt.

Die Textur des gewalzten ZAX210-Blechtes lässt eine im Vergleich zu AZ31 deutlich verbesserte Umformbarkeit erwarten.

Ausblick

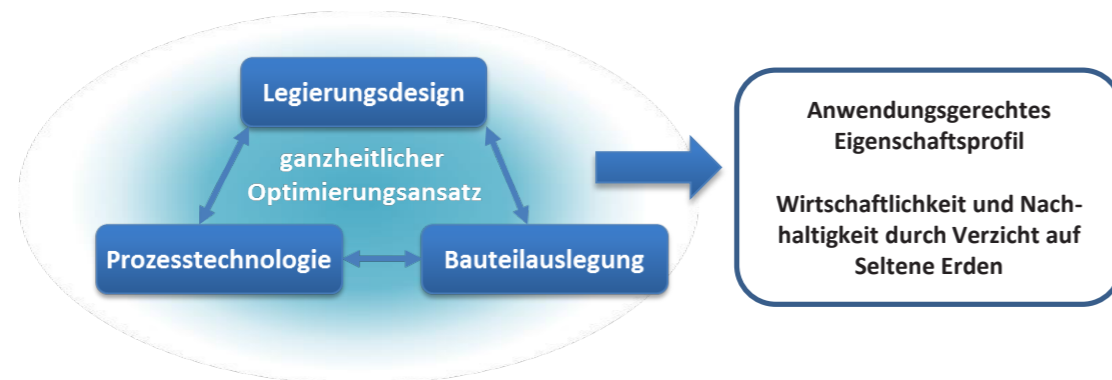
Optimierung der Prozessparameter zur Herstellung im Gießwalzverfahren und Versuche zur industriellen Anwendung der hergestellten Bleche

SubSEEMag Substitution von Selten-Erden-Elementen in hochfesten und duktilen Magnesiumwerkstoffen

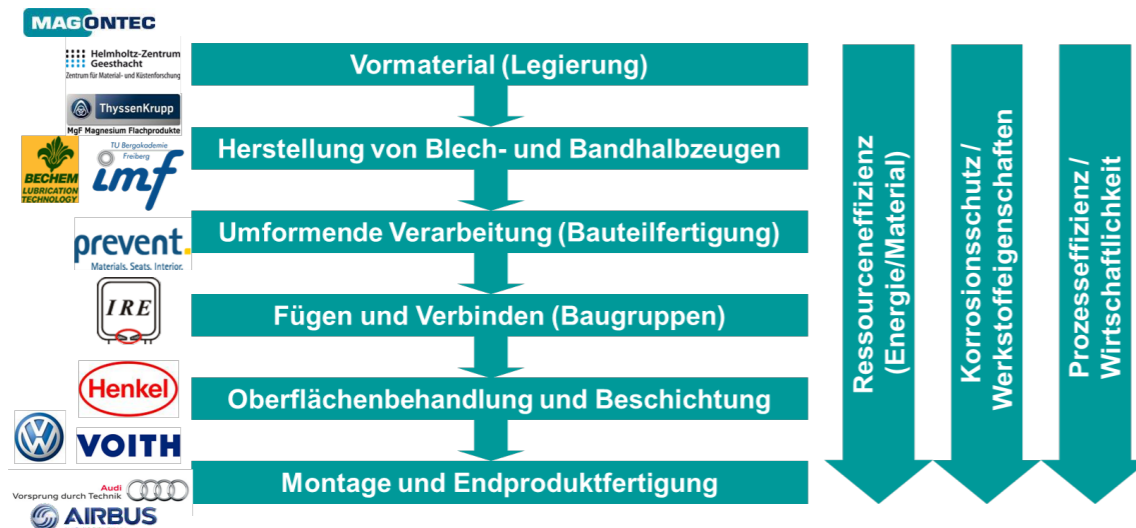
Hintergrund: Magnesium bietet als Leichtbauwerkstoff ein hohes Anwendungspotenzial (Gewichtsvorteil von 30% ggü. Aluminium und bis zu 80% ggü. Stahl). Besondere funktionale Eigenschaften werden heute durch den Einsatz von Legierungen mit Selten-Erden-Elementen realisiert.

Aufgabe: Aufgrund der Kritikalität der Rohstoffverfügbarkeit und Umweltverträglichkeit von Seltenen Erden sollen diese substituiert werden.

Lösungsansatz: Durch nach thermomechanischen Gesichtspunkten optimierte Herstellungs- und Verarbeitungsprozesse und eine daran angepasste Legierungsauswahl lassen sich die inhärenten Eigenschaftspotentiale von Magnesiumwerkstoffen optimal nutzen, um höchstwertige funktionale Eigenschaften auch ohne den Zusatz Seltener Erden einzustellen.



Projektstruktur



- Ziel:**
- ✓ Industrietaugliche Prozesse mit hoher Wirtschaftlichkeit und Produktivität
 - ✓ Erschließung erweiterter Potentiale für den Leichtbau mit Magnesiumwerkstoffen
 - ✓ Verzicht auf den Einsatz von Seltenen Erden für Magnesiumwerkstoffe



SubTungs - Substitution von Wolfram in Verschleißschutzschichten



Schaufelradbagger



Grabgefäß mit Schneiden

Bei starkem Abrasionsverschleiß, wie er im Umgang mit mineralischen Gütern häufig auftritt, haben sich auftragsgeschweißte Hartverbundschichten bewährt. Deren hoher Verschleißwiderstand beruht darauf, dass harte Wolframkarbidpartikel (WC oder WC/W₂C) in hohen Gehalten (bis zu 40 Vol. %) einer metallischen Matrix auf meist Ni-Basis zugegeben werden. Die keramischen Wolframkarbide stellen sich furchenden mineralischen Partikeln in den Weg und sind aufgrund ihrer hohen Härte bei gleichzeitig hoher Bruchzähigkeit für den Verschleißwiderstand und die daraus resultierende Lebensdauer von Verschleißteilen verantwortlich. Da Wolfram gemäß mehrerer Studien zu den kritischen Rohstoffen gehört, ist das Gesamtziel des vorliegenden Verbundvorhabens die Entwicklung hochverschleiß-beständiger wolframfreier Auftragschweißlegierungen. Wolframkarbid soll durch andere in Europa verfügbare und zugleich kostengünstige Hartstoffe ersetzt werden. Die Materialkosten der Auftragschweißung sollen zusätzlich durch die Substitution der bisher verwendeten Ni-Matrices erzielt werden. Es werden Fe-Basis-Matrices entwickelt. Als Hartstoffe werden Karbide, wie das hoch harte Siliziumkarbid, aber auch Oxide benutzt. Um sie ausreichend sicher in die Fe-Basis-Matrices einzubetten, müssen werkstofftechnische und technologische Untersuchungen durchgeführt werden. Werkstofftechnisch werden Transferschichten vorgesehen, die eine optimale chemisch/physikalische Bindung zu der Matrix auf Fe-Basis garantieren. Diese Transferschichten sollen einerseits unerwünschte Reaktionen zwischen dem Hartstoff und Metallmatrix unterbinden und andererseits eine metallurgische Hartstoffeinbindung in die Metallmatrix ermöglichen. In einem ersten Schritt gilt es, geeignete Transferbeschichtungen mittels der physikalischen und chemischen Gasphasenabscheidung auf den zuvor ausgewählten Hartstoffpartikeln zu platzieren. Gleichzeitig wird eigens für diesen Zweck eine pulvermetallurgische Hartlegierung auf Fe-Basis entwickelt und diese durch Gasverdüsen hergestellt. Technologisch wird das Metallpulver in einem weiteren Prozessschritt mit den beschichteten Hartstoffen vermengt und zu einem schweißbaren Pulvergemisch, Schweißstäben sowie zu Fülldrähten weiterverarbeitet. Die hergestellten Schweißzusatzwerkstoffe mit alternativen Hartstoffen sollen zu Panzerschichten auf Baustahlsubstraten mit den Auftragstechnologien: autogenes-, Fülldraht-, PTA-, UP-Schweißen, Laserschweißen sowie mittels InduClad verarbeitet werden. Neben der Bewertung der hergestellten Panzerschichten bezüglich der tribologischen und mechanischen Eigenschaften unter Laborbedingungen gilt es, das Potential der neu entwickelten Panzerschichten unter realen Praxisbedingungen zu prüfen. Als Demonstrator wird auf Bauteile des im Bild 1 dargestellten Gewinnungsgerätes; insbesondere auf Schneiden von Grabgefäßen zurückgegriffen.

Koordinator: Dr. Frank Schreiber, Durum Verschleißschutz GmbH

Projektpartner:

- Durum Verschleißschutz GmbH
- Reiloy-Metall GmbH
- Vattenfall Europe Mining Aktiengesellschaft
- RWE Power Aktiengesellschaft - POT-MR
- Impuls Verschleißtechnik GmbH
- ELDEC Schwenk Induction GmbH - Anwendungstechnik
- Ruhr-Universität Bochum - Fakultät Maschinenbau - Institut für Werkstoffe - Lehrstuhl Werkstofftechnik
- Hochschule Lausitz (FH) - Fertigungstechnik - Tribologie

Laufzeit: 01.06.2013 bis 31.05.2016

FKZ: 03X3584



SubTungs - Substitution von Wolfram in Verschleißschutzschichten

Kritikalität von Wolfram und Substitutionskandidaten für Verschleißschutzschichten

Bei starkem Abrasionsverschleiß, wie er im Umgang mit mineralischen Gütern häufig auftritt, haben sich auftragsgeschweißte Schichten aus Hartverbundwerkstoffen (engl. Metal-Matrix-Composites, MMC) bewährt. Deren hoher Verschleißwiderstand beruht darauf, dass harte Wolframkarbidpartikel (WC oder WC/W₂C) in hohen Gehalten (bis zu 40 Vol. %) einer metallischen Matrix auf meist Ni-Basis zugegeben werden. Die keramischen Wolframkarbide stellen sich furchenden mineralischen Partikeln in den Weg und sind aufgrund ihrer hohen Härte bei gleichzeitig hoher Bruchzähigkeit für den Verschleißwiderstand und die daraus resultierende Lebensdauer von Verschleißteilen verantwortlich.



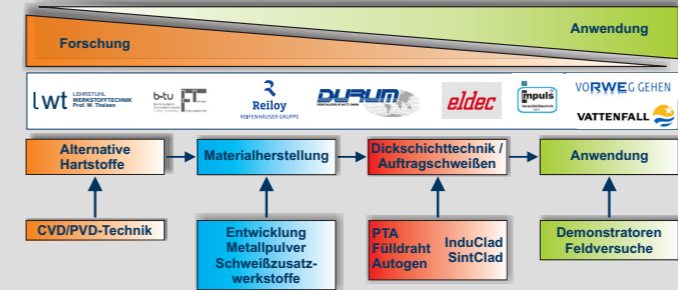
Bild 1: Typische Anwendungen für den Einsatz auftragsgeschweißter Hartverbundschichten - Tageabbagger für die Kohleförderung (links), Extruderschnecke für die Polymerverarbeitung (rechts)

Da Wolfram gemäß mehrerer Studien zu den kritischen Rohstoffen zählt, ist das Gesamtziel des vorliegenden Verbundvorhabens die Entwicklung hochverschleißbeständiger wolframfreier Auftragschweißlegierungen. Dies soll dadurch erreicht werden, dass das Wolframkarbid durch andere in Europa verfügbare und zugleich kostengünstige Hartstoffe ersetzt wird, wobei auch die bisher verwendeten Ni-Matrices durch günstigere Fe-Basis Matrices substituiert werden sollen. Mögliche Substitutionskandidaten sind die Hartstoffe Aluminiumoxid (Al₂O₃), Zirkonoxid (ZrO₂) und Mischoxide aus diesen (AlZrO).

Problematiken bei der Nutzung alternativer Hartstoffe und deren Lösung

Bei der Nutzung von Oxiden als Hartstoffverstärkung in MMCs treten drei wesentliche Probleme auf: (1) mangelnde Benetzbarkeit der Oxide durch Fe- und Ni-Basislegierungen; (2) die thermodynamische Stabilität der Oxide führt zu einer mangelnden stoffschlüssigen Anbindung an die Metallmatrix; (3) der Dichteunterschied zwischen den Oxiden (~4-6 g/cm³) und der Metallschmelze (~7-9 g/cm³) führt zum Aufschwimmen der oxidischen Hartstoffe in der jeweiligen Metallschmelze. Die Problematiken (1) und (2) lassen sich durch die Aufbringung einer metallisierenden Transferschicht, z.B. aus Titan (Ti) oder Titanitrid (TiN) auf die Hartstoffe umgehen. Eine solche Transferschicht fördert zum einen die Benetzbarkeit und zum anderen die stoffschlüssige Einbindung der oxidischen Hartstoffe in Ni- und Fe-Basislegierungen. Diese Dünnschichten können per CVD (am LWT) oder PVD (an der BTU) abgeschieden werden. Um die Problematik des Aufschwimmens der Hartstoffe zu umgehen, galt es alternative Dickschichttechnologien zu entwickeln, wie z.B. das Einbringen kinetischer Energie in die Hartstoffpartikel, um diese ins Schmelzbad beim Auftragschweißen zu platzieren, oder die Nutzung neuer Dickschichttechnologien wie InduClad oder SintClad.

Projektkonsortium und Prozesskette



Beschichten von Hartstoffen

An der BTU werden die Hartstoffe in einer PVD-Sputter-Anlage beschichtet. Um eine allseitige Beschichtung der Hartstoffe zu ermöglichen, werden diese über einen dafür entwickelten Drehteller umgewälzt. An dieser Anlage erfolgt hauptsächlich die Abscheidung von Reinmetallen wie Titan. Am LWT wurde für dieses Projekt eine LPCVD-Anlage zur Partikelbeschichtung entwickelt und installiert (Bild 2). Die Umwälzung der Partikel erfolgt hier durch eine Gasströmung und die dadurch erzeugte Wirbelschicht. Mittels CVD werden Titanitridschichten abgeschieden.

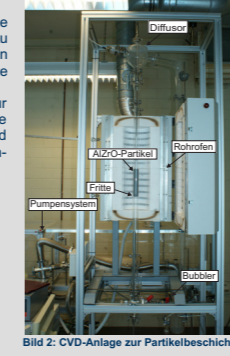
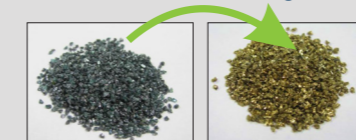


Bild 2: CVD-Anlage zur Partikelbeschichtung

TiN-Beschichtung



MMCs mit unbeschichteten und TiN-beschichteten Oxiden

TiN-Beschichtung

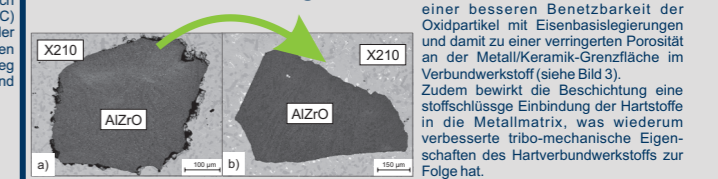


Bild 3: Einbindung eines: a) unbeschichteten Al₂O₃-Partikel; b) TiN-beschichteten Al₂O₃-Partikel in einer Fe-Basislegierung

Neue Auftragschweißtechnologie MSG + Partikelbeschleuniger

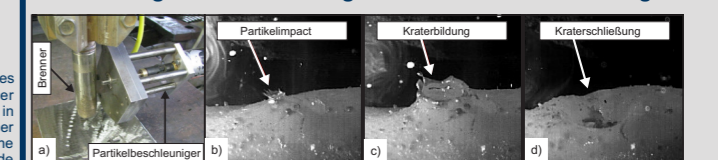


Bild 4: a) Foto des Partikelbeschleunigers adaptiert an einen MSG-Brenner für Auftragschweißungen; b) - d) Aufnahme des Impacts eines Oxidpartikels in eine Metallschmelze mit einer Hochgeschwindigkeitskamera

Bild 4 a) zeigt den durch die BTU neuentwickelten Partikelbeschleuniger zum Auftragschweißen. Mittels kinetischer Energie wird die Auftriebskraft der oxidischen Hartstoffe im Schmelzbad beim Auftragschweißen überwunden. Dazu wird der Beschleuniger am jeweiligen Brenner adaptiert und die Partikel in das flüssige Schmelzbad geschossen. Die Partikel dringen in die flüssige Phase ein und bleiben im zähflüssigen Material stecken (Bild 4 b) - d)).

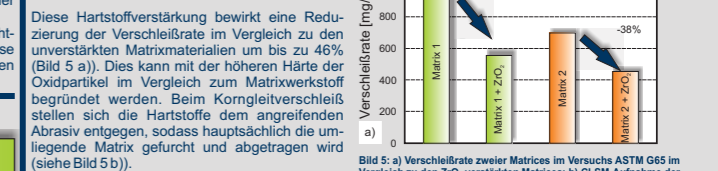


Bild 5: a) Verschleißrate zweier Matrices im Versuchs ASTM G65 im Vergleich zu den ZrO₂-verstärkten Matrices; b) CLSM-Aufnahme der verschlissenen Oberfläche

Demonstratoren / Anwendungen

Beschichtung der Schneiden von Tageabbagern



Bild 6: Gepanzerte Schneide eines Tageabbaggers

Schleuderinnenbeschichtung von Bimetallzylindern

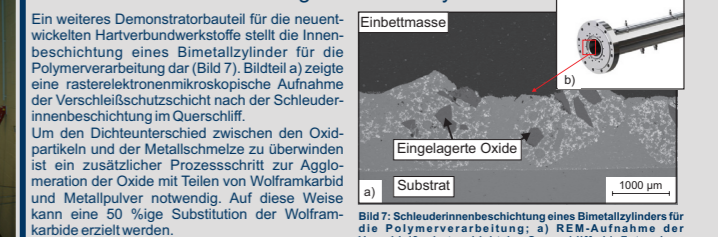
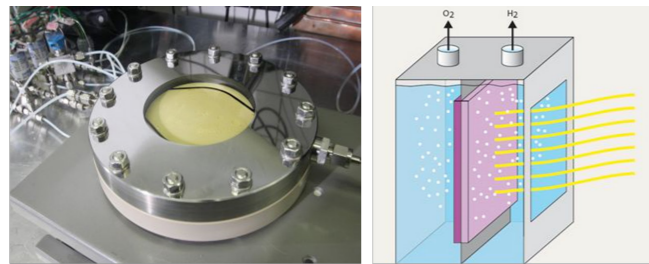


Bild 7: Schleuderinnenbeschichtung eines Bimetallzylinders für die Polymerverarbeitung; a) REM-Aufnahme der Verschleißschutzschicht im Querschnitt; b) Foto eines Bimetallzylinders

SusHy - Sustainable Hydrogen - Edelmetallfreie Katalysatoren für die Wasserstoffproduktion aus erneuerbaren Energiequellen



Photoreaktor
Schematische Darstellung Reaktormodul
(Quelle: Evonik Industries AG)

Ziel des Projektes SusHy ist die Entwicklung von edelmetallfreien oder signifikant edelmetallreduzierten Katalysatoren für ein effizienzoptimiertes, photoelektrochemisches Modul zur Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff mit Hilfe von Sonnenlicht als Energieträger. Hierbei soll ein Systemwirkungsgrad von Sonnenlicht zu Wasserstoff von mindestens 10 % erreicht werden. Mit diesem Projekt wird ein wichtiger Beitrag zum Förderschwerpunkt Katalyse und Prozessoptimierung der Ausschreibung „Materialien für eine ressourceneffiziente Industrie und Gesellschaft – MatRessource“ geleistet, da im Erfolgsfall eine Möglichkeit zur regenerativen Erzeugung von Wasserstoff als Energieträger bereitgestellt wird. Darüber hinaus wird die Abhängigkeit von Edelmetallen (z. B. Platin), die für die elektrochemische Herstellung von Wasserstoff derzeit als Katalysator verwendet werden, reduziert, indem diese durch neue Katalysatoren wie Metall(oxid)katalysatoren und auf Kohlenstoff basierenden Materialien substituiert werden. Hiermit kann sowohl die Abhängigkeit von Edelmetallimporten dauerhaft verringert, als auch die internationale Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Wirtschaft durch Senkung der Energie- und Materialkosten im Bereich der Wasserstoffherzeugung durch erneuerbare Energien verbessert und somit die Umwelt nachhaltig entlastet werden. Im Rahmen des Vorhabens wird ein ganzheitlicher Lösungsansatz entwickelt, der sowohl die Wasserreduktion als auch die Wasseroxidation mit Hilfe edelmetallfreier Katalysatoren in einem Modul vereint. Das Modul besteht aus verschiedenen funktionalen Schichten, die aufeinander abzustimmen sind. Der Schwerpunkt der Forschungsarbeiten liegt hierbei auf der Entwicklung von edelmetallarmen, möglichst edelmetallfreien Katalysatoren und deren Integration in ein effizientes Gesamtsystem mit getrennten Elektrodenräumen, das die separate Erzeugung von Wasserstoff und Sauerstoff ermöglicht. Daraus leiten sich die folgenden wissenschaftlich-technischen Teilziele ab:

- Entwicklung edelmetallfreier Katalysatoren zur Wasserspaltung
- Optimierung einer Mehrschicht-Photodiode für die Wasserstoffherzeugung
- Herstellung und Optimierung eines Moduls zur Wasserstoffherzeugung
- Ökonomische und ökologische Betrachtung der Energie- und Umweltbilanz (Life-Cycle-Analyse)

Koordinator: Dr. Jens Busse, Evonik Industries AG

Projektpartner:

- Evonik Industries AG - Creavis Technologies & Innovation
- Forschungszentrum Jülich GmbH - Institut für Energie- und Klimaforschung
- Leibniz-Institut für Katalyse e. V. an der Universität Rostock
- Ruhr-Universität Bochum - Fakultät für Chemie und Biochemie - Technische Chemie

Laufzeit: 01.05.2013 bis 30.04.2016

FKZ: 03X3581

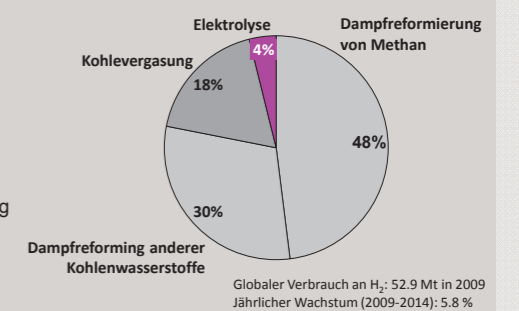
SusHy – Sustainable hydrogen

W. Deis^[a], W. Schuhmann^[b], M. Muhler^[b],
F. Finger^[c], W. Jaegermann^[d], H. Junge^[e],
A. Martin^[e], A. Brückner^[e]

[a] Evonik Creavis GmbH, [b] Ruhr-Universität Bochum, [c] Forschungszentrum Jülich, [d] TU Darmstadt, [e] Leibniz Institut für Katalyse

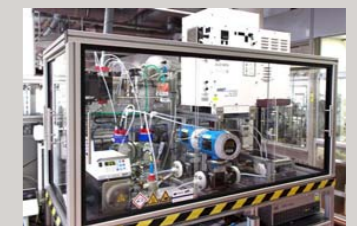
Motivation

- 96 % des hergestellten Wasserstoffs kommen aus fossilen Brennstoffen
- Weltwasserstoffproduktion verursacht 900 Mt CO₂ pro Jahr und ist damit ein signifikanter Verursacher der Treibhausgasemission (vergleichbar mit CO₂ Emission von Deutschland in 2009)
- Wasserstoff ist essentiell für die Mobilität und Herstellung von diversen Chemikalien, Düngern und Futtermittelzusatzstoffen und ermöglicht die Langzeitenergiespeicherung
- Technologien zur Wasserstoffherstellung aus erneuerbaren Energiequellen mit sehr geringen CO₂ Emissionen sind hochattraktive Forschungsthemen



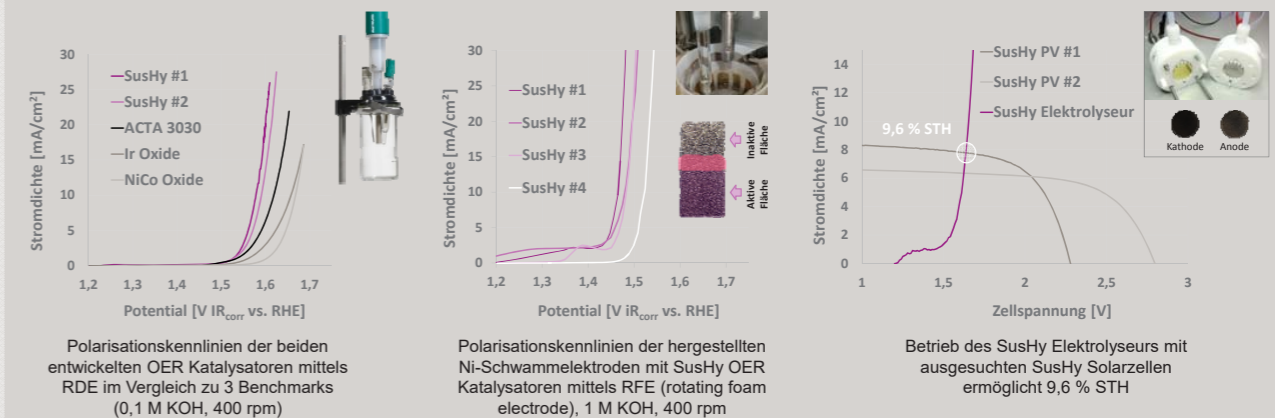
Projektziele

- Entwicklung edelmetallfreier Katalysatoren für die Wasserspaltung auf Basis von Oxiden der Übergangsmetalle
- Entwicklung einer speziellen Tandem-Solarzelle für die Umwandlung der Sonnenenergie in elektrische Energie für die Wasserelektrolyse
- Entwicklung korrosionsbeständiger Schutzschichten für die Solarzellen
- Evaluierung entwickelter Komponenten unter Test- / Realbedingungen



Teststand für die Evaluierung der sonnenlichtgetriebenen (AM 1.5g) Wasserelektrolyse

Projektergebnisse



Projektbewertung

- Jeweils 2 hochaktive HER / OER edelmetallfreie Katalysatoren wurden erfolgreich entwickelt
- Portfolio von optimierten Si-basierten Dünnschicht-Solarzellen mit ausreichender Spannung zur Wasserelektrolyse wurde entwickelt
- Entwickeltes System ermöglicht eine nahezu 100% Faraday'sche Effizienz und eine 9,6 % STH Konversionseffizienz mit ausschließlich gut verfügbaren Materialien (Co, Cu, Ni, Mo, Si)
- Durchgeführte Lebenszyklusanalyse bestätigte für alle untersuchten Kategorien eine Verbesserung gegenüber Iridiumdioxid als Benchmark, z.B. eine Einsparung von 0,2 kg CO₂ und 19 kg Prozesswasser pro 1 kg Wasserstoff
- Ressourceneinsparungspotenzial wurde kurzfristig zu ca. 2 t Iridium pro Jahr abgeschätzt, langfristig bis zu 166 t pro Jahr

Kontaktperson:
Dr. Sascha Hoch
+49 2365 49-2729
sascha.hoch@evonik.com

TS-Protect – Thermisch gespritzte und solvothermal verdichtete Schutzschichten in Müllverbrennungsanlagen und Biomassekraftwerken

Gesamtziel des Forschungsvorhabens ist es, einen thermischen und chemischen Korrosionsschutz für Funktionsoberflächen in Müllverbrennungsanlagen (MVA) und Biomassekraftwerken (BMK) über solvothermal verdichtete Mehrschichtsysteme zu entwickeln. Im Fokus steht insbesondere der Betrieb von Müllverbrennungsanlagen bzw. -kraftwerken, bei denen auf Grund der aggressiven Gaszusammensetzungen die Anforderungen an den Korrosionsschutz am höchsten sind. Die Entwicklungsaufgaben zielen darauf ab, den bisher noch unzureichenden Korrosionsschutz in diesen Anlagen mit ihren hohen Betriebstemperaturen und chemisch aggressiven Umgebungsbedingungen zu erhöhen und deren Zuverlässigkeit und Lebensdauer nachhaltig zu steigern. Die Aufgaben werden durch den innovativen Ansatz gelöst, chemisch inerte keramische Schutzschichten, die über thermisches Spritzen aufgetragen werden, durch solvothermale Prozesse so zu modifizieren, dass sie den hohen Anforderungen genügen. In vorherigen Forschungsvorhaben wurden thermisch gespritzte Schichtsysteme auf Basis von Ni-Legierung als Ausgleichsschicht (Zwischenschicht) und oxidkeramischen Deckschichten eingehend untersucht und solvothermale Prozesse identifiziert. Letztere bewirken eine Verdichtung der Keramik im Übergangsbereich zum Metall und erhöhen deren Verschleiß-, Thermowechsel- sowie Korrosionsbeständigkeit. Bisher vorhandene Defizite von thermisch gespritzten Schichten in Form von mangelnder Dichtheit, zu geringer Haftung auf metallischen Grundkörpern und mechanischer Belastbarkeit können dadurch beseitigt werden.

Das Ziel des Vorhabens ist es, oben genannte Effekte vertiefend zu untersuchen, deren Kinetik näher zu bestimmen und die Methoden zur Synthetisierung des Prozesses zielgerichtet für relevante Schichtsysteme des Korrosionsschutzes für MVA und BMK weiterzuführen und zu verfeinern. Die aus diesen Untersuchungen ermittelten Werkstoffkombinationen und die parallel dazu durchgeführte Entwicklung der Beschichtungstechnik werden fortlaufend labortechnisch überprüft und geeignete Schichtsysteme im direkten Anlagenbetrieb des Müllheizkraftwerks Schwandorf und im Verbrennungstechnik um des Fraunhofer UMSICHT eingesetzt und erprobt. Mit diesen wissenschaftlich-technischen Untersuchungen und Anwendungen soll die Basis für den Einsatz thermisch gespritzter Schichtsysteme als zuverlässiger Korrosionsschutz für MVA und BMK geschaffen werden.

Koordinator: Dr.-Ing. Patrick Masset, Fraunhofer UMSICHT

Projektpartner:

- Deutsche Edelstahlwerke GmbH - Sonderwerkstoffe
- Fraunhofer Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik (UMSICHT)
- Ludwig-Maximilians-Universität München, Department für Geo- und Umweltwissenschaften - Sektion Mineralogie, Petrologie & Geochemie
- Martin GmbH für Umwelt- und Energietechnik
- Rohrwerk Maxhütte GmbH
- Zweckverband Müllverwertung Schwandorf

Laufzeit: 01.01.2013 - 31.12.2015

FKZ: 03X3569

VANTOM Durch Korrosionsschutz von Reststoffen zu chemischen Produkten und Energie



Abbildung: Demontage 40t Wärmetauscher; Leckage in unbeschichteten Anlagen

Ziel des Projekts ist es, ein wirkungsvolles Korrosionsschutzkonzept für Werkstoffe in Anlagen zur Gewinnung von Energie und chemischen Vorprodukten aus Reststoffen zu entwickeln. Damit soll es möglich werden, bisher nicht ressourceneffizient genutzte Energieträger (Raffinerierückstände, Ölschlämme und Ölsande etc.) einer umweltfreundlichen Verwendung durch Umwandlung in Ausgangsstoffe für die chemische Industrie bei gleichzeitiger Energieerzeugung zuzuführen. Bei Verwertung dieser "Problemenergieträger" führen die Verunreinigungen zu einem extrem korrosiven Angriff in den Anlagen, z.B. bei Verwendung von Schweröl, in Form von vanadathaltigen Ablagerungen und schwefelhaltigen, reduzierenden Gasen. Heute werden mangels eines wirksamen Korrosionsschutzkonzepts im Anlagenbau Stähle eingesetzt, die oft in weniger als einem Jahr Laufzeit große Schäden in Form von Durchbrüchen zeigen, weil sie dem hohen Schwefelwasserstoff-Gehalt im Gas und den Schlacke-Ablagerungen nicht standhalten. Im Extremfall muss nach weniger als 10.000 Betriebsstunden der Abhitzeessel kostenintensiv getauscht werden. Dies führt zu Vergeudung von Ressourcen sowohl auf der Werkstoffseite (ca. 40 t Stahl pro ausgetauschtem Abhitzeessel) als auch bezüglich der für den Prozess aufgewendeten Energieträger, denn besonders das Anfahren der Anlagen ist mit einem erhöhten Energieverbrauch sowie erhöhten Emissionen und Belastungen verbunden.

Im Projekt VANTOM (Vanadium ash tolerant materials) soll ausgehend von Laborversuchen und thermodynamischen Berechnungen ein wirkungsvolles Schutzkonzept für Abhitzeessel entwickelt werden. Im Fokus stehen neuartige magnesiumhaltige Schutzschichten, die entwickelt und untersucht werden müssen. Magnesiumoxid ist ein umweltfreundlicher, wirkungsvoller Inhibitor für Vanadatkorrosion, dessen Einsatz in Gasturbinen in vollständiger Verbrennungsumgebung bereits Stand der Technik ist. Im Projekt soll Magnesiumoxid in eine Beschichtung eingebaut werden, um lokal an der Stelle zu wirken, an der die Vanadiumoxide und Sulfatablagerungen die Probleme verursachen. Diese neuartigen Beschichtungen sollen auch direkt vor Ort auf Rohre in bestehenden Anlagen aufgebracht werden können.

Durch das Projekt VANTOM wird es mittels eines neuen Korrosionsschutzkonzepts möglich, minderwertige Energieträger effizient zu nutzen durch eine Verwertung zur Energie- und Synthesegaserzeugung mit deutlich niedrigerem Ausstoß von Schadstoffen. So erfolgt eine ressourceneffiziente und umweltfreundliche Umwandlung von Problemenergieträgern in hochwertige unproblematische Energieträger und Vorprodukte für die chemische Industrie.

Koordinator: Mathias Schmahl, YARA Brunsbüttel GmbH - Technik

Projektpartner:

- YARA Brunsbüttel GmbH - Technik
- DECHEMA Forschungsinstitut
- Lurgi GmbH
- Borsig Service GmbH

Laufzeit: 01.03.2013 - 29.02.2016
FKZ: 03X3579A



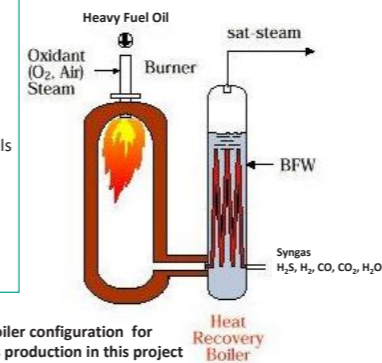
VANTOM: Vanadium induced corrosion of boiler in partial oxidation process

M. Schmahl, X. Montero, C. Beyer, M.C. Galetz
e-mail: mathias.schmahl@yara.com
Funded by: BmBF via PTJ
Period: 01.03.2013 – 29.06.2016

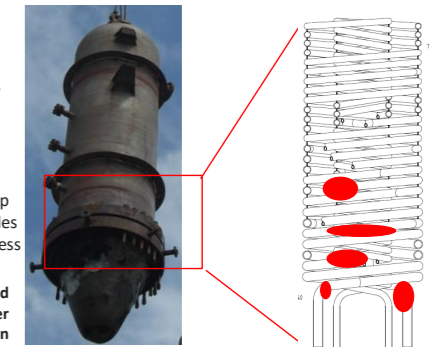


Introduction

- Heavy fuel oils containing vanadates are used for the production of syngas (H₂S, CO₂, H₂O, H₂ and CO) via partial oxidation (POx)
- Vanadates corrosion is also known from other combustion processes which burn heavy fuels e.g. aircraft and marine turbines or fluidized bed
- Vanadate salts melt at low temperatures (around 600°C) accelerating hot corrosion by fluxing of the protective scales



- Aim of this work: To understand vanadium corrosion in boilers working at low PO₂.
- Heat exchanger coils manufactured from low alloy CrMo steel (10CrMo9-10) containing ferritic steel
- Exposure temperatures range between 450°C and 600°C
- Resulting good metal losses up to 5.3 mm·year⁻¹, produce holes in the heat exchanger after less than two years

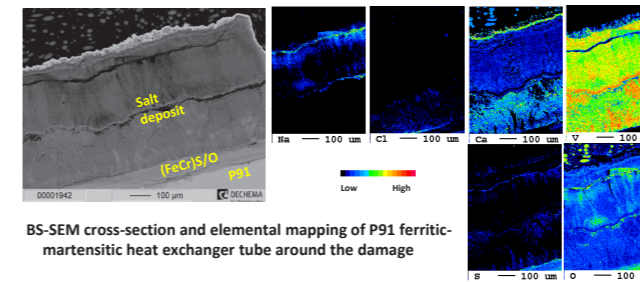


POx boiler configuration for Syngas production in this project

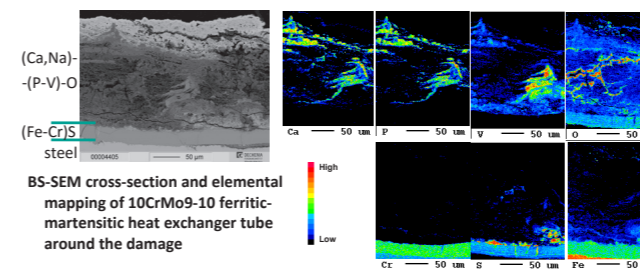
Usual damaged heat exchanger localization

Failure case analysis

In the area where the hole is produced a combined effect of sulfidation and molten vanadate corrosion is observed. The corrosion product is a three layered structure formed by CrS on bottom, a FeS in the middle and a (Ca,Na)-(P,V,Cl) oxide on top, which contains Fe dissolved from the FeS layer.

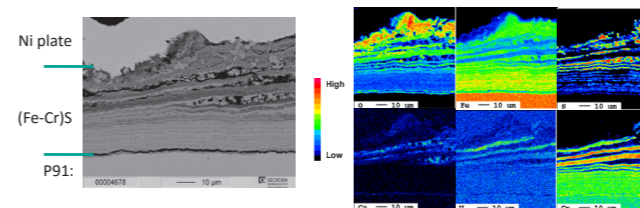


BS-SEM cross-section and elemental mapping of P91 ferritic-martensitic heat exchanger tube around the damage



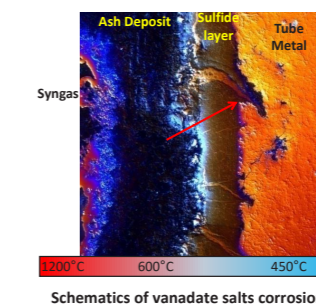
BS-SEM cross-section and elemental mapping of 10CrMo9-10 ferritic-martensitic heat exchanger tube around the damage

Not far from the position where the hole is produced also spots are found without deposit where sulfidation is detected as main corrosion issue. The corrosion produces a multiple layered structure which combines successively FeS and CrS.



BS-SEM cross-section and elemental mapping of the P91 ferritic-martensitic heat exchanger tube at 1 m distance of the hole/damage in the direction of the tube

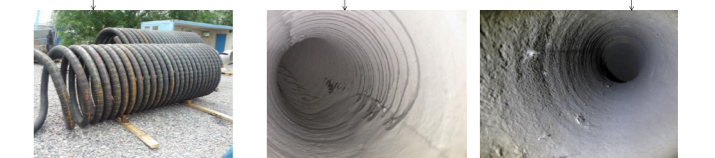
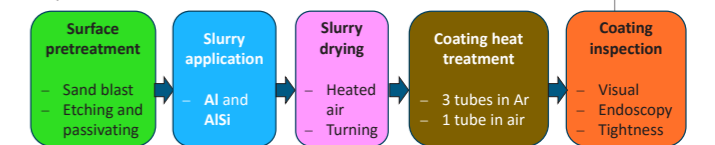
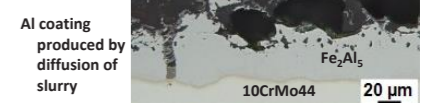
Corrosion mechanism under different salts



- NaCl combination is the most corrosive case. Active oxidation is the corrosive mechanism. Intergranular attack and evaporation of substrate elements increase the metal recession
- The sulfate-vanadate hot corrosion is predominantly determined by the acid-basic constituents (Na₂O, V₂O₅ and SO₃). Pit formation increases with addition of Na₂SO₄. The main corrosion mechanism is the sulfidation followed by the dissolution and precipitation of oxide in the salt deposit.

Proposed solution

- The internal wall of a heat exchanger tube has been coated with Al based slurry (cost oriented solution)
- Complete upscaling of laboratory developed coatings has been achieved following steps below



Steps necessary for coating a heat exchanger inner wall and corresponding images

Prospects and outlook

- Corrosion decreases by reducing oxygen partial pressure
- Coatings performance AlSi slurry>Al slurry>No coat
- Coatings performance can be increased by addition of Ca based inhibitors
- New tubes can be coated (life time increase)
- Old tubes have been repaired and recoated (material recycling)
- Coated heat exchanger is in service since 17/06/2016

The authors would like to thank all project partners for their contributions. This work is funded by the Federal Ministry of Education and Research (BmBF project via PTJ contract no.03X3579B) which is gratefully acknowledged.

VOKos - Effizienzsteigerung durch verfahrenstechnische optimierende Korrosionsschutzkonzepte in Verbrennungsanlagen mit heterogenen Festbrennstoffen



Die Hochtemperatur-Korrosion in Kesseln und Feuerungen zählt zu den Korrosionsformen mit dem höchsten Werkstoffverbrauch. Sie bewirkt damit einen besonders hohen Verlust an Ressourcen, einerseits auf der Seite der in großen Mengen für Kessel, Wärmetauscher und Rohrleitungen eingesetzten metallischen Werkstoffe und andererseits energieseitig durch korrosionsbedingte Beschränkungen hinsichtlich der Erzielung eines optimalen Anlagenwirkungsgrades und einer maximalen Verfügbarkeit. Dies gilt neben der Nutzung fossiler Energieträger insbesondere für biobasierte Energielieferanten wie auch für die thermische Nutzung von Abfällen. Die Schäden allein durch Hochtemperatur-Korrosion können pro (Heiz-)Kraft-Werken im Mittel mit etwa 500.000 Euro pro Jahr angesetzt werden (durch Abnutzung der Werkstoffe, verminderte Verfügbarkeit, zusätzliche Instandhaltungskosten etc.). Darüber hinaus führt die Minderung der Effizienz durch Belagbildung zum Beispiel auf den Rohren in einer mittelgroßen Anlage zu Kosten von rund 750.000 Euro pro Jahr. Bei knapp 200 Anlagen, die in Deutschland gemischte Brennstoffe wie Müll, Ersatzbrennstoff, Altholz etc. einsetzen, muss von einem wirtschaftlichen Schaden von etwa 250 Millionen Euro pro Jahr ausgegangen werden. In Projekt VOKos sollen insbesondere die strukturellen Eigenschaften der Partikel untersucht werden, die offensichtlich einen entscheidenden Einfluss auf die Hochtemperatur-Korrosion haben. Parallel dazu werden neue Werkstoffe und Beschichtungen im praktischen Einsatz einer realen Anlage und im Laborofen unter Berücksichtigung der Partikeleinflüsse untersucht. Gleichzeitig zur Untersuchung der korrosiven Partikel und vielversprechenden Werkstoffen wird deren Wechselwirkung durch Messung von Korrosionsleitwerten in der realen Anlage aufgezeichnet und in einer Laboranlage nachgestellt. Erst durch das Nachstellen im Labor wird deutlich, ob das Korrosionsmodell richtig verstanden ist. Alle Erkenntnisse fließen in eine Modellierung ein, die Methoden mit integrierten chemischen, physikalischen und elektrostatischen Modellen nutzt. Perspektivisch kann bei erfolgreicher Umsetzung des Projekts ein deutlicher Beitrag zur Ressourceneffizienz durch eine Steigerung der Energie- und Materialeffizienz und eine Verlängerung der Lebensdauer der betroffenen Anlagen(bauteile) geleistet werden.

Koordinator: Dr.-Ing. Ragnar Warnecke, GKS – Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH

Projektpartner:

- GKS - Gemeinschaftskraftwerk Schweinfurt GmbH
- Universität Augsburg, Lehrstuhl Experimentalphysik II
- bifa Umweltinstitut GmbH
- Universität Bochum, Lehrstuhl für Energieanlagen und Energieprozesstechnik (LEAT)
- Dechema Forschungsinstitut (DFI)
- Institut für Energie- und Umwelttechnik e.V. (IUTA)
- SAR Elektronik GmbH

Laufzeit: 01.07.2013 bis 30.09.2016

FKZ: 03X3589

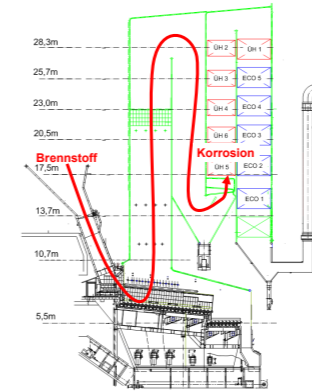


Ein Forschungsprojekt im Rahmen von „MatResource“ – Der Förderinitiative des BMBF zu Materialien für Ressourceneffizienz

VOKos - Effizienzsteigerung durch verfahrenstechnisch optimierende Korrosionsschutzkonzepte in Verbrennungsanlagen mit heterogenen Festbrennstoffen

Anlass:

Hauptgrund für Ressourcenverluste durch Abzehrung metallischer Werkstoffe, durch limitierte Anlagenwirkungsgrade und verminderte Verfügbarkeiten in Müll-, Ersatzbrennstoff-, und Altholz-Kraftwerken, ist die Hochtemperatur-Chlor-Korrosion der Wärmeübertrager. Diese Korrosion ist ein Zusammenspiel von Brennstoff sowie den Vorgängen in Feuerung und Kessel!



Hintergrund:

Obwohl unstrittig ist, dass Chlorspezies die Hauptverursacher der Hochtemperatur-Korrosion sind, sind der genaue Mechanismus der Korrosion und damit auch die Gegenmaßnahmen weitgehend ungeklärt.

Ziele:

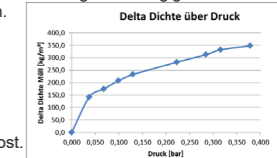
- Lebensdauererhöhung von rauchgasberührten Stahl-Bauteilen um bis zu einem Faktor 5;
- Effizienzsteigerung von Kraftwerksprozessen durch Erhöhung der Dampfparameter um bis zu 25 %;
- Erhöhung der Anlagensicherheit durch Vermeidung von ungeplanten Rohrreißen in rauchgasberührten Wärmeübertragern.

Arbeitsansatz:

1. Verfahrenstechnischer Ansatz:
 - a) Vermessung der Verhältnisse in der Feuerung (inkl. Daten zu Brennstoffen)
 - b) Bestimmung der Chlorträger, insbesondere Partikel, im Feuerraum
 - c) Bestimmung der Chlorträger, insbesondere Partikel, im Kessel
 - d) Ermittlung von Stoffeigenschaften der Chlorspezies
 - e) Simulation des Feuerraumes inklusive Partikelfraktion
 - f) Simulation des Kessels inklusive Partikelfraktion
 - g) Simulation der Vorgänge am Korrosionsort
2. Werkstoffauslagerung mit neuen Werkstoffschichten
3. Gesamtmodellierung des Prozesses

Brennstoffe:

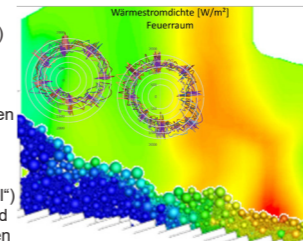
Überraschenderweise spielt die Dichteänderung des Brennstoffes offensichtlich eine größere Rolle für den Stofftransport als erwartet. Durch umfangreiche Messungen konnte die Brennstoffdichteänderung in Abhängigkeit des aufgetragenen Drucks ermittelt werden.



Dadurch kann erstmals eine zuverlässige, zeitaufgelöste Aussage über die Brennstoffbeschickung in Abhängigkeit der Aufgabebereinrichtung gemacht werden. Ferner liefert diese Information präzisere Berechnungen des Brennstofftransportes auf dem Rost.

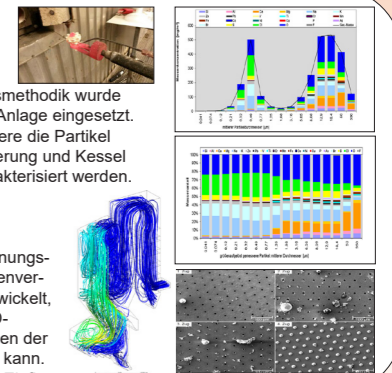
Feuerung:

- Messungen zur Bestimmung des Turbulenzgrades (für CFD-Simulationen) und der Wärmestromdichte (für die Strahlung auf das Brennbett) lieferten die benötigten Daten.
- Die Modelle (DEM und CombAte) konnten verbessert werden und die reale Anlage über eine online-OPC-Schnittstelle mit CombAte gekoppelt werden.
- Die Freisetzung von Partikeln (s. „Kessel“) aus dem Brennbett wurde gemessen und berechnet. Die erstellten Modelle lieferten noch keine validen Ergebnisse hinsichtlich dem Partikelaustrag großer Partikel von 1 – 1.000 µm. Die Schwierigkeit besteht vor allem im Verständnis der Herkunft dieser Partikel, die zum einen bereits mit dem Brennstoff eingetragen und zum anderen erst durch die thermo-mechanische Belastung des abbrennenden Brennstoffes entstehen.



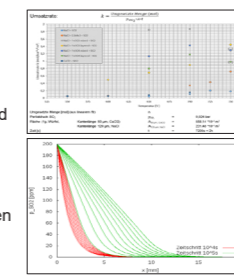
Kessel:

- Partikel sind Hauptträger korrosiver Chlorspezies.
- Eine vollkommen neue Messmethodik wurde entwickelt und in der realen Anlage eingesetzt.
- Erstmals konnten insbesondere die Partikel der Größe 1 – 25 µm in Feuerung und Kessel weitgehend artefaktfrei charakterisiert werden.
- Anzahl, Masse, Chemie und Morphologie wurden nach Größenklassen bestimmt.
- Eine vereinfachte Berechnungsmethode nach dem Momentenverfahren wurde erfolgreich entwickelt, womit im Rahmen einer CFD-Simulation direkt das Verhalten der Partikel beschrieben werden kann. Elektrostatik hat eher keinen Einfluss.



Rohr und Belag:

- Kinetische Stoffdaten für die Sulfatierung für die Modellierung konnten experimentell bestimmt werden.
- Auf der Basis der bestimmten kinetischen und Stofftransport-Daten lieferten komplexe Modellierungsberechnungen auswertbare Ergebnisse zur Beurteilung konkurrierender Prozesse.
- Die Analyse der bisherigen Ergebnisse führten zu einem neuen Ansatz zur Erstellung von Korrosions-Laborversuchen.
- Auslagerungsversuche über 1 ½ Jahre mit neuen Beschichtungen in der realen Anlage zeigten zwar teilweise Korrosionsbeständigkeit, deren Wirtschaftlichkeit noch nachzuweisen ist.



Zusammenfassung:

- Bei der Brennbettsimulation konnten deutliche Fortschritte erreicht werden - Brennstofftransport und die Chloridfreisetzung können nun modelliert werden - am Verständnis der Primärpartikelbildung muss noch gearbeitet werden.
- Mit dem neuen Partikelmessverfahren können erstmals auch die Fraktionen zwischen 1 und 25 µm detektiert werden.
- Für die Modellierung des Chloridverhaltens vom Brennstoff bis zum Korrosionsort mittels CFD-Simulationen sind alle Grundlagen geschaffen.
- Die Vorgänge im Belag hin zum Rohr und umgekehrt können prinzipiell über Transportgleichungen beschrieben werden. Allerdings kann momentan der Übergang von der oxidierenden Atmosphäre im Außenbereich des Belages zur reduzierenden Atmosphäre an der Rohroberfläche noch nicht sicher erklärt werden.
- Neuartige Beschichtungen konnten nicht den durchschlagenden Erfolg zeigen.
- Für die Gesamtmodellierung konnte ein erheblicher Erkenntnisgewinn erreicht werden.
- Für die realen Anlagen zeigt sich der große Einfluss der Kombination von Rauchgas- zu Rohrtemperatur und damit ein nutzbares Optimierungspotential.

