



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Institut für Werkstoffwissenschaft
und Werkstofftechnik

Band
96

**Gesammelte Abstracts zum
23. Werkstofftechnischen Kolloquium**

*29./30. März 2023
in Chemnitz*



Schriftenreihe
Werkstoffe und werkstofftechnische Anwendungen



Hrsg.: T. Lampke, A. Undisz, G. Wagner, M.F.-X. Wagner

Schriftenreihe:

**WERKSTOFFE UND WERKSTOFF-
TECHNISCHE ANWENDUNGEN**



Hrsg.: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. T. Lampke
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. A. Undisz
Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Wagner
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. M.F.-X. Wagner

Gesammelte Abstracts zum
23. Werkstofftechnischen Kolloquium
in Chemnitz

29./30. März 2023

Gesammelte Abstracts zum 23. Werkstofftechnischen Kolloquium in Chemnitz

29./30.03.2023

Schriftenreihe: WERKSTOFFE UND WERKSTOFFTECHNISCHE ANWENDUNGEN,
Band 96

Herausgeber: TU Chemnitz, Fakultät für Maschinenbau
Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. T. Lampke
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. A. Undisz
Univ.-Prof. Dr.-Ing. G. Wagner
Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. M.F.-X. Wagner

Verlag: Eigenverlag, Chemnitz

Datum: März 2023

Seiten: 102

ISBN: 978-3-949005-07-7

ISSN: 1439-1597

Das vorliegende Buch wurde sorgfältig erarbeitet. Alle Beiträge wurden einem Review unterzogen. Dennoch übernehmen Autoren, Herausgeber und Verlag für die Richtigkeit von Angaben, Hinweisen und Ratschlägen sowie für eventuelle Druckfehler keine Haftung.

Bereits erschienene Bände dieser Schriftenreihe:

- Band 1 Tagungsband, 1. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 1998 (nicht unter dieser ISSN erschienen)
- Band 2 Tagungsband, 2. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 1999
- Band 3 Dissertation, Klose, H.: Beitrag zur Berechnung, Herstellung und Charakterisierung von verstärkten Aktivloten, 1999
- Band 4 Tagungsband, 3. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2000
- Band 5 Dissertation, Azarava, T.: Entwicklung von Verbundpulvern auf der Basis von Titankarbid für das thermische Spritzen hochverschleißfester Schichten, 2000
- Band 6 Dissertation, Odeshi, A. G.: Beitrag zur Herstellung von kohlenstofffaserverstärkten Keramikmatrix-Verbunden, 2001
- Band 7 Tagungsband, 4. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und 4. Industriefachtagung Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik (OWT), 2001
- Band 8 Dissertation, Schüler, H.: Simulation von Lötprozessen beim Metall-Keramik-Löten, 2001
- Band 9 Dissertation, Lampke, Th.: Beitrag zur Charakterisierung naturfaserverstärkter Verbundwerkstoffe mit hochpolymerer Matrix, 2001
- Band 10 Dissertation, Wank, A.: Hochratesynthese von Hartstoffschichten auf Siliciumbasis mittels thermischer Plasmen, 2002
- Band 11 Tagungsband, 5. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2002
- Band 12 Dissertation, Schnick, T. M.: Thermisches Spritzen von inkongruent schmelenden Werkstoffsystemen auf der Basis von Silicium, 2002
- Band 13 Abschlussbericht, Trommer, K.; Wank, A.: Synthese von B-C-N-Schichten aus flüssigen Ausgangsstoffen mittels DC Plasmajet CVD
- Band 14 Dissertation, Hahn, F.: Untersuchung des zyklisch plastischen Werkstoffverhaltens unter umformnahen Bedingungen, 2003
- Band 15 Dissertation, Reisel, G.: Oxidationsverhalten hochgeschwindigkeitsflammspritzter Schichten auf Basis von Molybdänsiliziden, 2003
- Band 16 Tagungsband, 6. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und 5. Industriefachtagung Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik (OWT), 2003
- Band 17 Diplomarbeit, Grund, T.: Spritztechnische Applikation von Loten zum Fügen von Leichtmetallen, 2004
- Band 18 Tagungsband, 7. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2004
- Band 19 Diplomarbeit, Friesen, E.: Analyse des Zusammenhangs zwischen Mikrostruktur und tribologischen Eigenschaften thermisch gespritzter Verschleißschutzschichten, 2005

- Band 20 Dissertation, Schwenk, A.: Entwicklung und Erprobung neuartiger Düsen für das atmosphärische Plasmaspritzen, 2005
- Band 21 Dissertation, Mücklich, S.: Beitrag zum flussmittelfreien Löten von Magnesiumwerkstoffen mit angepassten Lotwerkstoffen, 2005
- Band 22 Tagungsband, 8. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und 6. Industriefachtagung Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik (OWT), 2005
- Band 23 Dissertation, Hoyer, I. M.: Beitrag zur Entwicklung von Hochtemperaturlöten auf Eisenbasis, 2005
- Band 24 Tagungsband, 9. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2006
- Band 25 Tagungsband, 1. Kolloquium zum SFB 692, 2007
- Band 26 Tagungsband, 10. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und 7. Industriefachtagung Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik (OWT), 2007
- Band 27 Dissertation, Mucha, H.: Untersuchungen zur Porositätsentwicklung von Phenolharzen als Polymer- und Kohlenstoffspendermatrices in C-Faserverbundwerkstoffen, 2007
- Band 28 Dissertation, Rahm, J.: Herstellung langfaserverstärkter Aluminium-Matrix-Verbundwerkstoffe durch Anwendung der Prepregtechnik, 2008
- Band 29 Habilitation, Mücklich, S.: Leichtbaupotenziale durch Einsatz von Leichtmetallen, 2008
- Band 30 Habilitation, Lampke, Th.: Gestaltung technischer Oberflächen mit funktionalen Aufgaben, 2008
- Band 31 Tagungsband, 11. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2008
- Band 32 Dissertation, Werner, A.: Thermische Stabilität von abriebfähigen Dichtungswerkstoffen auf Ni- oder Co-Basis für Hochdruckverdichter, 2008
- Band 33 Dissertation, Rupprecht, C.: Ganzheitliche Verfahrens- und Schichtoptimierung für das Hochgeschwindigkeitsdrahtflammspritzen, 2009
- Band 34 Dissertation, Nickel, D.: Gefüge- und Eigenschaftscharakterisierungen unbeschichteter grobkörniger und ultrafeinkörniger sowie anodisch oxidiertes Aluminiumlegierungen, 2009
- Band 35 Tagungsband, 12. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und 8. Industriefachtagung Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik (OWT), 2009
- Band 36 Dissertation, Hartmann, U.: Erhöhung der Verschleißfestigkeit von aktiven Werkzeugelementen und von Gleitringdichtungssystemen im elastomerverarbeitenden Maschinenbau durch Einsatz alternativer Werkstoffe und Technologien, 2009
- Band 37 Tagungsband, 13. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2010
- Band 38 Dissertation, Wözel, M.: Grundlegende Untersuchungen zum Verhalten von Verschleißschutzschichten bei Beanspruchung auf Ermüdungverschleiß, 2010
- Band 39 Dissertation, Grund, T.: Applikation, Charakterisierung und Einsatz kaltgasgespritzter Kupfer-Nickel-Lotschichten für TiAl6V4-Substrate, 2010

- Band 40 Dissertation, Kim, Y.-E.: Modified Phenol-Formaldehyde Resins for C-Fiber Reinforced Composites: Chemical Characteristics of Resins, Microstructure and Mechanical Properties of their Composites, 2010
- Band 41 Tagungsband, 18. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde, 2011
- Band 42 Dissertation, Angermann, K.: Beitrag zur Entwicklung und Fertigung einer lokalen und beanspruchungsgerechten Verstärkung für hochfeste Aluminiumbauteile, 2011
- Band 43 Tagungsband, 14. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK) und 9. Industriefachtagung Oberflächen- und Wärmebehandlungstechnik (OWT), 2011
- Band 44 Dissertation, Hockauf, K.: Ermüdungs- und Rissfortschrittsverhalten ausscheidungshärtbarer ultrafeinkörniger Aluminiumlegierungen, 2011
- Band 45 Dissertation, Weis, S.: Beitrag zur Entwicklung partikelverstärkter Weich- und Weichaktivlote zum Fügen temperaturempfindlicher Aluminiummatrix- Verbundwerkstoffe, 2012
- Band 46 Dissertation, Ommer, M.: Korrelation von Herstellverfahren, Gefüge und Eigenschaften lichtbogenbelasteter Silber-Metalloxid-Kontaktwerkstoffe, 2012
- Band 47 Tagungsband, 15. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2012
- Band 48 Habilitation, Nickel, D.: Ausgewählte Eigenschaften und Charakterisierungsmethoden von biodegradierbaren und archäologischen metallbasierten Werkstoffen, 2013
- Band 49 Dissertation, Jung, H.: Neuartige dispersionsverstärkte Kontaktwerkstoffe auf Silber-Basis, 2013
- Band 50 Tagungsband, 16. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2013
- Band 51 Dissertation, Özer, I.: Legierungstechnische und tribologische Entwicklung von Bremscheiben aus sprühkompaktierten Aluminium-Matrixkompositen, 2013
- Band 52 Tagungsband, 17. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2014
- Band 53 Dissertation, Mäder, T.: Neuartige Sensoren zur Erfassung von Dehnungen in Faserverbundwerkstoffen (Structural Health Monitoring), 2014
- Band 54 Dissertation, Merklinger, V.: Entwicklung einer niedrigschmelzenden Legierung und deren Applikation zum Korrosionsschutz hochfester Stahlsorten, 2014
- Band 55 Dissertation, Frint, P.: Lokalisierungsphänomene nach kombinierter hochgradig plastischer Umformung durch Extrusion und ECAP einer 6000er-Aluminiumlegierung, 2015
- Band 56 Dissertation, Hausner, S.: Potential von Nanosuspensionen zum Fügen bei niedrigen Temperaturen, 2015
- Band 57 Dissertation, König, J.: Auslegung eines optimierten Lichtbogendrahtspritzprozesses für Zylinderlaufbahnen von Verbrennungsmotoren, 2016
- Band 58 Dissertation, Pelic, B.: Nanoscale surface engineering for improved corrosion resistance of CuZn, PbSn and TiAl alloys, 2016
- Band 59 Tagungsband, 18. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2016
- Band 60 Dissertation, Roder, K.: Matrix- und Interfacedesign bei faserverstärkter Keramik auf Basis des Flüssigsilicierverfahrens, 2016

- Band 61 Tagungsband, 19. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2017
- Band 62 Dissertation, Özdeniz, E. A.: Entwicklung korrosions- und verschleißbeständiger thermisch gespritzter Zylinderlaufbahnen für Verbrennungsmotoren, 2016
- Band 63 Dissertation, Sieber, M.: Elektrochemisches Modell zur Beschreibung der Konversion von Aluminium durch anodische Oxidation, 2016
- Band 64 Dissertation, Meyer, D.: Korrelation zwischen Herstellungsprozess, Struktur und Eigenschaften von anodischen Aluminiumoxidschichten für Verschleißschutz-Anwendungen, 2017
- Band 65 Dissertation, Mehner, T.: Zusammenhänge zwischen Werkstoff- und Oberflächenzustand und der Korrosionsanfälligkeit von Metallen, 2017
- Band 66 Dissertation, Zillmann, B.: Fließspannungsermittlung an Feinblechen unter ebener biaxialer Druckbelastung, 2017
- Band 67 Dissertation, Fritsch, S.: Einfluss von Tieftemperaturumformungen auf das Werkstoffverhalten einer hochfesten AlZnMgCu-Legierung, 2017
- Band 68 Dissertation, Drehmann, R.: Haftmechanismen kaltgasgespritzter Aluminiumschichten auf keramischen Oberflächen, 2017
- Band 69 Dissertation, Todt, A.: Beitrag zur Entwicklung neuartiger hybrider Werkstoffverbunde auf Keramik/Polymer-Basis, 2017
- Band 70 Dissertation, Winter, S.: Mikrostrukturelle Einflussparameter auf die adiabatische Scherbandbildung in einer metastabilen β -Titanlegierung, 2017
- Band 71 Dissertation, Härtel, M.: Werkstoffmechanischer und mikrostruktureller Vergleich von uniaxialen und biaxialen Bauschinger-Effekten im Blechwerkstoff DC06, 2017
- Band 72 Tagungsband, 20. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2018
- Band 73 Dissertation, Siebeck, S.: Pulvermetallurgische Synthese von Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffen durch Hochenergiemahlen, 2018
- Band 74 Dissertation, Elibol, C.: Lokalisierungs- und Relaxationsphänomene in pseudoelastischen und martensitischen NiTi-FGL, 2018
- Band 75 Dissertation, Winkler, R.: Haftmechanismen von Metallen (Cu, Al) appliziert durch Draht-Lichtbogenspritzen auf Polymeroberflächen (PEEK), 2018
- Band 76 Dissertation, Uhlig, T.: Neuartige Co-Basislote zum Hochtemperaturlöten thermisch stark belasteter Bauteile, 2018
- Band 77 Dissertation, Streb, F.: Novel materials for heat dissipation in semiconductor technologies, 2018
- Band 78 Dissertation, Lindner, T.: Verfahrenskombination zur Randschichthärtung thermisch gespritzter Schichtsysteme aus austenitischem Stahl, 2018
- Band 79 Dissertation, El-Araby Megahed Ali, I.: Oxidationsverhalten von Wärmedammschichtsystemen mit Al-Zwischenschichten, 2018
- Band 80 Habilitation, Hansal, W.: Elektrochemische Pulsabscheidung, 2018

- Band 81 Dissertation, Pfeiffer, S.: Mikromechanische Modellbildung und FE-Simulationen zur elastischen Anisotropie von verzwilligten NiTi-Martensiten, 2019
- Band 82 Tagungsband 21. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2019
- Band 83 Dissertation, Morgenstern, R.: Anodische Oxidation von kupferhaltigen Aluminiumlegierungen, 2019
- Band 84 Dissertation, Blank, R.: Entwicklung von HT-Lötsystemen für artfremde Werkstoffverbunde, 2019
- Band 85 Dissertation, Trautmann, M.: Beschichtung von Kohlenstoffeinzelfasern für die Funktionalisierung von Faser-Kunststoff-Verbunden, 2019
- Band 86 Dissertation, Gießmann, M.: Finite element modeling of complex stress states and tension/compression asymmetry in NiTi shape memory alloys, 2020
- Band 87 Dissertation, Winter, L.: Schwingfestigkeit und Mittelspannungsempfindlichkeit der Legierung AlMgSi1 nach hochgradig plastischer Umformung und anodischer bzw. plasmaelektrolytischer Oxidation, 2020
- Band 88 Dissertation, Landgraf, P.: Gefüge- und Härteentwicklung bei der Laserstrahlbehandlung von hochlegierten Werkzeugstählen, 2020
- Band 89 Dissertation Engel, W.: Mikrostruktureller Einfluss auf die adiabatische Scherbehandlung in einem hochfesten Stahl, 2021
- Band 90 Dissertation Löbel, M.: Einfluss der Struktur und Herstellungsrouten auf das tribologische Verhalten thermisch gespritzter Hochentropielegierungen, 2021
- Band 91 Tagungsband 21. Werkstofftechnisches Kolloquium (WTK), 2021
- Band 92 Dissertation, Thomä, M.: Wirkung von Leistungultraschall auf das Prozessverhalten und die Bindungsmechanismen beim Rührreißschweißen von Aluminium/Stahl-Verbunden, 2021
- Band 93 Dissertation, Näther, J.: Die galvanische Abscheidung von Iridium aus Hexabromoiridatkomplexen, 2021
- Band 94 Dissertation, Fedorov, V.: Mikrostrukturierte Charakterisierung mechanischer Eigenschaften von AlSi10-gelöteten CrNi-Stahl/Aluminium-Mischverbunden, 2021
- Band 95 Dissertation, Saborowski, E.: Zusammenhang zwischen Struktur der Metalloberfläche und Verbundfestigkeit am Beispiel thermisch gefügter Thermoplast-Metall-Verbunde, 2022

Vorwort

Das traditionsreiche Werkstofftechnische Kolloquium (WTK) wurde zum 23. Mal vom Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik (IWW), vertreten durch die Professoren Thomas Lampke, Andreas Undisz, Guntram Wagner und Martin F.-X. Wagner, veranstaltet. Den fast 200 nationalen und internationalen Teilnehmerinnen und Teilnehmern wurde eine attraktive Plattform für wissenschaftliche Diskussionen und die Vernetzung zu Fachleuten aus der Industrie, die ein Viertel der Teilnehmerzahlen ausmachten, geboten.

In den insgesamt 64 Fachvorträgen wurde ein Einblick in die thematische Vielfalt der aktuellen Forschung gegeben. Themenschwerpunkte bildeten neben der Werkstoff-, Oberflächen- und Fügetechnik auch die digitale Material- und Prozessentwicklung sowie die Mensch-Technik-Interaktion und der Einsatz künstlicher Intelligenz am Beispiel thermischer Beschichtungsprozesse. Weitere Fachbeiträge adressierten zudem Hochentropie- und Formgedächtnislegierungen. Dem Thema der Wasserstoffspeicherung im Hinblick auf geeignete Werkstoffe und flexible Prüfmöglichkeiten für Metallhybridspeicher waren ebenfalls Beiträge gewidmet.

Ganz im Sinne des Leitsatzes des Kolloquiums „Wissenschaft trifft Wirtschaft“ wurde die Relevanz angewandter Forschung sowie vor allem die Notwendigkeit des Transfers von Innovationen in die Industrie betont. Dies wurde auch in den Impulsvorträgen von Industrieunternehmen aufgegriffen, die sich im Rahmen der Industrieausstellung präsentierten. Darüber hinaus bereicherten junge Startups und ein Forschungsverbund die Ausstellung, was die enge Verknüpfung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft verdeutlichte und Karriereperspektiven für den wissenschaftlichen Nachwuchs aufzeigte.

Wir hoffen, dass alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer viel Freude an dem diesjährigen Kolloquium hatten und dass die fachlichen Diskussionen und Gespräche eine Bereicherung waren.

Mit dem vorliegenden digitalen Band veröffentlichen und dokumentieren wir alle beim 23. WTK eingereichten Abstracts, die die große Vielfalt der behandelten Themen widerspiegeln.

Chemnitz, im April 2023

Prof. Thomas Lampke

Prof. Andreas Undisz

Prof. Guntram Wagner

Prof. Martin F.-X. Wagner

Inhaltsverzeichnis

Additive Fertigung // Additive Manufacturing

Mechanische Werte von gelöteten additiv gefertigten Haynes 282 mit Ni 612 und Ni 660	2
<i>J Awayes</i>	
Einfluss trennender Fertigungsschritte auf die Eigenspannungen in additiv gefertigten Bauteilen aus hochfestem Stahl	3
<i>K Wandtke</i>	
Selective laser sintering of metallic glasses	4
<i>A Malachowska</i>	
Impulse-pressure assisted diffusion bonding for manufacturing of tool inserts with dissimilar metals and conformal cooling channels	5
<i>K Schmidt</i>	

Digitale Material- und Prozessentwicklung // Digital Material and Process Development

Integrated Computational Materials Engineering	7
<i>F Raether</i>	
Thermochemical Stability of Engineering Materials - Status and Outlook	8
<i>M to Baben</i>	
Top-down material design of multiphase ceramics	9
<i>S Pirkelmann</i>	
Toward digital twins based on kinetic field and FE methods for sintering of ceramic components in tunnel kilns	10
<i>S Sharba</i>	

Formgedächtnislegierungen // Shape Memory Alloys

Wachstum und Schichtmorphologie von heteroepitaktischen Nickel-Titan-Dünnschichten	12
<i>S Hahn</i>	
Einfluss thermomechanischer Vorbehandlung auf die Ni-Freisetzung aus elektropoliertem NiTi	13
<i>U Lohr</i>	
Apparatus for measuring the emissivity of Nickel-Titanium shape memory alloys	14
<i>M A Javed</i>	

Fügen / Löten // Joining / Brazing and Soldering

- Microstructural modification by redesigning the chemical composition of Ni 620 filler metal** 16
M Erck
- Novel Fe-based amorphous brazing foils in the quinary system Fe-Ni-Cr-Si-B** 17
S Vinke
- Influence of different surface activation methods on the wetting behavior of nickel-based brazing alloys on laser-beam melted austenitic stainless steel 316L** 18
J Bültena
- Belastbare Fügeverbindungen durch Ni-Nanopartikel** 19
B Sattler

Fügen / Schweißen // Joining / Welding

- Mikrolegierungseinfluss auf Ausscheidungsverhalten und Kerbschlagzähigkeit geschweißter hochfester Konstruktionsstähle** 21
N Schröder
- Cracking of welded joints of 7CrMoVTiB10-10 steel after different heat treatment conditions** 22
D Aišman
- Friction Stir Welding of Similar Aluminum Joints Using Additively Manufactured Ceramic Bobbin Tools: Simulation and Realization** 23
T Sprigode

Funktionelle Galvanotechnik // Functional Electroplating

- Galvanische Präzisionsbeschichtung zur Durchkontaktierung von Multilayer-Leiterplatten** 25
C Klok
- Galvanische Legierungsabscheidung von Ni-W aus wässrigen Systemen ohne Citronensäure als mögliche Hartchromersatzschicht** 26
S Dombrowe

Hochentropielegierungen // High Entropy Alloys

- Innovative multi principal element alloys: Present results on weldability and application properties** 28
T Richter
- Influence of the cutting edge geometry in machining of thermally sprayed high entropy alloy coatings** 29
H Liborius

- Nb and Mo Influencing the High-Temperature Wear Behavior of HVOF-sprayed High-Entropy Alloy Coatings** 30
L M Rymer

Korrosion // Corosion

- The influence of the N₂ and C₂H₂ mass flow rates on the corrosion properties of TiSiCN coatings obtained by cathodic arc evaporation** 32
A Vladescu (Dragomir)

- Properties and characterization of Ni-B/B composite coatings deposited on a pilot electroplating line** 33
G Cieślak

- Numerische Abbildung von oberflächennaher Korrosionsanfälligkeit am kaltgewalzten austenitisch nichtrostenden Edelstahl 316L** 34
S Friedrich

Mensch-Maschine-Interaktion // Human-Machine Interaction

- Human-Machine Teaming in Thermal Spraying** 36
F Bocklisch

- Artificial Intelligence - From Simulation Results to Practice in Plasma Spraying** 37
S R Dokhanchi

- AI Technology in Plating - A Sustainable Approach** 38
A Scholz

Randschichthärten // Surface Hardening

- S³P – Specialty Stainless Steel Processes Innovative Oberflächenverfahren zur Steigerung der Verschleißbeständigkeit von korrosionsbeständigen Stählen** 40
M Wendel

- Beseitigung des schädlichen Einflusses der Drehbearbeitung auf die Korrosionsbeständigkeit austenitischer rostfreier Stähle nach der Oberflächenhärtung durch elektrochemische Abtragsverfahren** 41
R Berger

- Work hardening of X120Mn12 by diamond smoothing to increase the fracture resistance of thin films under local impact loading** 42
T Lidner

Simulation // Simulation

- Einfluss der Messmethodik auf die Bestimmung der fraktalen Dimensionen von gestrahlten Stahloberflächen mittels Box-Counting-Methode** 44
T Marquardt

Numerische und experimentelle Untersuchungen zum Einebnen von Rohrabschnitten für die inverse Werkstoffmodellierung von metallischen Rohrhälften 45
F Reuther

Numerische Lebensdauervorhersage zur Einflussermittlung des Eigenspannungszustandes eines inkrementell umgeformten Bauteils 46
T Bergelt

Thermisches Spritzen // Thermal Spraying

Dynamic impact wear testing of selected HVOF sprayed coatings 48
S Houdkova

Das Potential des High Velocity Air Fuel Spraying (HVOF) Verfahrens für die Herstellung von Haftvermittlerschichten in Wärmedämmschicht-Systemen 49
G Mauer

Innenbeschichtung von engen Stahlrohren (Ø 82 mm) mittels des Warmspray Verfahrens bei kurzen Spritzabständen (bis 10 mm) und unter Einsatz feiner WC-Co-Pulver (-10 +2 µm) 50
I Baumann

Application of cold spray technology for repair of aerospace parts 51
O Chocholaty

Prozessentwicklung zur Herstellung freistehender Titanschichten mit dem Plasmaspritzen 52
L Zhao

Entwicklung von plasmagespritzten, antibakteriell wirksamen, WO₃-dotierten Al₂O₃-Verschleißschutzschichten 53
J M Zajaczkowski

Interaction of WC and Cr₃C₂ in binary hardmetal compositions for thermal spray coatings 54
L M Berger

New applications of arc spraying beyond wear and corrosion protection 55
D Chen

Wärmebehandlung von Stählen // Heat Treatment of Steels

Aktuelle Entwicklungen in der Wärmebehandlung von Stählen 57
R Fechte-Hainen

Energieeffiziente Wärmebehandlung durch Kombination von Randschichtverfahren 58
S Hoja

Bainitisierung von Kaltarbeitsstählen 59
H-J Gittel

Wasserstoffspeicherung // Hydrogen Storage

- Flexibler und kostengünstiger Prüfaufbau zur Charakterisierung von Metallhydridspeichern** 61
P Hübner

Werkstoffcharakterisierung // Material Characterisation

- Study of indium doped magnetic shape-memory alloy Ni₂MnGa** 63
P Cejpek
- Formation of Complex Macrostructures and Property Gradients by Extrusion of Strongly Textured Continuously-Cast Commercially Pure Aluminum** 64
N Berndt
- Effects on microstructure and mechanical properties of the addition of Co, Cr, Fe and (Zr/Y) to the eutectoid system Ti-6.5Cu** 65
E Staufer
- Early-stage oxidation of Co-Cr-Fe-Mn-Ni-Si complex concentrated alloys investigated by electron microscopy and X-ray diffraction** 66
J Apell

Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde // Composite Materials

- Titanium MMCs With Enhanced Specific Young's Modulus Via Powder Hot Extrusion** 68
C Edtmaier
- Characterization of microstructural and mechanical properties of particle-reinforced Al2017 aluminum alloy produced by high-energy ball milling and spark plasma sintering** 69
S Bihon
- Erhöhung der mechanischen Eigenschaften von Aluminiumschäumen durch Titanborid-Partikel über die pulvermetallurgische Route** 70
G Lange
- 3D galvanofomed continuous carbon fiber reinforced MMC components using fiber preforms fabricated by tailored fiber placement** 71
T Bauernfeind
- Identifikation lokaler Ermüdungsschädigung in bastfaserverstärkten Kunststoffen** 72
R Helwing
- Influence of different surface metallizations on the lap shear strength of laser hybrid metal-plastic joints** 73
C Timmer

Monitoring of fatigue crack evolution in notched thermoplastic-based hybrid laminates	74
<i>S Mrzljak</i>	

Poster // Posters

Kaltplasmaspritzen in Kombination mit einem Solution Precursor Plasma Spraying-Prozess zur Herstellung von antimikrobiell wirksamen Hydroxylapatit-Schichten	76
<i>J Xu</i>	

Thermisches Spritzen von aluminiumhaltigen Verschleißschutzschichten auf Glasformen zur umweltfreundlichen Herstellung von Behältergläsern	77
<i>T Dörflinger</i>	

Wear and Corrosion Behaviour of Cold Sprayed Cu-10Sn Coating	78
<i>I Özdemir</i>	

Mechanical and tribological properties of composite coatings with Ni-P matrix and carbon phase particles	79
<i>A Gajewska-Midzialek</i>	

CrSiCN protective coatings used for industrial woodworking applications	80
<i>L Constantin</i>	

Enhancement of scratch tests of SiC_xN_y thin films using acoustic emission	81
<i>J Tomastik</i>	

Experimentelle Untersuchung auxetischer Blechstrukturen mit zerstörungsfreien Prüfmethode	82
<i>T Heib</i>	

Mechanische Eigenschaften und Deformationsverhalten von Hohlkugelstrukturen in der additiven Fertigung	83
<i>W Förster</i>	

Microstructure and corrosion resistance of 316L stainless steel parts produced by FMDS technology	84
<i>M Adach</i>	

Influence of various surface conditions on the preconditioning of aluminium matrix composites for brake disc application	85
<i>S J Hirsch</i>	

Influence of the type of surface machining on the mechanical properties of borosilicate glasses	86
<i>L Vaclavek</i>	

Mechanical and optical properties of DC ion assisted electron beam evaporation HfO₂ thin films with subsequent annealing	87
<i>L Nozka</i>	

Additive Fertigung
Additive Manufacturing

Mechanische Werte von gelöteten additiv gefertigten Haynes 282 mit Ni 612 und Ni 660

J Awayes

Siemens Energy, Huttenstraße 12, 10553, Berlin, Deutschland

*e-mail: jane.awayes.ext@siemens-energy.com

Abstract. Um den gestiegenen Anforderungen für Gasturbinenapplikationen gerecht zu werden hält das Laser Powder Bed Fusion (LPBF) Verfahren immer mehr Einzug in diese Applikationen. Hier weicht die Mikrostruktur bei additiv gefertigten Werkstoffen von konventionellen Gussprozess ab, sodass für den Einsatz in der Gasturbine die nachfolgenden Prozesse, wie Löten und Wärmebehandlung neu qualifiziert werden müssen. Die mechanischen Eigenschaften und die Mikrostruktur der additiv hergestellten Nickelbasis-Superlegierung Haynes 282, gelötet mit Ni 612 und Ni 660 als Zusatzwerkstoff für die Hochtemperaturanwendung in Gasturbinen, wurden untersucht. Die Zug- und Scherzugfestigkeit wurde bei Temperaturen von 350°C und 550°C ermittelt, die den typischen Einsatztemperaturen der entsprechenden Komponenten entsprechen. Die Ergebnisse der Zugversuche ergaben, dass das Ni 612-Lot die nominelle Zugfestigkeit des additiv hergestellten Haynes 282-Grundmaterials aufwies. In der lichtmikroskopischen Untersuchung konnte gezeigt werden, dass die Bruchoberfläche in der Diffusionszone liegen. Die Zugfestigkeit von Ni 660 streut stärker und die Werte liegen unter denen von Ni 612. Die Probe bricht entlang des Phasenbandes in der Lötnaht (eutektisches Erstarrungsprodukt). Die chemische Zusammensetzung der Phasen in der Lötnaht und der Diffusionszone von Ni660 wurde mit der Elektronensonden-Mikroanalyse (EPMA) untersucht; es sind sowohl Silizide als auch Boride vorhanden. The authors greatly acknowledge the European Regional Development Fund (ERDF) for financial support (ProFIT HTA High Temperature Applications Nr. 10167478).

Einfluss trennender Fertigungsschritte auf die Eigenspannungen in additiv gefertigten Bauteilen aus hochfestem Stahl

K Wandtke

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Fachbereich 9.4 - Integrität von Schweißverbindungen, Unter den Eichen 87, 12205, Berlin, 12205, Berlin, Deutschland

*e-mail: karsten.wandtke@bam.de

Abstract. Additive Fertigungsverfahren wie das Wire Arc Additive Manufacturing (WAAM) ermöglichen die effiziente Fertigung von gewichtsoptimierten endkonturnahen Strukturen in modernen Stahlkonstruktionen. Ihre Effizienz kann weiter durch die Verwendung von hochfesten Stählen gesteigert werden. Dies erlaubt eine signifikante Einsparung von Kosten, Zeit und Ressourcen. Entsprechende Schweißzusatzwerkstoffe für Lichtbogenschweißverfahren sind kommerziell verfügbar. Fehlende Richtlinien und fehlende quantitative Kenntnisse über die schweißtechnische Beanspruchung während der Fertigung und im Betrieb limitieren den industriellen Einsatz stark. Daher werden in einem aktuellen Vorhaben (IGF-Nr. 21162 BG) der BAM und TU Chemnitz die wesentlichen Einflüsse und komplexen Interaktionen durch Werkstoff, Fertigungsprozess, Konstruktion und trennende Fertigungsschritte auf den Beanspruchungszustand untersucht. Der vorliegende Beitrag fokussiert hierfür die Auswirkungen trennender Fertigungsschritte auf Verzug und Eigenspannungen definierter WAAM-Prüfkörper. Die Eigenspannungsanalyse erfolgt mittels Röntgenbeugung. Die große Anzahl an Ergebnissen von zuvor untersuchten Referenzproben, die mit einem speziellen WAAM-Massivdraht (Streckgrenze >820 MPa) bei unterschiedlicher Wärmeführung und Geometrie vollautomatisiert geschweißt wurden, lässt eine Korrelation der Messdaten zu. Hierzu erfolgt die Analyse des Ausgangszustandes und abschließend des Zustandes nach trennender Bearbeitung, welche begleitend mittels digitaler Bildkorrelation hinsichtlich des Verzuges untersucht wurden. So ist zu beobachten, dass die Geometrie deutlichen Einfluss auf Relaxation und Umlagerung der Eigenspannungen hat und damit die Rissicherheit positiv beeinflussen kann.

Selective laser sintering of metallic glasses

A Malachowska

Wroclaw University of Science and Technology, PL8960005851, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370, Wroclaw, Poland

*e-mail: aleksandra.malachowska@pwr.edu.pl

Abstract. Fe-based metallic glasses are unique materials with excellent mechanical properties, but obtaining larger elements is a challenging task due to the required high cooling rates. Additive manufacturing is currently studied to solve this problem, but cracking and crystallization problems remain. In the current study, a system developed based on Spectra Physics' MOPA VPFL-G-HE-30 fiber laser was built to test if using a pulsed laser will limit crack density in the printed structures. The single lines were printed with a broad spectrum of parameters including waveform, power, and scanning speed. The samples obtained were then analyzed in terms of geometry. The resulting structures were compared with those obtained with a standard SLM printer. Finally, the most promising parameters were determined to print larger elements.

Impulse-pressure assisted diffusion bonding for manufacturing of tool inserts with dissimilar metals and conformal cooling channels

K Schmidt

Neue Materialien Bayreuth GmbH, Additive Fertigung, Gottlieb-Keim Straße 60, 95448, Bayreuth, Deutschland

*e-mail: kim.schmidt@nmbgmbh.de

Abstract. The effectiveness of the cooling process and the homogeneity of the temperature distribution during injection moulding are elementary factors that determine the quality of the moulded parts. Conventional mould inserts reach their limits due to the difficulty of integrating conformal cooling channels as well as multi-materials. In this presentation, an alternative approach to produce effective conformal cooling channels in mould inserts by pulse pressure assisted diffusion bonding is described. In addition, the thermal conductivity of the conformal cooling channels was improved with copper plates using the investigated pressure welding process. The rest of the tool insert is made of steel (1.2343). Simulation-based design process was applied to develop the conformal cooling channels. The most important process parameters that influence the quality of the bond will be explained. The microstructure and the thermal and mechanical properties of the bonds between the different materials will be described.

Digitale Material- und Prozessentwicklung
Digital Material and Process Development

Integrated Computational Materials Engineering

F Raether

Fraunhofer-Zentrum für Hochtemperatur-Leichtbau HTL, Gottlieb-Keim-Straße 62,
95448, Bayreuth, Deutschland

*e-mail: friedrich.raether@isc.fraunhofer.de

Abstract. Die schnelle Weiterentwicklung computerbasierter Verfahren bietet großartige Chancen für die Verbesserung von Nachhaltigkeit und Resilienz bei der Entwicklung neuer Bauteile. Sie ist auch die richtige Antwort auf den volatiler werdenden Weltmarkt. Mit dem Integrated Computational Materials Engineering (ICME) wird der Ansatz verfolgt, verschiedenartige computerbasierte und experimentelle Techniken so zu verknüpfen, dass eine zielgerichtete Entwicklungskette von der Produktplanung bis zur industriellen Fertigung entsteht. Zum ICME zählen Methoden zur Topologieoptimierung und Materialauswahl sowie dem Mikrostruktur- und Prozessdesign. Daran anknüpfend spielen das Scale-up der Prozesse bis in den Produktionsmaßstab ebenso eine Rolle wie Sensorik in den Produktionsaggregaten und Defektologie in der Materialprüfung. Künstliche Intelligenz ist hilfreich bei der Automatisierung der Algorithmen und unverzichtbar bei der Einführung des Industrie 4.0 Standards in der Bauteilfertigung. Im Vortrag werden exemplarisch neuere Entwicklungen des ICME vorgestellt und der künftige Forschungsbedarf dargelegt.

Thermochemical Stability of Engineering Materials - Status and Outlook

M to Baben

GTT-Technologies, Kaiserstraße 103, 52134, Herzogenrath, Deutschland

*e-mail: mtb@gtt-technologies.de

Abstract. Today, thermochemical calculations are used both in academia and industry to understand and design materials and processes at high temperatures. Over the last decades, database development using the Calphad methodology has proven to result in very reliable Gibbs energy descriptions of all phases relevant for any inorganic materials, ranging from steels and non-ferrous alloys to slags and oxides as well as non-oxide ceramics and even to salts. Despite the success of thermochemical simulation software such as FactSage (co-developed by GTT-Technologies), there are large regions of chemical composition space for which reliable thermochemical data is missing. This is problematic both for the design of new functional materials as well as for circular economy applications: increasing recycling rates lead to increased minority element concentrations e.g. in steels. To extend the chemical space for which thermochemical data is available, GTT-Technologies has in the last years developed Calphad-type databases based on open quantummechanical databases materialsproject.org and oqmd.org as well as machine learning models for consistency modification and for the estimation of heat capacity and entropy. The models used and application examples will be introduced in this presentation.

Top-down material design of multiphase ceramics

S Pirkelmann

Fraunhofer HTL, Simulation, Gottlieb-Keim-Straße 62, 95448, Bayreuth, Deutschland

*e-mail: simon.pirkelmann@isc.fraunhofer.de

Abstract. Microstructure simulation of ceramic material properties is a valuable tool used in tailoring composites to application-specific requirements. The simulations allow to better understand the influence of individual parameters (volume fractions, grain sizes, interfacial fractions, etc.) of the microstructure and the effect of varying these parameters. This allows a top-down approach to material design, where the composition of the material is optimized from the desired target parameter. In this talk, a methodology for top-down design of ceramic materials consisting of two or more phases is presented. The core of the method is an automated simulation chain based on representative volume elements to generate a database of microstructure-property relationships. The database derived from this simulation chain is used to train machine learning models that allow rapid prediction of material properties as a function of microstructure parameters. A gradient boosting algorithm provides reliable and efficient calculations for selected thermal and mechanical properties. Conversely, this enables the identification of suitable microstructure parameters to realize given values of a material property, or in short, top-down design of ceramic materials. The results of the method were validated using the well-known alumina/zirconia (ATZ/ZTA) material system.

Toward digital twins based on kinetic field and FE methods for sintering of ceramic components in tunnel kilns

S Sharba

Fraunhofer HTL, Simulation, Gottlieb-Keim-Straße 62, 95448, Bayreuth, Germany

*e-mail: shadi.sharba@isc.fraunhofer.de

Abstract. Optimization of thermal processes is an important issue in the ceramics industry, with the goal to improve both energy efficiency and product quality. Since purely empirical optimization is costly and time-consuming, there are a number of approaches to describe thermal processes by numerical models. To be a useful tool to optimize the properties of ceramic products, such models require high precision in the prediction of for instance shrinkage and stresses during sintering as a function of temperature. In particular, reliable prediction of the final geometric distortion is crucial to produce parts having the required shape within allowable tolerances. This is a big issue for instance for additively manufactured ceramic parts, but also in general for large, geometrically complex ceramic products like sanitary ware. In this work, we present a novel approach to digitize the thermal processing of ceramic and powder metal parts. For this goal, we simulate stresses and sintering shrinkage by a finite element sintering model based on a kinetic field [1] and viscous material parameters. Experimental data were obtained using thermo-optical measuring systems, by precise optical dilatometry and cyclic loading dilatometry. The 3D geometrical shape of an arbitrary ceramic part can be predicted for any time temperature cycle which is in the range of the measured kinetic field. In addition to the sintering behavior, we will show the possibility to transfer the concept to more complex furnace FEM models by using defined interfaces between different FEM-Solvers. This concept for a digital twin of thermal processing is demonstrated on a model of a kiln car moving through a tunnel kiln. References [1] F. Raether: The kinetic field - a versatile tool for prediction and analysis of heating processes; High Temp. High Press. 42 (2013) 303.

Formgedächtnislegierungen
Shape Memory Alloys

Wachstum und Schichtmorphologie von heteroepitaktischen Nickel-Titan-Dünnschichten

S Hahn

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: sandra.hahn@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Epitaktisch gewachsene Schichten werden als Modellsystem untersucht, um die Phasenausbildung und das Kristallwachstum von Nickel-Titan (NiTi) zu verstehen. Die Orientierung der Schicht wird mit der $\{100\}$ -Orientierung des einkristallinen MgO-Substrats festgelegt. Die aufwachsenden Schichten werden verschiedenen Wärmebehandlungsrouten unterzogen, um den Einfluss auf die Phasenausbildung und die Schichtmorphologie zu untersuchen. Durch den Einsatz von dreistufigen Wärmebehandlungen werden nickelreiche NiTi-Schichten mit einer glatten Oberfläche erzeugt, die für die mechanische Untersuchung am geeignetsten sind. Die Phasenanalyse der NiTi-Schichten wird mit Röntgenbeugungs- und EBSD-Messungen durchgeführt. Die Interfaceigenschaften der NiTi-Schichten zum MgO-Substrat werden im TEM untersucht. Dazu werden in $\langle 110 \rangle$ - und $\langle 100 \rangle$ -Richtung FIB-Lamellen entnommen. Durch die Entnahme der Proben in Richtung von niedrigindizierten Netzebenen können auftretende Zwillingsstrukturen im TEM einfacher untersucht werden. In den Filmen zeigen sich verschiedene Versetzungsnetzwerke am Interface NiTi/MgO. Wir diskutieren, wie die Wärmebehandlungen die Ausbildung des Interfaces beeinflussen und wie die sich daraus ergebenden Morphologien der Schichten beeinflusst werden.

Einfluss thermomechanischer Vorbehandlung auf die Ni-Freisetzung aus elektropoliertem NiTi

U Lohr

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: ulrike.lohr@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. NiTi-Legierungen werden aufgrund ihrer ausgezeichneten Biokompatibilität und ihrer Pseudoelastizität häufig als kardiovaskuläre Implantate eingesetzt. Allerdings bedingt diese Anwendung die kritische Betrachtung der Freisetzung von Ni-Ionen, die eine Nickelallergie und somit eine Abstoßung des Implantats hervorrufen kann. Die Anforderungen zur Bestimmung metallischer Abbauprodukte aus Medizinprodukten sind in der ISO 10993-15 beschrieben, wobei in einem überarbeiteten Entwurf die Prüfdauer für NiTi von 1 Woche auf mindestens 12 Wochen erhöht wird. Das Ziel dieser Studie ist, den Einfluss thermomechanischer Vorbehandlung auf die kurz- und langfristige Ni-Freisetzung zu untersuchen. Hierzu wurden elektropolierte NiTi-Drähte bei 540°C für unterschiedliche Zeiten gegläht, anschließend verformt und einer Immersionsprüfung nach ISO 10993-15 in Ringerlösung unterzogen. Die Messung der freigesetzten Ni-Ionen erfolgte mittels Massenspektrometrie mit induktiv gekoppeltem Plasma (ICP-MS) aufgrund der geringen Nachweisgrenze der Methode (0,02 µg/L), auch bei komplexer Probenmatrix. Durch die Verformung der thermisch behandelten Drähte weist die Oberflächenoxidschicht teilweise Risse und Abplatzungen bereits vor dem Immersionsversuch auf. Die vorverformten Drähte zeigen eine erhöhte Ni-Freisetzung, ein konsistenter Trend in Abhängigkeit der Glühzeiten ist nicht erkennbar. Kurzfristig ist die Ni-Freisetzung bei allen Drähten erhöht und fällt langfristig für alle thermomechanischen Vorbehandlungen ab. Der Ni-Grenzwert der EU-Verordnung von ca. 30 ng*cm⁻²*d⁻¹ wird langfristig bei allen Probenzuständen eingehalten.

Apparatus for measuring the emissivity of Nickel-Titanium shape memory alloys

M A Javed

Technische Universität Chemnitz, Professur Technische Thermodynamik, 09126, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: muhammad-ali.javed@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Nickel-Titanium shape memory alloys (SMA) have various applications in biomedical and aerospace technologies because of their shape memory and super elastic properties [1]. These properties are induced in SMA by a reversible martensitic transformation. This phase transformation can be achieved by applying stress or heating and cooling. In this work, applications of SMA in caloric cooling technologies and hybrid actuators are shown. As example: (1) Caloric cooling technologies can be 40% more efficient than conventional vapor compression systems [2], and (2) a hybrid (electrical + SMA) actuator can produce 6 times higher torque than an electrical actuator with only 30% additional weight. To enable the determination of temperature distributions in Ni-Ti components, an apparatus is presented to measure the emissivity of Ni-Ti alloys with non-contact infrared thermography. For this purpose, a state-of-the-art infrared camera (type: ImageIR 8300, InfraTec GmbH, Germany) is employed to observe the emissivity behavior during the phase transformation. The emissivity of the SMA is systematically studied by comparing it with a reference-quality black body cavity, having an effective emissivity of about 0.999948 [3]. It is investigated that the emissivity of Ni-Ti alloys depends on the temperature, microstructure, surface roughness, and thickness of the oxidation layer on the sample. References:

[1] Patel, S. K., Behera, B., Swain, B., Roshan, R., Sahoo, D., and Behera, A. A review on NiTi alloys for biomedical applications and their biocompatibility. *Materials Today: Proceedings*, 33 (2020), 5548-5551. [2] Berger, T., Martin, A., Navickaité, K., and Schubert, A. Influence of EDM generator programs on shape and surface roughness of Ni-Ti sheets. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1147 (2021), p. 012023. [3] Morozova, S. P., Parfentiev N. A., Lisiansky B. E., Sapritsky V. I., Dovgilov N. L., Melenevsky U. A., Gutschwager B., Monte C., and Hollandt J. "Vacuum variable-temperature blackbody VTBB100." *International Journal of Thermophysics*, 29 (2008), 341-351.

Fügen / Löten

Joining / Brazing and Soldering

Microstructural modification by redesigning the chemical composition of Ni 620 filler metal

M Erck

RWTH Aachen University, Institut für Oberflächentechnik, Kackertstraße 15, 52072, Aachen, Deutschland

*e-mail: erck@iot.rwth-aachen.de

Abstract. Ni 620 is a widely used brazing alloy, especially in cases where high temperature strength and corrosion resistance are required. The formation of undesirable intermetallic phases in the brazing joint due to the addition of metalloids such as boron and silicon as melting point depressants, affects the mechanical properties of the joint. Reducing the formation of intermetallic phases during brazing is an important issue in the application of Ni 620. In this study, two approaches, inoculation of the brazing alloy with Nb and variation of the B and Si content in Ni 620, are pursued to selectively influence the microstructure of the brazed joint. Therefore, the solidus and liquidustemperatures of the new brazing alloys is investigated by means of DSC measurements. Also, the microstructure of brazed joints is analyzed and evaluated by SEM/EDS as well as the hardness properties using nanoindentation. It is observed that the addition of Nb to the Ni 620 filler metal, as well as the variation of the B and Si content, leads to a change in the brittle phase band. Especially brittle Cr borides can be reduced in this way. The results contribute to produce brazing joints with more adapted properties, despite low brazing temperatures and short holding times.

Novel Fe-based amorphous brazing foils in the quinary system Fe-Ni-Cr-Si-B

S Vinke

RWTH Aachen University, Institut für Oberflächentechnik, Kackertstraße 15, 52078, Aachen, Deutschland

*e-mail: vinke@iot.rwth-aachen.de

Abstract. Amorphous brazing foils are increasingly used on a wide variety of component geometries because of their flexibility and the resulting ease of application. Due to the recent rapid rise in Ni prices, there is an enormous need for research into the substitution of Ni with Fe within conventionally used Ni-based amorphous brazing foils. To avoid time-consuming series of experiments, newly developed thermodynamic databases are to predict alloy compositions with a high GFA. Foils should be produced with the Melt-Spin-Process and characterized with DSC and SEM. In addition the atomic mismatch factor λ of this alloys will be calculated and compared with literature data. A novel Fe-based amorphous brazing foil was successfully produced in the alloying system Fe-Ni-Cr-Si-B. The characterization of the foil indicates the presence of an amorphous structure and the λ -parameter of 0.11 is comparable to that of other Fe-based BMGs with a thickness about $d = 50 \mu\text{m}$. The novel Fe-based amorphous brazing foil is characterized by a simple and cost-efficient alloying concept. Furthermore, newly developed thermodynamic databases in the Fe-Ni-Cr-Si-B-system were validated by the successful production of this foil. The prediction of further Fe-based amorphous foils with the aid of thermodynamic calculations can thus be made possible.

Influence of different surface activation methods on the wetting behavior of nickel-based brazing alloys on laser-beam melted austenitic stainless steel 316L

J Bültena

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Leonhard-Euler-Straße 2, 44227, Dortmund, Deutschland

*e-mail: julia.bueltena@tu-dortmund.de

Abstract. Resulting from the additive manufacturing method, laser-beam melted materials have a finer-grained microstructure in contrast to conventionally cast materials. This leads to a higher amount of grain boundaries, which represent diffusion paths for the melting point depressants during the brazing process. The altered diffusion mechanisms are assumed to influence the brazing behavior of additive manufactured materials. Therefore, the aim of this work is to analyze the influence of the microstructure on the wetting behavior of nickel-based brazing alloys on laser-beam melted austenitic stainless steel 316L. For this purpose, wetting tests with 15 and 60 minutes holding time were carried out on laser-melted and conventionally cast substrates. For the experiments, Ni 660 (foil/paste), VZ2177 (foil) and B-Ni60CrPSi (paste) were used as brazing alloys. The substrate surfaces were activated by grinding, PVD layer application, plasma and heat treatment. The spread area and wetting angle of the brazed droplets on the additive and conventional substrates were compared. The experiments revealed a wetting-promoting effect of the additive microstructure. Possible reasons are a higher surface energy of the additive material in the as-built state or the formation of micro-grooves during the brazing process, which act as capillary channels and thus improve the wetting behavior.

Belastbare Fügeverbindungen durch Ni-Nanopartikel

B Sattler

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: benjamin.sattler@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Nanoskalige Materialien weisen aufgrund ihres hohen Oberflächen-Volumen-Verhältnisses bemerkenswerte Eigenschaften auf. Im Hinblick auf Fügeverfahren ist die im Vergleich zu Massivmaterial geringere Schmelz- und Sintertemperatur von Nanopartikel von besonderem Interesse. Dies bietet großes Potenzial für Fügeprozesse bei niedrigeren Temperaturen (Nanofügen), insbesondere im Vergleich zum konventionellen Löten. Es werden Untersuchungen zum Fügen mit Nanopasten präsentiert, welche aus Nickel-Nanopartikeln und organischen Komponenten durch ultraschallunterstütztes Dispergieren hergestellt werden. Neben den Eigenschaften der Lösemittelsysteme und Pasten stehen dabei Verbindungsfestigkeiten bei Anwendung auf Ni-Basisgrundwerkstoffe im Fokus.

Fügen / Schweißen

Joining / Welding

Mikrolegierungseinfluss auf Ausscheidungsverhalten und Kerbschlagzähigkeit geschweißter hochfester Konstruktionsstähle

N Schröder

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 9.4 Integrität von Schweißverbindungen, Unter den Eichen 87, 12205, Berlin, Deutschland

*e-mail: nina.schroeder@bam.de

Abstract. Mikrolegierungselemente, wie Nb und Ti, sind für die signifikante Festigkeitssteigerung von vergüteten, hochfesten Feinkornbaustählen mit einer Nominalstreckgrenze ≥ 690 MPa und ihrer Schweißverbindungen unerlässlich. Die Normvorgaben (DIN EN 10025-6) zur chemischen Zusammensetzung sind dabei nur tolerierte Grenzgehalte, innerhalb derer sich die Stahlhersteller bewegen. Die Normzusammensetzung sagt aber per se nichts über die Eigenschaften des Werkstoffes aus. Bereits kleine Abweichungen in der Legierungsrouten wirken sich teilweise drastisch auf die mechanischen Eigenschaften aus. Somit wird eine adäquate Vorhersage der Schweißbeignung und der Integrität der Schweißverbindung erschwert oder sogar unmöglich. Ein unerwünschter Nebeneffekt ist die mögliche Erweichung der Wärmeeinflusszone (WEZ), als auch die gegenteilige Aufhärtung. Vor diesem Hintergrund werden erstmals systematisch, die Effekte unterschiedlicher Mikrolegierungsrouten mit an Versuchslegierungen mit variierenden Ti- und Nb-Gehalten untersucht. Die Stahlgüte S690QL bildet dabei die Grundlage (chemische Zusammensetzung und entsprechende Wärmebehandlung). Zur Bewertung der Schweißbeignung wurden Dreilagenschweißverbindungen (mit MAG-Hochleistungsschweißen) hergestellt, die Ausbildung der WEZ untersucht sowie kritische Gefügebereiche identifiziert. Der Fokus der analytischen Betrachtungen lag hier auf der Identifikation der Phasenumwandlungen beim Abkühlen und des dementsprechenden metallurgischen Ausscheidungsverhaltens. Zusätzlich wurden isotherme und nicht-isotherme Phasenberechnungen mit Thermo-Calc durchgeführt. Mechanisch-technologische Untersuchungen zur Kerbschlagzähigkeit bestätigen dabei die Ergebnisse der Simulation hinsichtlich der Ausprägung unterschiedlicher Mikrolegierungsrouten im geschweißten Zustand. Daraus lässt sich der Einfluss der Wärmeeinwirkung des Schweißens auf die Gefügeausbildung in der WEZ und der korrespondierenden mechanischen Eigenschaften qualitativ beschreiben.

Cracking of welded joints of 7CrMoVTIB10-10 steel after different heat treatment conditions

D Aišman

Research and Testing Institute Plzen Ltd., Metallographic and Chemical Laboratory, Tylova 1581/46, 30100, Plzen, Czech Republic

*e-mail: aisman@vzuplzen.cz

Abstract. In the field of power facilities, one of the main objectives is to increase the efficiency of thermal power plants. This can be achieved using supercritical to ultra-supercritical steam parameters. The use of higher-temperature steam both increases the efficiency of power plants and reduces carbon dioxide emissions. To increase the lifetime of boilers, it is necessary to use heat-resistant materials resistant to creep, oxidation and corrosion at higher temperatures. For this reason, 7CrMoVTIB10-10 steel was gradually developed. This is a low-alloyed heat-resistant steel used to construct membrane walls in boilers with supercritical steam parameters. The steel was designed to require neither preheating before welding nor subsequent heat treatment. Unfortunately, after its use in thermal power plants and exposure to operating temperatures, several problems occurred at the weld points. In an experimental programme, heat treatment with different heating temperatures, dwell times, and cooling methods were tested on 7CrMoVTIB10-10 steel subjected to operating loads. The aim was to remove the precipitates formed during its use in the boiler diaphragm wall and restore its mechanical properties.

Friction Stir Welding of Similar Aluminum Joints Using Additively Manufactured Ceramic Bobbin Tools: Simulation and Realization

T Sprigode

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: toni.sprigode@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Friction stir welding (FSW) of aluminum is used in numerous industries such as aerospace, automotive and e-mobility due to its excellent composite strengths. Conventional FSW tools usually consist of a tool shoulder and welding pin. These have the disadvantage that root defects can occur if the welding depth is insufficient, which negatively influence the composite strength and especially the fatigue strength. Bobbin tools are used to counteract this weak point. There is an additional second shoulder at the welding pin end of these special tools, which means that a welding pad can be dispensed with, thus enabling welding over the full thickness of the workpiece. The possibility of producing bobbin tools from ceramic materials by the use of additive manufacturing allows direct adaptation to the welding task. In these tests, the aluminum alloy EN-AW 5454 was joined. In particular, the running-in process proved to be a critical stress for the ceramic tools. To investigate this weak point, the process was simulated, which resulted in a shape optimization of the bobbin tool. This contributed to improved bond formation after direct additively manufacturing of the optimized tool.

Funktionelle Galvanotechnik
Functional Electroplating

Galvanische Präzisionsbeschichtung zur Durchkontaktierung von Multilayer-Leiterplatten

C Klok

Coventya GmbH, Stadtring Nordhorn 116, 33334, Gütersloh, Deutschland

*e-mail: chris.klok@macdermidalpha.com

Abstract. In the quest to become more sustainable, the PCB industry is looking at reducing wastewater, energy consumption and the use of hazardous materials. One of the processes in the fabrication of a PCB is plating through hole, or primary metallization. This process can be done by using the well know process of electroless copper. However, this is quite a long process which include 6 rinse steps, uses hazardous materials and precious metals and runs at higher temperatures. This presentation discusses an alternative to electroless copper. Carbon based direct metallization. This process has 3 rinse steps, uses no hazardous materials or precious metals and is run at lower temperatures. The process is based on electrostatic adsorption onto conditioned surfaces of the PCB. This makes the through holes conductive and ready for electrolytic metallization. In addition, direct metallization reduces risks such as voiding and separation. The process is also more capable of handling high frequency laminates such as ceramic-filled PTFE composites The carbon based direct metallization technology was introduced almost 40 years ago and proven to be a very stable and reliable substitute to electroless copper.

Galvanische Legierungsabscheidung von Ni-W aus wässrigen Systemen ohne Citronensäure als mögliche Hartchromersatzschicht

S Dombrowe

Hochschule Mittweida, Verfahrenstechnik/Oberflächentechnik, Technikumplatz 17, 09648, Mittweida, Deutschland

*e-mail: dombrowe@hs-mittweida.de

Abstract. Hartchromschichten besitzen aufgrund der hervorragenden Oberflächeneigenschaften ein großes Anwendungsspektrum. Besonders zeichnen sie sich durch hohe Schichthärten von bis zu 1200 HV sowie sehr guten Verschleiß- und Korrosionseigenschaften aus. Typische mit Hartchrom beschichtete Beispiele sind Zylinder, Wellen und Kolben im Maschinen-, Anlagen- und Automobilbau. Seit dem September 2017 dürfen Hartchromelektrolyte ausgehend von der ECHA nicht mehr ohne Zulassung verwendet werden, da von Chrom-(VI)-haltigen Verbindungen eine karzinogene Wirkung ausgeht. Seit des Verbots wurden viele neue Beschichtungsverfahren und Schichtsysteme mit dem Ziel entwickelt, Hartchromschichten zu substituieren. Bisher konnte kein Verfahren oder Schichtsystem alle Eigenschaften unter Berücksichtigung der Herstellungskosten von Hartchrom vollständig substituieren. In dem Vortrag werden aktuelle Versuchsergebnisse vom binären Nickel-Wolfram Legierungssystem präsentiert, welches galvanisch abgeschieden wird und eine alternative Schicht zu Hartchromschichten darstellen kann. Die aktuellen Ergebnisse zeigen, dass eine Wolframabscheidung ohne Citronensäure im Elektrolyten möglich ist. Für die Untersuchungen wurde ein modifiziertes Watt's Nickelbad genutzt. Es wurden unter anderem Versuche mit einer rotierenden Scheibenelektrode (RDE – rotating disc electrode) durchgeführt, um den Einfluss verschiedener Parameter auf den Wolframgehalt zu untersuchen. Für die Charakterisierung der abgeschiedenen NiW-Schichten wurden die Prüfmethoden Rasterelektronenmikroskopie mit gekoppelter energiedispersiver Röntgenspektroskopie, Laserscanningmikroskopie, Mikrohärteprüfung nach Vickers und Röntgendiffraktometrie durchgeführt.

Hochentropielegierungen

High Entropy Alloys

Innovative multi principal element alloys: Present results on weldability and application properties

T Richter

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung BAM, Abteilung 9. Komponentensicherheit, Unter den Eichen 87, 12205, Berlin, Deutschland

*e-mail: tim.richter@bam.de

Abstract. Multi principal element alloys (MPEA) represent a new class of materials that consist of at least three equiatomic alloying elements with a content of 5-35 atomic % each. Thus, the alloying concept is fundamentally different from conventional steel- or Al-based alloys, for example. Recently, the focus has been on the alloy design of MPEA and the verification or achievement of the desired properties or combinations. For this purpose, the alloying elements are specifically selected, and the microstructures are adjusted in a single-phase and, in some cases, multi-phase manner. The goal is highly innovative MPEA with adapted properties for industrial application. In particular, the aim is to overcome the major conflicting goals of conventional alloys, such as the trade-off between strength and ductility. In addition, mechanical properties at very high and cryogenic temperatures with maximum corrosion resistance are of great interest. The manufacture of components requires joining and welding processes that are suitable for the material and the stresses. Until the end of 2022, very little attention was paid to the weldability of MPEA. The effects of welding processes on the metallurgy and the desired properties are hardly known so far and limit the potential applicability as functional or construction materials. In an interdisciplinary BAM research project, fundamental investigations are currently being carried out on welding processing and the resulting microstructure-application property relationship of various MPEA. In particular, the heat-affected zone and weld metal are characterized by a microstructure resulting from disequilibrium states. In the case of MPEA, this has not been systematically investigated so far. For this purpose, a comprehensive literature evaluation on the welding of MPEA was carried out within the framework of the project and summarized in a comprehensive, systematic database. For this reason, the present study aims to systematically classify the most significant findings on the weldability of MPEA to date according to MPEA type and welding method and to compare them with our own current research results. TIG and friction stir welding tests on the MPEA systems CoCrNiFeMn and CoCrNi have already answered important questions during the project. These include the occurrence or prevention of intermetallic phases/increases or their effect on the properties of the welded joint (e.g. strength or corrosion resistance).

Influence of the cutting edge geometry in machining of thermally sprayed high entropy alloy coatings

H Liborius

Technische Universität Chemnitz, Professur Mikrofertigungstechnik, Reichenhainer Straße 70, 09126, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: hendrik.liborius@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. High entropy alloys (HEAs) represent a relatively young group of materials offering advantages like a high resistance to corrosion and wear. Concerning these properties and increased material costs their use as wear protection coatings is aspired. Surface coating by thermal spraying processes enables a large number of processable materials and the adaptability regarding coating properties. But, due to the initial roughness finishing of the coatings is necessary, especially for sliding applications. Benefits of processes with geometrically defined cutting edges are the short machining time and the high geometrical flexibility. However, the cutting edge geometry influences the geometrical and the surface layer properties as well as the tool wear. For thermally sprayed HEAs these relationships are not analysed in detail. In the investigations CrFeCoNi and CrFeCoNiAl_{0.3}Nb_{0.5} coatings applied by atmospheric plasma and high velocity oxygen fuel spraying are face turned. For this, CBN tipped indexable inserts with different cutting edge geometries are used. The tools vary concerning their cutting edge chamfer angle (0°, 15°, 25°) and cutting edge radius (5 µm, 40 µm). During facing the components of the resultant force are recorded. After machining the geometrical surface properties are determined using 3D laser scanning microscopy, SEM, and tactile measurements. Furthermore, tool wear and chip geometry are analysed microscopically. In addition, surface hardness and residual stresses are detected by hardness measurements with different loads respectively XRD analysis. The results show an increase of the surface roughness values and the proportion of pulled-out coating particles with decreasing effective rake angle. However, the intensity of this influence strongly depends on the alloy composition and the thermal spraying process chosen. Furthermore, the thickness of the affected surface layer also increases with raising cutting edge chamfer angle and radius. The research expands the field of application of thermally sprayed coatings and HEAs. Hence, it promotes the use of them as protection material in tribological applications.

Nb and Mo Influencing the High-Temperature Wear Behavior of HVOF-sprayed High-Entropy Alloy Coatings

L M Rymer

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: lisa-marie.rymer@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. In order to qualify high-entropy alloys (HEAs) as resource-saving and high-temperature wear resistant coating materials, high-velocity oxygen fuel (HVOF) coatings of Al_{0.3}CrFeCoNi, Al_{0.3}CrFeCoNiNb_{0.5} and Al_{0.3}CrFeCoNiMo_{0.75} were investigated in reciprocating wear tests at temperatures between 25 °C and 900 °C. In addition to the high-temperature wear tests, the microstructure and chemical composition of the three HEAs were analyzed using scanning electron microscopy (SEM), energy dispersive spectroscopy (EDS) and X-ray diffraction (XRD). In particular, HVOF coatings are characterized by high hardness and low porosity, which were also determined. After high-temperature wear tests, it was found that adding Nb and Mo to Al_{0.3}CrFeCoNi significantly reduces the wear depth with increasing temperature. Detailed SEM studies reveal that the main wear mechanisms change from abrasive wear and delamination (25 °C and 500 °C) to a combination of (abrasion), delamination, adhesion and oxidative wear. Thereby, oxidative wear will be the main mechanism at 900 °C for all HVOF coatings investigated. In particular, the appearance of the oxide layer is essential for the high-temperature wear performance: the more homogeneous the oxide layer is and the wavier bonded it is on the HVOF coating, the lower is the wear depth.

Korrosion

Corrosion

The influence of the N₂ and C₂H₂ mass flow rates on the corrosion properties of TiSiCN coatings obtained by cathodic arc evaporation

A Vladescu (Dragomir)

National Institute of Research and Development for Optoelectronics - INOE 2000,
409 Atomîștilor, 077125, Magurele, Romania

*e-mail: alinava@inoe.ro

Abstract. The aim of the study was to enhance the quality of cutting tools used in wood industry, where working parts and tools are subjected to severe conditions. TiSi-based carbo-nitrides were deposited by cathodic arc evaporation using TiSi cathodes with 99.9% purity. The deposition conditions were fixed: 2×10^{-3} Pa residual pressure, 6×10^{-2} Pa working pressure, -200 V substrate bias and 90 A arc current. In order to obtain coatings with different composition, the N₂ and C₂H₂ mass flow rates were varied such as four sets of samples were fabricated: series-1 (20 sccm Ar, 110 sccm C₂H₂), series-2 (40 sccm Ar, 90 sccm C₂H₂), series-3 (80 sccm Ar, 50 sccm C₂H₂), and series-4 (110 sccm Ar, 20 sccm C₂H₂). Surface morphology, elemental/phase composition and roughness were investigated before and after corrosion process evaluation. The results showed that TiSiCN coatings improved the corrosion resistance of the uncoated alloys. Moreover, an increase in the nitrogen flow rate during the deposition had a positive influence on their electrochemical behaviour, regardless of the type of substrate. This research was supported by a grant of the Ministry of Research, Innovation and Digitization, project number COFUND-M-ERANET-3-HardCoat-1 (no.311/2022), within PNCDI III and through Program 1—Development of the national research-development system, Subprogram 1.2—Institutional performance-Projects to finance the excellent RDI, Contract no. 18PFE/30.12.2021 and project no. PN 23 05 (id: PN11N-03-01-2023).

Properties and characterization of Ni-B/B composite coatings deposited on a pilot electroplating line

G Cieślak

Lukasiewicz Research Network - Warsaw Institute of Technology, The Centre of Galvanic Technique, Duchnicka 3, 01796, Warsaw, Poland

*e-mail: grzegorz.cieslak@imp.lukasiewicz.gov.pl

Abstract. In this work, the results of a study of nanocomposite coatings with a Ni-B matrix and a dispersion phase in the form of boron particles, deposited by a chemical reduction method on an electroplating line, are presented. Conducting processes on the plating line included the use of two types of assembly of the workpiece, on a frame line and on a drum line. The research includes the fabrication, the characterization of the structure and mechanical properties of the Ni-B/B produced coatings. The coatings were deposited in a 20 dm³ bath at a dispersion phase on a carbon steel substrate. Boron powder with particle size <90 nm was used as the dispersion phase. The morphology and surface topography of the produced coatings were studied by scanning electron microscopy (SEM) and light microscopy. Structure characterization of the produced materials was carried out by X-ray diffraction analysis. The thickness of the obtained coatings was studied by X-ray fluorescence spectrometry. In this work, the results of a study of nanocomposite coatings with a Ni-B matrix and a dispersion phase in the form of boron particles, deposited by a chemical reduction method on an electroplating line, are presented. Conducting processes on the plating line included the use of two types of assembly of the workpiece, on a frame line and on a drum line. The research includes the fabrication, the characterization of the structure and mechanical properties of the Ni-B/B produced coatings. The coatings were deposited in a 20 dm³ bath at a dispersion phase on a carbon steel substrate. Boron powder with particle size <90 nm was used as the dispersion phase. The morphology and surface topography of the produced coatings were studied by scanning electron microscopy (SEM) and light microscopy. Structure characterization of the produced materials was carried out by X-ray diffraction analysis. The thickness of the obtained coatings was studied by X-ray fluorescence spectrometry. Acknowledgements: The project „New electroless Ni-B/B and Ni-B/MoS₂ composite coatings with improved mechanical properties” benefits from a €200 000 grant from Norway. The aim of the Small Grant Scheme (SGS) call is to support applied research projects led by female scientists in technical sciences.

Numerische Abbildung von oberflächennaher Korrosionsanfälligkeit am kaltgewalzten austenitisch nichtrostenden Edelstahl 316L

S Friedrich

Technische Universität Chemnitz, Professur Virtuelle Fertigungstechnik, Reichenhainer Straße 70, 09126, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: sandra.friedrich@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Rost- und säurebeständige, austenitische Stähle werden aufgrund ihrer hervorragenden Korrosionsbeständigkeit in zahlreichen Anwendungen wie z. B. im Chemieanlagenbau verwendet. Allerdings beeinflusst die Umformung der Bauteile deren Mikrostruktur und dadurch das Korrosionsverhalten. Der Beitrag stellt einen Ansatz vor, die Korrosionsraten durch numerische Umformsimulationen für den Werkstoff 316L (1.4404) nach dem Kaltwalzen zu berechnen. Dazu wurde der numerische Ansatz zur Vorhersage der Mikrostruktur durch empirisch kalibrierte Modelle erweitert, um die Bauteiloberfläche, die oberflächennahe Mikrostruktur, die umformbedingten Eigenspannungen sowie die Rauheit mit einzubeziehen. Mit experimentellen Zug- und Druckversuchen werden die Zusammenhänge der Oberflächenrauheit, die nicht direkt mit dem Umformgrad gekoppelt werden können, untersucht. Dadurch kann die Umformung nach einer angepassten Prozessroute erfolgen, sodass diese Eigenschaften gezielt eingestellt werden und eine Verringerung der Korrosionsrate erreicht wird.

Mensch-Maschine-Interaktion

Human-Machine Interaction

Human-Machine Teaming in Thermal Spraying

F Bocklisch

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: franziska.bocklisch@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Upcoming innovations for sustainable Industry 5.0 include anthropocentric perspectives and a close integration of human and cyber-physical-production systems. Based on explainable artificial intelligence, humans and cyber-systems may become “teammates” for certain types of joint working tasks such as problem solving or decision making. Emerging “human-cyberteams” combine complementary strengths to achieve a higher level of efficiency, flexibility and sustainability. Cognitive teaming relies on shared goals achieved through knowledge- and databased modelling. Multidimensional fuzzy pattern classifiers proved suitable for teaming and smart data problems such as multiple-criteria decision making and optimization. It enables transparent interpretation of results by the human user, as illustrated for study data from atmospheric plasma spraying. The outlined procedure can potentially lead to advanced intelligent decision support for a variety of industrial processes. Potentials and challenges of the transdisciplinary research concept “human-machine teaming” as well as future perspectives are discussed.

Artificial Intelligence - From Simulation Results to Practice in Plasma Spraying

S R Dokhanchi

Institut für Oberflächentechnik, Thermisches Spritzen (Prozesstechnik), Kackertstraße 15,
52072, Aachen, Deutschland

*e-mail: dokhanchi@iot.rwth-aachen.de

Abstract. Plasma spraying is a complex coating process, in which a feedstock material is injected into a hot plasma plume, accelerated and impacts on a prepared substrate in form of molten or semi-molten particles. The formation of a coating is the result of several physicochemical mechanisms involving dozens of influencing factors that have nonlinear dependencies. In the concept of Digital Shadow in production technologies, employing ensemble of computer-aided methods is inevitable to understand and control these correlations in such a complex coating technology. This study aims at integrating the artificial intelligence methodologies to predict and optimize the deposition efficiency (DE) in plasma spraying. In the first step, analytical models are developed to predict DE. These models include numerical analysis of the process with Computational Fluid Dynamics (CFD)-simulations, data-driven Support Vector Machine (SVM)-algorithms and Neuro-Fuzzy techniques. In the next step, experimental data are generated via design of experiments (DOE) to enrich the data sets of the analytical models. Thus, the prediction results in each iteration are validated by experiments and subsequently the prediction accuracy will be increased. The results show that the developed expert system is able to estimate DE precisely with root mean square error (RMSE) of about 1.1 %. The developed system can be used as a tool for quality prediction and monitoring in plasma spraying using data- and knowledge-based techniques and hence, the integration of the coating process into the production chain can be improved.

AI Technology in Plating - A Sustainable Approach

A Scholz

Aucos AG, Matthiashofstraße 47-49, 52064, Aachen, Deutschland

*e-mail: andreas.scholz@aucos.de

Abstract. The company Aucos is a supplier of control systems for automated plating lines. Sustainability is also becoming increasingly more important from a controls perspective. The presentation deals with the question of how AI technology can support energy conservation. In a quick dive, theoretical and practical knowledge about artificial intelligence and neural networks is provided. Subsequently, the possibilities and use of machine and reinforcement learning in specific applications are examined. The purpose of the presentation is to provide new insights for both novices in the field of AI technology and experts in the field of automation technology.

Randschichthärten

Surface Hardening

S³P – Specialty Stainless Steel Processes

Innovative Oberflächenverfahren zur Steigerung der Verschleißbeständigkeit von korrosionsbeständigen Stählen

M Wendel

Bodycote Specialist Technologies GmbH, Technical Customer Service, Max-Planck-Straße 9, 86899, Landsberg am Lech, Deutschland

*e-mail: Michael.Wendel@bodycote.com

Abstract. Korrosionsbeständige austenitische und Duplex-Stähle finden aufgrund ihres Widerstandes gegen Korrosion in einer Vielzahl von Industriezweigen Anwendung. Diese positive Eigenschaft beruht auf der Bildung einer schützenden Passivschicht aus Chromoxid an der Oberfläche, wodurch der Einsatz in chemisch aggressiven Umgebungsbedingungen ermöglicht wird. Hohe Reibkoeffizienten und ein limitiertes Verschleißverhalten beschränken bei diesen Werkstoffen jedoch die Einsatzmöglichkeiten. Zwar bieten Beschichtungen oder konventionelle Härteverfahren gewisse Möglichkeiten der Reduzierung von Verschleißerscheinungen, aber bringen auch das Risiko von Abplatzungen oder Delamination und/oder auch dem Verlust der notwendigen Korrosionseigenschaften mit sich. Oberflächenhärteverfahren bei niedrigen Temperaturen (< 500 °C) wie S³P, mit Kolsterisieren®, bieten hier eine Möglichkeit, diese Einschränkungen zu überwinden. Das Prinzip beruht auf der interstitiellen Einlagerung von Kohlenstoff und/oder Stickstoff, vorrangig in die Oktaederlücken des austenitischen Gefüges. Die hierdurch gespannte Mikrostruktur und die daraus resultierenden hohen Druckeigenstressungen führen zu einem enormen Anstieg der Oberflächenhärte. Durch den graduellen Diffusionsverlauf bleibt das duktile Verhalten des Grundmaterials erhalten. Die Prozesstemperaturen liegen unterhalb des Sensibilisierungsbereichs der korrosionsbeständigen Stähle, wodurch die Korrosionsbeständigkeit des Ausgangsmaterials unverändert bleibt. Ziel des Vortrages ist es, die innovative Technologie des Niedertemperatur-Oberflächenhärtens zu erläutern. Gestützt durch Untersuchungsergebnisse wird der positive Einfluss dieser Behandlung auf die Lebensdauer von Bauteilen aus korrosionsbeständigen Stählen gezeigt und ein Bewusstsein für Nutzungsmöglichkeiten dieser Technologie in modernen Anwendungen geschaffen, welche zunehmend dem Gedanken der Nachhaltigkeit unterworfen sind.

Beseitigung des schädlichen Einflusses der Drehbearbeitung auf die Korrosionsbeständigkeit austenitischer rostfreier Stähle nach der Oberflächenhärtung durch elektrochemische Abtragsverfahren

R Berger

BorTec GmbH, Goldenbergstraße 2, 50354, Hürth, Deutschland

*e-mail: r.berger@bortec.de

Abstract. In dem Vortrag wird das Korrosionsverhalten von Probekörpern aus dem austenitischen Werkstoff X5CrNi18-10 (1.4301 ugs. V2A) nach einer Randschichthärtung betrachtet. Ziel des Niedertemperatur Randschichthärtens ist die Verminderung bzw. Verhinderung des Verschleißes durch Abrasion (Abtragen) und Adhäsion (Kaltverschweißen). Bei den Verfahren zur Randschichthärtung werden kleinere Fremdatome meist N und/oder C in das Metallgitter eingelagert. Dies führt zu einer Steigerung der Oberflächenhärte und verändert die metallurgischen Eigenschaften der Randzone. Die Korrosionsbeständigkeit des Bauteils sollte durch die Randschichthärtung möglichst nicht beeinträchtigt werden. Durch die metallurgische Veränderung der Randzone besteht jedoch das Risiko, die Korrosionsbeständigkeit durch die Bildung von Ausscheidungen, signifikant zu reduzieren. Insbesondere Oberflächenbereiche, welche bei der mechanischen Bearbeitung beeinflusst wurden, neigen während des Diffusionsprozesses zur Bildung von Ausscheidungen. Die vorliegende Arbeit untersucht Abtragsverfahren zur Entfernung der beeinflussten Bereiche, welche bei der mechanischen Bearbeitung unvermeidlich sind. Dazu wurden Probenstäbe aus dem Werkstoff X5CrNi18-10 zuerst mechanisch bearbeitet und im Anschluss mit verschiedenen Verfahren und Parametern des elektrochemischen Abtragens oberflächenoptimiert. Die so vorbereiteten Proben wurden Niedertemperatur Randschichtgehärtet. Die Korrosionseigenschaften der Proben wurden im Anschluss durch Stromdichte-Potenzialmessungen sowie technologische Korrosionsuntersuchungen verglichen. Unterschiede im Korrosionsverhalten lassen Rückschlüsse darauf zu, welche Abtragsverfahren und Parameter geeignet sind, um die Korrosionsbeständigkeit von realen Bauteilen nach einer Niedertemperatur Randschichthärtung zu optimieren.

Work hardening of X120Mn12 by diamond smoothing to increase the fracture resistance of thin films under local impact loading

T Lindner

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: th.lindner@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Superhard thin coatings are prone to crack initiation due to local impact load. Low-cost substrate materials have an insufficient support effect in this context. This study investigates the possibility of increasing the hardness of X120Mn12 substrates by diamond smoothing. Magnetron sputtered coatings were deposited on differently conditioned substrate materials. Indentation testing demonstrated an improvement in resistance to local impact loading.

Simulation

Simulation

Einfluss der Messmethodik auf die Bestimmung der fraktalen Dimensionen von gestrahlten Stahloberflächen mittels Box-Counting-Methode

T Marquardt

Muehlhan AG, Forschung und Entwicklung, Schlinckstraße 3, 21107, Hamburg, Deutschland

*e-mail: marquardt@muehlhan.com

Abstract. Morphologische Kennwerte von Substratoberflächen bestimmen die Haftung von Beschichtungen und Klebstoffen. Der Beitrag befasst sich mit dem Vergleich fraktaler Parameter, basierend auf Querschnittsbildern und taktilen Messungen an gestrahlten Stahlsubstraten. Proben aus Baustahl S355 wurden mit verschiedenen Strahlmitteln bearbeitet, und es wurden Bilder bzw. Profile von insgesamt 12 Oberflächenkonfigurationen aufgenommen. Von jedem Querschnitt wurde mit Hilfe der Bildbearbeitungssoftware „ImageJ“ ein 2D-Profil der Stahloberfläche abgeleitet. Die fraktalen Dimensionen dieser Profile wurden mit Hilfe der Box-Counting-Methode ermittelt und anschließend mit den fraktalen Werten von 2D-Profilen aus taktilen Messungen verglichen. Zur statistischen Analyse der Beziehungen wurde ein voll faktorieller Versuchsplan erstellt. Zu den berücksichtigten Faktoren gehörten Art des Strahlmittels, Oberflächenvorbereitungsgrad, Oberflächenrauheit und, als Kernpunkt dieser Untersuchung, Messmethodik des Oberflächenprofils. Unabhängig von der zur Bestimmung des Oberflächenprofils verwendeten Methodik ergaben sich für beide Messvarianten identische relative Trends, wobei die normalisierten Werte für die Querschnittsprofile etwa doppelt so hoch waren wie die Werte der auf Basis der taktilen Messungen gewonnenen 2D-Profile. Folglich eignen sich beide Methoden zum relativen Vergleich von Oberflächen, absolute Werte lassen sich aber anscheinend besser mit Querschleifprofilen erfassen.

Numerische und experimentelle Untersuchungen zum Einebnen von Rohrabschnitten für die inverse Werkstoffmodellierung von metallischen Rohrhalbzeugen

F Reuther

Fraunhofer-Institut für Werkzeugmaschinen und Umformtechnik IWU, Umformtechnik, Reichenhainer Straße 88, 09126, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: franz.reuther@iwu.fraunhofer.de

Abstract. Der Vortrag führt eine neue Prüfmethode von Rohrhalbzeugen zur inversen Parametrisierung komplexer, anisotroper Materialmodelle ein, da durch den aktuellen Stand der Technik insbesondere eine isolierte richtungsabhängige Rohrhalbzeugprüfung nicht möglich ist. Der Zwischenschritt des Einebnens von Rohrabschnitten wird numerisch und experimentell untersucht. Durch weiterführende Simulationen kann eine Kompensation der Rückfederungseffekte vorgenommen werden. Die Simulationsergebnisse wurden mit guter Übereinstimmung experimentell bestätigt. Anhand von Rohrhalbzeugen (E235) mit einem Durchmesser von D60 mm und einer mittleren Wanddicke von 1,524 mm wurden erfolgreich Rohrabschnitte eingeebnet mit einer geringen verbleibenden Ebenheitsabweichung für die nachfolgende, richtungsabhängige Entnahme von Zugversuchsproben. Abschließend werden die Potenziale zur inversen Parameteridentifikation auf Basis simulationsbasierter Sensitivitätsstudien diskutiert.

Numerische Lebensdauervorhersage zur Einflussermittlung des Eigenspannungszustandes eines inkrementell umgeformten Bauteils

T Bergelt

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

* e-mail: tim.bergelt@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Die inkrementelle Blechumformung (IBU) ermöglicht die Herstellung verschiedener geometrischer Formen durch eine sehr flexible Werkzeugführung und -wahl. Durch eine definierte Anpassung einzelner Umformmechanismen oder anhand der Variation relevanter Prozessparameter (bspw. Werkzeugbahn), lassen sich die entstehenden Eigenspannungen im Demonstratorbauteil gezielt beeinflussen. Die nach der Umformung vorhandenen Eigenspannungen wirken sich direkt auf das Einsatzverhalten aus. Insbesondere unter mechanischer, schwingender Belastung kann je nach Vorzeichen und Höhe der Eigenspannungen eine Anrissbildung sowie weiterer Rissfortschritt begünstigt oder gehemmt werden. Zur numerischen Betrachtung der Lebensdauer wurde ein vorhandenes 3D-Modell des inkrementell umgeformten Demonstratorbauteils in dem FE-Programm Abaqus weiterentwickelt. Dieses Modell ermöglicht die Eigenspannungsverteilung durch die Umformung gezielt zu variieren, um den Einfluss auf die Lebensdauer und die Position des ersten Anrisses untersuchen zu können. Für die Lebensdauerberechnung wird das Modell aus Abaqus in die Lebensdauer-Analysesoftware fe-safe übergeben und berechnet. In fe-safe können die vordefinierten Eigenspannungen berücksichtigt und die Lebensdauer für jedes Element durch eine Vielzahl mathematischer Ansätze (spannungs- oder dehnungsbasiert) berechnet werden. Mittels fe-safe wurde für das Demonstratorbauteil ermittelt, dass Druckeigenspannungen zu einer Erhöhung der Lebensdauer im Bauteil führen und gezielte Druckeigenspannungen die Position des ersten Anrisses verändern können. Wohingegen Zugeigenspannungen zu einer Verringerung der Lebensdauer führen und weitestgehend minimiert oder auf geometrisch unkritische Bereiche verlagert werden sollten.

Thermisches Spritzen

Thermal Spraying

Dynamic impact wear testing of selected HVOF sprayed coatings

S Houdkova

Research and Testing Institute Plzen Ltd., Tylova 46, 32600, Plzen, Czech Republic

*e-mail: houdkova@vzuplzen.cz

Abstract. Impact testing appears as a most promising tool for gaining information on coating behavior in load-bearing applications. During dynamic impact test an indenter impacts successively the surface of the coating with constant force and frequency. The deformation of the coated specimen during impact testing is affected by the mechanical properties of both the substrate and the coating. Similar loading mechanism can be identified at various coated components in many branches of thermal spraying applications, such as solid particle or water droplet erosion, cavitation, etc. Varying the impact load and number of impacts, the evolution of coating surface deformation and contact fatigue failures can be observed. In the paper, the influence of dynamic impact load and number of impacts on the resulting impact crater volume and morphology is analyzed, and the results interpretation in form of Wohler-like dependance is suggested and demonstrated on selected HVOF sprayed coatings CrC-based hardmetals with variable composition and compare to more ductile Co-based alloy coatings. The impact craters evaluation and subsurface cracks propagation is analyzed in more detail by means of 3D optical microscopy and SEM.

Das Potential des High Velocity Air Fuel Spraying (HVAF) Verfahrens für die Herstellung von Haftvermittlerschichten in Wärmedämmschicht-Systemen

G Mauer

Forschungszentrum Jülich GmbH, IEK-1, Leo-Brandt-Straße, 52428, Jülich, Deutschland

* e-mail: g.mauer@fz-juelich.de

Abstract. Auf der Suche nach einer optimalen Kombination von Partikelgeschwindigkeiten und Prozesstemperaturen zur Erzielung dichter Hartmetallbeschichtungen bei hohen Abscheideraten und Pulverfördermengen wurde das „High Velocity Air Fuel Spraying“ (HVAF) Verfahren entwickelt. Hinsichtlich der erreichbaren Partikelgeschwindigkeiten und -temperaturen lässt es sich zwischen dem Hochgeschwindigkeits-Flammspritzen (HVOF) und dem Kaltgasspritzen (CGS) einordnen. Die besonderen Vorteile des HVAF-Verfahrens hinsichtlich moderater Prozesstemperaturen, hoher Partikelgeschwindigkeiten sowie hoher Produktivität und Effizienz legen nahe, dass seine Anwendung auch für die Herstellung von MCrAlY (M = Co und/oder Ni)-Haftvermittlerschichten in Wärmedämmschicht-Systemen (TBC) untersucht werden sollte. In dieser Arbeit wurden auf der Grundlage detaillierter Prozessanalysen entsprechende HVAF-Prozessparameter entwickelt. Zur Charakterisierung des Heißgasstrahls und der Partikel im Fluge wurden verschiedene Untersuchungen durchgeführt. Die Beschichtungen selbst wurden im Hinblick auf ihre Mikrostruktur, die Oberflächenrauheit und den Sauerstoffgehalt charakterisiert. Die Depositionseffizienzen wurden ebenfalls ermittelt. Die Ergebnisse zeigen, dass das HVAF ein vielversprechendes alternatives Herstellungsverfahren für Haftvermittlerschichten ist.

Innenbeschichtung von engen Stahlrohren ($\text{\O} 82 \text{ mm}$) mittels des Warmspray Verfahrens bei kurzen Spritzabständen (bis 10 mm) und unter Einsatz feiner WC-Co-Pulver ($-10 +2 \text{ }\mu\text{m}$)

I Baumann

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Leonhard-Euler-Straße 2, 44227, Dortmund, Deutschland

*e-mail: ingor.baumann@tu-dortmund.de

Abstract. Hochkinetische thermische Spritzverfahren wie HVOF, HVAF und Warmspray werden seit vielen Jahren erfolgreich für den Verschleiß- und Korrosionsschutz von Außenflächen verschiedenartiger Bauteile eingesetzt. Moderne, komplexere Bauteile verfügen jedoch auch in zunehmenden Maßen über Innenflächen, die tribo-mechanisch beansprucht werden. Daher besteht ein wachsendes Interesse an der Übertragung der hervorragenden Schutzeigenschaften von Außenbeschichtungen auf innere Bauteiloberflächen. Die Innenbeschichtung (ID-Coating, ID = Internal Diameter) von Bauteilen, vor allem mit kleinen Innendurchmessern $< 200 \text{ mm}$, ist jedoch mit Herausforderungen verbunden. Zu den Wesentlichen zählen die reduzierte Verbrennungsleistung bei den ID-Spritzsystemen sowie die oftmals notwendigen kurzen Spritzabstände. Um einen ausreichenden Wärme- und Impulstransfer zu ermöglichen, bedarf es hier des Einsatzes feiner Pulverfraktionen $< 20 \text{ }\mu\text{m}$, die jedoch eine schlechte Fließ- bzw. Förderbarkeit besitzen und zudem schnell überhitzen können. Die Studie gibt einen Überblick über die Herausforderungen und Lösungsansätze auf dem Gebiet der Innenbeschichtung mittels hochkinetischer Spritzverfahren. Des Weiteren werden Ergebnisse zum ID-Warmspritzen von feinen WC-Co-Pulvern ($-10 +2 \text{ }\mu\text{m}$) mit kurzen Spritzabständen ($10 - 80 \text{ mm}$) und variierenden Stickstoffströmen auf ebenen Stahlproben und engen Stahlrohren (Innen- $\text{\O} 81,6 \text{ mm}$) vorgestellt. Neben prozess- und partikeldiagnostischen Untersuchungen werden die Grenzen und Auswirkungen der ID-Beschichtung mit kurzen Spritzabständen auf die Mikrostruktur und die Schichteigenschaften erarbeitet.

Application of cold spray technology for repair of aerospace parts

O Chocholatý

Research and Testing Institute Plzen Ltd., Thermal Spraying, Tylova 1581/46, 30100, Plzen, Czech Republic

*e-mail: chocholaty@vzuplzen.cz

Abstract. Cold Spray is state-of-the-art technology in the family of thermal spraying. Principle of this technology is to accelerate microscopic particles to very high speed and to deposit them on a substrate where the kinetics energy is converted into deformation and thermal energy. Due to its unique properties, cold spray technology can be used for additive manufacturing as well as for various repairs of machine components. The aim of the work was to optimize the spraying process of aluminium alloy for repairing damaged aerospace parts. The relationship between process parameters and coating structure was analyzed. The process was verified by spraying a test sample.

Prozessentwicklung zur Herstellung freistehender Titanschichten mit dem Plasmaspritzen

L Zhao

RWTH Aachen University, Institut für Oberflächentechnik, Kackertstraße 15, 52072, Aachen, Deutschland

*e-mail: zhao@iot.rwth-aachen.de

Abstract. Poröse Transportschichten (PTL) aus Titan bilden einen wichtigen Bestandteil für Polymerelektrolytmembran-Wasserelektrolyse. In der Forschung wird bereits aufgezeigt, dass PTL durch das Vakuumplasmaspritzen (VPS) hergestellt werden kann. Dazu werden VPS-Titanschichten durch die Ablösung vom Stahlsubstrat mit Hilfe einer H₂SO₄-Lösung hergestellt. Im Rahmen dieser Veröffentlichung werden kostengünstigere und prozesseffizientere neue Prozesse zur Herstellung freistehender Titanschichten als PTL verfolgt. Dazu wurden in dieser Arbeit Titanschichten mittels atmosphärischen Plasmaspritzen (APS) auf Substrate aus kohlenstofffaserverstärktem Kohlenstoff (CFC), austenitischem Stahl sowie Titanlegierung appliziert. Die Substrate wurden u.a. durch Schleifen, Korundstrahlen oder die Applikation einer NaCl-Beschichtung vorbereitet und anschließend mit dem Drei-Kathoden-Plasmaspritzen beschichtet. Titanschichten wurden mechanisch bzw. mit Hilfe der Ablösung der NaCl-Beschichtung im Wasser vom Substrat abgetrennt. Die Topografie der Substrate sowie der freistehenden Titanschichten wurden mittels konfokaler Laserscanning-Mikroskopie untersucht. Die Schichtstruktur der Titanschichten sowie die Oberfläche der NaCl-Beschichtungen wurden mithilfe von Rasterelektronenmikroskopie analysiert. Freistehende Titanschichten konnten erfolgreich hergestellt werden. Die mit dem APS applizierte NaCl-Beschichtung auf einem Titansubstrat ermöglicht eine gute Reproduzierbarkeit zur Herstellung freistehender Titanschichten. Dieser neue Prozess ist für die Produktion von PTL besser geeignet als die Ablösung der Titanschichten mit Hilfe einer Säurelösung, da das Titansubstrat im Abtrennungsprozess nicht beschädigt wird.

Entwicklung von plasmagespritzten, antibakteriell wirksamen, WO₃-dotierten Al₂O₃-Verschleißschutzschichten

J M Zajackowski

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Leonhard-Euler-Straße 2, 44227, Dortmund, Deutschland

*e-mail: jonas.zajackowski@tu-dortmund.de

Abstract. In der Lebensmittelindustrie werden an keramische Werkstoffe besondere Anforderungen gestellt. Vom speziell gekapselten Getriebemotor über geschützte Gehäuse für Steuerungen bis zu Sterilventilen und automatisierten Reinigungsabläufen ist die Bandbreite der Anforderungen sehr breit gefächert. Eine der wichtigsten Anforderungen ist dabei die Hygieneeigenschaft der Keramik. Insbesondere an schwer zugänglichen Stellen werden keramikbeschichtete Bauteile in der Lebensmittelindustrie eingesetzt. Diese Ventile, Dichtungen etc. lassen sich nur mit enormem Aufwand reinigen und von Keimrückständen befreien. In den Poren in den verschiedenen zum Einsatz kommenden Keramikbeschichtungen bilden sich leicht Bakterienkolonien und Keimablagerungen innerhalb der Anlagen. Diese Poren sind durch die Pulverprozessroute bei der Herstellung der Keramik nahezu unvermeidbar. Ein Ansatz zur Reduktion des Reinigungsaufwands ist es, die Keramikbeschichtungen mit einem antimikrobiell wirksamen Additiv zu funktionalisieren. Innerhalb dieser Forschungsarbeit werden daher verschleißbeständige Al₂O₃-Keramikschichten mit gleichzeitig antimikrobieller Wirkung durch Dotierung mit WO₃ mittels atmosphärischem Plasmaspritzen (APS) entwickelt. Dabei werden zunächst verschiedene Ansätze verfolgt, die submikron- und nanoskaligen WO₃-Partikel mittels verschiedener Aufbereitungswege sowie einer modifizierten Injektionsvorrichtung in den Spritzprozess zu fördern und so in die Spritzschicht zu integrieren. Anschließend werden unter Variation verschiedener Prozessparameter sowie unter Einsatz unterschiedlicher Ausgangspulver eine große Bandbreite an Beschichtungen erzeugt. Die Schichten werden schließlich hinsichtlich ihrer Mikrostruktureigenschaften, ihres Verschleißverhaltens sowie ihrer antibakteriellen Wirksamkeit gegenüber dem grampositiven Bakterium *S. aureus* analysiert und bewertet.

Interaction of WC and Cr₃C₂ in binary hardmetal compositions for thermal spray coatings

L M Berger

Fraunhofer IKTS, Winterbergstraße 28, 01277, Dresden, Deutschland

*e-mail: Lutz-Michael.Berger@ikts.fraunhofer.de

Abstract. Hardmetal compositions based on WC and Cr₃C₂ are widely used for thermal spray coating solutions for wear protection. This includes compositions containing both WC and Cr₃C₂. Studies with thermal spray feedstock powders and corresponding coatings have revealed that the interaction of WC and Cr₃C₂ over the full composition range is not systematically studied yet. Thus, the aim of this study is a more systematic initial investigation of interaction of WC and Cr₃C₂ in sintered bodies for future hardmetal compositions to be used for thermal spray coating solutions. Ten binary and the two boundary mixtures with WC and Cr₃C₂, respectively, containing all a constant content of 15 vol% Ni were prepared. Samples were prepared by a conventional powder metallurgy route. All samples were studied by FESEM and XRD. A systematic change of the microstructures and the phase composition depending on the WC/Cr₃C₂ ratio was obtained.

New applications of arc spraying beyond wear and corrosion protection

D Chen

Neue Materialien Bayreuth GmbH, Metalle, Gottlieb-Keim-Straße 60, 95448, Bayreuth, Deutschland

*e-mail: dehua.chen@nmbgmbh.de

Abstract. Among different thermal spraying methods, arc spraying has been widely used due to its low equipment and operation cost and high deposition efficiency. The preparation of corrosion and/or wear resistant coating using arc spraying dominates most of the industry applications. With the rapid development of additive manufacturing (AM) technology, many new application possibilities for arc spraying have been opened, especially those associated with AM processes. In this presentation, two selected new applications of arc spraying in Neue Materialien Bayreuth GmbH will be reported. The first one is applying arc spraying to produce high-quality metallic powder for the laser-based powder bed fusion process (PBF-LB/M). This application offers the advantage of an on-demand production of a small amount of powder with high powder quality from commercially available wires. The second is a hybrid process of combining the arc spraying and a polymer AM process (Multi-Jet-Fusion) to fabricate hybrid anode with complex geometry. The hybrid anode consists of a polymer 3D printed core and partially metalized surface coated by arc spraying. Applying this hybrid anode in chrome plating can greatly improve the homogeneity of the deposited chrome coating. The presented applications show that more potential roles of thermal spraying technology are uncovered.

Wärmebehandlung von Stählen
Heat Treatment of Steels

Aktuelle Entwicklungen in der Wärmebehandlung von Stählen

R Fechte-Hainen

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT, Hauptabteilung Werkstofftechnik, Badgasteiner Straße 3, 28359, Bremen, Deutschland

*e-mail: fechte@iwt-bremen.de

Abstract. Die Wärmebehandlung von Stählen hat eine lange Tradition und beeinflusst die Eigenschaften der betrachteten Bauteile und deren Randschichten sehr maßgeblich. Obwohl in diesem Themenfeld bereits seit über 70 Jahren dediziert geforscht wird und viele Erfolge erzielt werden konnten, bestehen gerade in der aktuellen Zeit wesentliche weiterführende Herausforderungen. In diesem Vortrag wird ein Überblick über aktuelle Herausforderungen, Lösungsansätze und entsprechende Ergebnisse der letzten Jahre gegeben. Ein erster Schwerpunkt beschäftigt sich dabei mit der Einführung unterschiedlicher kombinierter Verfahren. Hierdurch können neue Prozessführungen wie das so genannte "Quenching and Partitioning" oder Konzepte mit erhöhtem Bainit-Anteil auch in der Bauteil-Wärmebehandlung ermöglicht werden. Auch die beschleunigte Werkstoffentwicklung unter Einsatz der additiven Fertigung wird in diesem Zusammenhang beleuchtet. Als weiterer Schwerpunkt wird die in-situ Messung von Phasenumwandlungen betrachtet, die gerade für das Verständnis der Umwandlungskinetik neuer Werkstoffkonzepte einen wesentlichen Beitrag leisten kann. Hierbei werden neben röntgenographischen auch wirbelstrombasierte Materialanalysen betrachtet. Zur Erhöhung der zeitlichen bzw. räumlichen Auflösung werden zudem in-situ Synchrotronexperimente mit Messungen der tomographischen Atomsonde korreliert. Abschließend wird an Hand von Beispielen auf die Verzugsbeherrschung als wesentlicher Aspekt der Bauteil-Wärmebehandlung eingegangen.

Energieeffiziente Wärmebehandlung durch Kombination von Randschichtverfahren

S Hoja

Leibniz-Institut für Werkstofforientierte Technologien - IWT, Werkstofftechnik, Badgasteiner Straße 3, 28359, Bremen, Deutschland

*e-mail: shoja@iwt-bremen.de

Abstract. Maschinenelemente aus Stahl werden in der Regel einer Wärmebehandlung unterzogen, um den Beanspruchungen im Einsatz Stand zu halten. Häufig kommen hierfür Randschichtverfahren wie das Einsatzhärten, Nitrieren oder Induktionshärten zum Einsatz. Während bei den thermochemischen Diffusionsverfahren eine komplette Erwärmung des Bauteils erfolgt und insbesondere beim Nitrieren lange Haltedauern notwendig sind, um die erforderliche Härtetiefe zu erreichen, wird beim Induktionshärten nur die Werkstoffrandschicht innerhalb von Sekundenbruchteilen auf Austenitisierungstemperatur erwärmt und nach Haltedauern im Sekundenbereich abgeschreckt. Diese unterschiedliche Prozessführung spiegelt sich auch im Energiebedarf der einzelnen Verfahren wider. Im Vortrag wird am Beispiel des Nitrier- und Vergütungsstahls 31CrMoV9 aufgezeigt, wie durch eine geschickte Kombination der Wärmebehandlungsverfahren Nitrieren und Induktionshärten einerseits Prozessenergie gegenüber dem Langzeitnitrieren mit Behandlungsdauern von mehreren hundert Stunden eingespart und gleichzeitig verbesserte Randschichteigenschaften gegenüber dem alleinigen Induktionshärten erzielt werden können. Hierzu werden ausführlichen Gefügecharakterisierungen vorgestellt und die mechanischen Eigenschaften anhand von Härteprüfungen und Verschleißuntersuchungen bewertet.

Bainitisierung von Kaltarbeitsstählen

H-J Gittel

FGW e.V., IFW, Papenberger Straße 49, 42859, Remscheid, Deutschland

*e-mail: gittel@fgw.de

Abstract. Bainit oder Zwischenstufengefüge nimmt bei der Wärmebehandlung von Stählen üblicherweise eine Stellung zwischen martensitischem und perlitischem Gefüge ein. Durch eine Erzeugung von Unterem Bainit mit ultrafeinkörnigem Gefüge können aber auch Materialeigenschaften erzeugt werden, die martensitisch vergüteten Kaltarbeitsstählen deutlich überlegen sind. Problematisch dabei ist, dass die Austenitisierungstemperatur nur wenig über A_{cm} liegen darf und die Haltezeit gering sein soll, um bereits sehr feinkörnigen Austenit zu erzeugen. Bewährt hat sich dabei die Simulation mit der Simulationssoftware JMatPro. Der ultrafeinkörnige Untere Bainit ließ sich sowohl im Kammerofen mit Salzbad als auch im Durchlaufofen mit Metallwarmbad erzeugen. Bei einem 80CrV2 / 1.2235 wurde so bei Härten um 52 HRC eine Zugfestigkeit von ca. 1.800 MPa, eine Streckgrenze von ca. 1.600 MPa und eine Bruchdehnung A80 zwischen 4 und 5 % erreicht. Diese Bruchdehnung ist bei martensitischer Vergütung typisch für vergleichbares Material mit nur 44 bis 46 HRC. Anspruchsvoll ist die Identifizierung der extrem feinen Gefügebestandteile. Dazu wurden spezielle Verfahren entwickelt, mit denen zum Beispiel ein Verschmieren von Restaustenitkorngrenzen vermieden werden kann. Ebenfalls problematisch ist die Erzeugung ebener dünner Bleche. Sie neigen dazu, sich unter Wärmeeinfluss in Walzrichtung zu krümmen. Durch eine mechanische Nachbehandlung kann auch dieses Problem gelöst werden.

Wasserstoffspeicherung
Hydrogen Storage

Flexibler und kostengünstiger Prüfaufbau zur Charakterisierung von Metallhydridspeichern

P Hübner

Technische Universität Chemnitz, Professur Alternative Fahrzeugantriebe, Reichenhainer Straße 70, 09126, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: phillip.huebner@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Als Alternative zur herkömmlichen Wasserstoffspeicherung in Druckbehältern stellen Metallhydridspeicher eine effiziente und kostengünstige Möglichkeit zur Speicherung von Wasserstoff mit hoher volumetrischer Energiedichte dar. Für die konventionelle Nutzung dieser Technologie, beispielsweise im Transportsektor oder auch für die Energieversorgung in Kombination mit Brennstoffzellen, müssen Legierungen entwickelt werden, welche eine hinreichend gute Kinetik bei der Wasserstoffaufnahme und -Abgabe aufweisen. Im Rahmen der „REACT with H₂“ Nachwuchsforschergruppe werden dafür gezielt Legierungen auf Magnesiumbasis untersucht. Die Basis der Forschung bildet dabei ein kostengünstiger und flexibler Prüfaufbau zur Charakterisierung des Beladungsverhalten verschiedener Magnesiumlegierungen. Der Beitrag gibt einen Einblick in die Vorauslegung und Dimensionierung des Prüfaufbaus, die konstruktive Umsetzung sowie die Implementierung in die bereits vorhandene Forschungsinfrastruktur der Professur Alternative Fahrzeugantriebe der TU Chemnitz. Außerdem werden die Ergebnisse des Beladungsverhaltens zu den Ausgangsmaterialien (AZ31 und AZ91) dargestellt. Dabei werden unterschiedliche Druck- und Temperaturbereiche abgedeckt, welche einen direkten Einfluss auf die Kinetik der Wasserstoffaufnahme und -Abgabe abbilden.

Werkstoffcharakterisierung

Material Characterisation

Study of indium doped magnetic shape-memory alloy Ni₂MnGa

P Cejpek

Technische Universität Bergakademie Freiberg, Institut für Werkstoffwissenschaft, Gustav-Zeuner-Straße 5, 09599, Freiberg

*e-mail: petr.cejpek@centrum.cz

Abstract. The alloys related to Ni-Mn-Ga system exhibit effects connected to the magnetic shape-memory and martensitic transformation and therefore attract attention of researchers for their application potential, as their properties are strongly dependent on composition, doping and also on external conditions as a magnetic field or pressure. For the investigation with resistivity, magnetization and X-ray diffraction, own series of single crystals of Ni₂MnGa_(1-x)In_x were prepared. The martensitic transformation temperature, pre-martensitic transformation temperature and Curie temperature show the systematic decrease with indium content. The martensitic transformation should vanish at indium concentration of $x \approx 0.10$. Indium increases unit cell volume and increases the volume change during the martensitic transformation. Indium also influences modulation parameters - the increasing indium content increases the length of the modulation vector in the pre-martensitic phase and decreases its length in the martensite. It also decreases the pre-martensitic modulation amplitude. X-ray diffraction in-situ in tension was measured on the off-stoichiometric Ni₅₀Mn₂₈Ga₂₂ with the martensitic phase at room temperature. When c axis (the shortest) lies along the direction of the tension, the elongation of the sample is done primarily by the induced reorientation (creation of the new domains suitably oriented to the tension by twinning and increasing of their volume). When a or b axes lie along the direction of tension, the overall elongation happens primarily due to the change of the lattice parameters. This sample orientation also allows the tension to rapidly decrease the modulation amplitude with the applied tension.

Formation of Complex Macrostructures and Property Gradients by Extrusion of Strongly Textured Continuously-Cast Commercially Pure Aluminum

N Berndt

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: nadja.berndt@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. During extrusion the material is subjected to a heterogeneous deformation that results in the formation of gradients of microstructure and mechanical properties in the extrudate. In addition to extrusion parameters such as temperature, extrusion ratio and extrusion speed, the initial material condition also plays a significant role. On the basis of continuously-cast aluminum, we show how a cast structure with coarse columnar grains affects the formation of the above-mentioned gradients. Cast and lathed ingots of technically pure aluminum (99.8%) were extruded at room temperature with an extrusion ratio of 20 in a conventional extrusion plant. The characterization of the initial material as well as the extruded round bars was carried out by optical and electron microscopy, X-ray diffraction as well as by means of (micro-)hardness measurements and miniature tensile tests. In the initial condition, the columnar grains are inclined at an angle of approx. 20 to 22° to the casting direction. Extrusion along or opposite to the casting direction results in the formation of different macrostructures, each with four characteristic annular sections. These sections differ in terms of grain size, shape and orientation (texture) and they correlate with the local hardness and strength characteristics. The macroscopic anisotropy of the cast material resulting from the grain size, crystal orientation and growth direction of the columnar grains and the process-related locally different normal and shear strains thus lead to the formation of complex macrostructures which are not observed in the extrusion of a (quasi-)isotropic material.

Effects on microstructure and mechanical properties of the addition of Co, Cr, Fe and (Zr/Y) to the eutectoid system Ti-6.5Cu

E Staufer

Technische Universität Wien, Getreidemarkt 9/164-CT, 1060, Wien, Österreich

* e-mail: ella.staufer@tuwien.ac.at

Abstract. Wire-based additive manufacturing has increased in popularity for the fabrication of large titanium components, regardless of the fact that only a few wire materials (pure titanium and Ti-6Al-4V) with columnar grain growth and anisotropic mechanical properties are available. Therefore, the primary objective was to develop titanium alloy wires with isotropic properties and high specific strength. As the addition of a eutectoid-forming alloying element like Cu or Ni, as well as Y can suppress the formation of columnar grains, Ti-6.5Cu based alloys with Co, Cr, Fe and (Zr/Y) additions in concentrations between 0.5 wt.% and 3 wt.% were evaluated by CALPHAD methods and experimentally prepared by inductive melting. Additionally, larger samples were produced by hot extrusion to investigate the mechanical properties by tensile tests and served as preliminary work for subsequent wire production. The samples were characterised by optical microscopy, scanning electron microscopy, X-ray diffraction, microhardness and DTA measurements. The addition of all elements leads at first to a coarsening of the microstructures, but above 2 wt.% a refinement of the martensitic phase and a change of the columnar grains towards equiaxed grains is observed. From approx. 1 wt.% of added element, an increase in the mechanical properties was observed.

Early-stage oxidation of Co-Cr-Fe-Mn-Ni-Si complex concentrated alloys investigated by electron microscopy and X-ray diffraction

J Apell

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: jonathan.apell@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Complex concentrated alloys (CCAs) based on Co-Cr-Fe-Mn-Ni-Si are promising candidate materials for future high-temperature applications. However, the effect of alloy composition on oxidation behavior, particularly the Co and Fe content, remains to be clarified. Using model alloys in the system $\text{Co}_x\text{Cr}_{19}\text{Fe}_{52-x}\text{Ni}_{26}\text{Mn}_2\text{Si}_1$ ($x = 0, 7, 13, 26$; values in at.%), the early oxidation stages at 800 °C were investigated in detail and compared to stainless steel 316L. Characterization of oxide morphology, phases, and composition using methods of electron microscopy and X-ray diffraction was combined with thermodynamic equilibrium calculations. After oxidation at 800 °C in air, an inhomogeneous oxide morphology including oxide island formation is observed. An increased Co content decreases oxidation resistance through increased oxide island formation. Quantitative phase analysis of X-ray diffraction data indicates a higher spinel-type oxide phase fraction for increased Co contents. Detailed electron microscopy investigation reveals a complex, crater-like morphology of oxide islands that include multiple oxide phases. The negative impact of Co is consistent with thermodynamic calculations indicating a decreased Cr activity in the alloy for increased Co and decreased Fe content. Decreasing the Co content is identified as an effective route to increase CCA oxidation resistance in the early stages while reducing alloy cost.

Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde
Composite Materials

Titanium MMCs With Enhanced Specific Young's Modulus Via Powder Hot Extrusion

C Edtmaier

Technische Universität Wien, Getreidemarkt 9, 1060, Wien, Österreich

*e-mail: christian.edtmaier@tuwien.ac.at

Abstract. For the fabrication of large titanium components, wire-base additive manufacturing has become increasingly popular, although only a few wire materials (pure titanium and Ti-6Al-4V), which are prone to columnar grain growth and anisotropic mechanical properties, are accessible. To avoid anisotropy and increase the specific mechanical properties, there are two potential solutions: adding (1) eutectoid forming elements like copper, and (2) particles with high intrinsic Young's modulus, both of which can prevent columnar grain growth and increase the composite's Young's modulus. Therefore, we investigated the effects of adding ceramic particles like SiC, B₄C, TiB₂ and others to titanium. Since the reactivity between ceramics and titanium is known, the method of choice is powder hot extrusion, by which a reaction may be effectively suppressed. The resulting composites were investigated by optical microscopy, X-ray diffraction, microhardness, elastic modulus measurements and density. As the particles react with the matrix depending on temperature and time, subsequent heat treatments were performed to assess the effects during AM. It, however, could be demonstrated that reactive systems of ceramic particles and titanium can be produced by powder hot extrusion.

Characterization of microstructural and mechanical properties of particle-reinforced Al2017 aluminum alloy produced by high-energy ball milling and spark plasma sintering

S Bihon

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: shimelis.bihon@s2019.tu-chemnitz.de

Abstract. AA2017 aluminum alloy powder and SiC particles at volume fractions of 5 and 15 vol.% were milled using a high energy ball milling (HEBM) to produce Al 2017-SiCp powder composites. Then, the milled composite powders were consolidated by spark plasma sintering (SPS) technique using a sintering temperature of 550 °C, a heating rate of 150 °C/min, a sintering pressure of 50 MPa, and a holding time of 5 min. The microstructures of the ball-milled powders and the sintered samples were examined using optical microscopy (OM) and Scanning electron microscopy (SEM). Elemental analyses were performed with energy-dispersive X-ray (EDX) mapping analysis and energy-dispersive spectroscopy (EDS). XRD analysis was performed to determine the phase composition, crystallite size, and lattice strain of the composites. The average crystallite size and lattice strain of the AA2017-SiCp composites were reduced from 300 nm to 64 nm and increased from 0.1 to 0.5 %, respectively after 5 h of milling time. Mechanical properties were characterized by microhardness and compressive strength tests. The micro-hardness of the composites powder and sintered specimens were increased with increasing volume fraction of the SiC particles. The compressive yield strength of the AA2017-SiCp metal matrix composites (459 MPa) was higher than that of the unreinforced matrix material (272 MPa).

Erhöhung der mechanischen Eigenschaften von Aluminiumschäumen durch Titanborid-Partikel über die pulvermetallurgische Route

G Lange

TU Ilmenau, Metallische Werkstoffe und Verbundwerkstoffe, Gustav-Kirchhoff-Straße 6, 98693, Ilmenau, Deutschland

*e-mail: guenther.lange@tu-ilmenau.de

Abstract. In der heutigen Zeit steht die Gesellschaft vor der Herausforderung den weltweit steigenden Ressourcen- und Energiebedarf zu decken. Aus diesen Gründen rückt auch das Thema Leichtbau zunehmend in den Fokus von Forschung und Entwicklung. Eine innovative Alternative zu den aktuellen Materialien sind hierbei metallische Schäume, insbesondere Aluminiumschäume. Hierbei sind die gute Steifigkeit und Festigkeit bei sehr geringem Gewicht als auch die Eigenschaft mechanische Energie zu absorbieren ausschlaggebend. Aluminiumschäume weisen aber gegenüber Monomaterialien u.a. geringere mechanische Eigenschaften auf. Erstmals zeigen die mechanischen Eigenschaften nicht nur eine Abhängigkeit des verwendeten Materials, sondern auch von der geometrischen Struktur der Schaumbauteile. Zur Erhöhung der mechanischen Eigenschaften werden Titanborid (Ti₂B) -Partikel in unterschiedlichen Konzentrationen in einen Aluminiumschaum aus AlMg₄Si₈ eingebracht (AMFC -Aluminium-Matrix-Foam-Composite). Titanborid als Verstärkungspartikel einzusetzen ist bei Monomaterialien bekannt, nur bei metallischen Schäumen, insbesondere bei Aluminiumschäumen, wurde dies bisher nicht untersucht. Die verwendeten Aluminiumschäume wurden über die pulvermetallurgische Route hergestellt. Als Treibmittel wurde Titanhydrid genutzt. Um die Auswirkung der Titanborid-Verstärkungspartikel zu analysieren wurden u.a. Druckversuche zur Ermittlung der mechanischen Eigenschaften und metallogafische Analysen der hergestellten Schaumproben durchgeführt. Hierbei wurde eine Erhöhung der mechanischen Eigenschaften nachgewiesen.

3D galvanofomed continuous carbon fiber reinforced MMC components using fiber preforms fabricated by tailored fiber placement

T Bauernfeind

Technische Universität Wien, Getreidemarkt 9/164/BB01, 1060, Wien, Österreich

* e-mail: tobias.bauernfeind@tuwien.ac.at

Abstract. Continuous carbon fiber reinforced metal matrix composites (MMC) can be produced by electrodeposition of Nickel on fiber preforms in a Nickelsulfamate electrolyte. This manufacturing process aims to combine the advantages of “tailored fiber placement” (TFP) with galvanofoming to create continuous fiber reinforced MMCs. By using suitable shaped fiber preforms and 3D-printed specimen retainers, the design freedom for MMC components can be extended into the 3rd dimension. This allows for a near net shape production of components, which results in a more efficient utilization of carbon fibers. The parameters for the electrochemical deposition have been investigated and optimized for high fiber volume content and minimum porosity. Material properties of the carbon fiber reinforced MMCs were investigated by impulse excitation and uniaxial tensile tests and compared to pure Nickel and commercial materials. Breadboard samples of structural elements were manufactured and installed test wise. Transpiration cooling sheets were built and tested in a liquid rocket engine exhaust jet.

Identifikation lokaler Ermüdungsschädigung in bastfaserverstärkten Kunststoffen

R Helwing

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Werkstoffprüftechnik, Baroper Straße 303, 44227, Dortmund, Deutschland

*e-mail: ramon.helwing@tu-dortmund.de

Abstract. Neue Anforderungen an Ressourcenschonung und Nachhaltigkeit tragen zu einem umfassenden Einsatz von Naturfasern zur Kunststoffverstärkung bei. Gegenüber synthetischen Glas- und Kohlefasern weisen Bastfasern eine signifikante Streuung der Materialeigenschaften auf, die auf unterschiedliche Anbaubedingungen zurückzuführen ist. Hierdurch kommt es zu einer lokalen Varianz des Fasermaterials, die sich auf die Materialeigenschaften wie Ermüdungsfestigkeit und Schädigungsevolution bei zyklischer Belastung rückwirkt. In Mehrstufenversuchen wird eine Schädigung gezielt in das Material eingebracht. Durch das Monitoring des Schädigungszustands mithilfe von Dehnungsmessung und akustischer Emission wird der Schädigungszustand global charakterisiert. Eine zusätzliche Betrachtung der lokalen Werkstoffreaktion durch die mechanische Energiedissipation ermöglicht die Erfassung der Materialvarianz innerhalb der Probe. Mithilfe von Thermographie werden Bereiche mit intensiver Schädigung detektiert und mit Bereichen geringer Werkstoffreaktion verglichen. Hierbei wird auf detaillierte Untersuchungen mithilfe Computertomographie, Licht- und Rasterelektronenmikroskopie zurückgegriffen und so die Varianz der lokalen Schädigung herausgestellt. Die signifikanten Unterschiede in der Schädigung weisen auf die Relevanz der lokalen Eigenschaften des Materials hinsichtlich der Schädigungsentwicklung und der Ermüdungsfestigkeit hin.

Influence of different surface metallizations on the lap shear strength of laser hybrid metal-plastic joints

C Timmer

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Werkstofftechnologie, Leonhard-Euler-Straße 2, 44227, Dortmund, Deutschland

*e-mail: Christian.Timmer@tu-dortmund.de

Abstract. Laser assisted metal and plastic (LAMP) joining is an effective and rapid technique to manufacture hybrid metal and plastic structures. These hybrid structures are gaining importance due to the combination of the mechanical properties of the metal and the lightweight, electrical and chemical properties of the plastics. In order to identify the influence of different surface conditions in dependence of the structure of different metals on to the adhesion of laser joined plastic metal hybrids, Aluminum and Titanium layers were deposited onto the surface of AISI 304 stainless steel substrates. To minimize the influence of the different heat conduction only few micrometers of these coatings were applied. As plastics polypropylene and polyamide 6.6 were utilized, due to their different chemical structure and polar groups. Direct and indirect joining methods were applied. The results indicate that in most cases the chemical composition of the metal is less important. Moreover, the thermal properties and optimized joining parameters are the key factor for sound joining of laser joined metal and plastic hybrids.

Monitoring of fatigue crack evolution in notched thermoplastic-based hybrid laminates

S Mrzljak

Technische Universität Dortmund, Lehrstuhl für Werkstoffprüftechnik (WPT), Baroper Straße 303, 44227, Dortmund, Deutschland

*e-mail: selim.mrzljak@tu-dortmund.de

Abstract. Thermoset-based hybrid laminates have demonstrated superior fatigue properties compared to monolithic materials, but lack the formability and recyclability of thermoplastic-based laminates, making the latter particularly attractive for mass production. Since factors such as material selection, polymer-metal interface, and residual stress state affect fatigue behavior, fatigue life studies need to be accompanied by an in-depth analysis of the laminate's performance degradation causes to assess the structural health condition. This results in the need of identifying and understanding the fatigue crack evolution processes. This study focuses on investigating the fatigue crack evolution in hot-pressed thermoplastic-based hybrid laminates consisting of 2/1-layer (metal/FRP) and 3/2-layer configurations, containing aluminum alloy AA6082-T4, glass, and carbon fiber-reinforced polyamide 6. Constant amplitude tests are applied on notched specimens to gather information about fatigue crack evolution behavior in the low and high-cycle fatigue regimes. Digital image correlation, electrical resistance measurement, and thermography are applied in addition to hysteresis measurement methods to identify and monitor crack initiation and development. The results show that with the used measuring technologies it is possible to qualitatively and quantitatively monitor fatigue-induced crack evolution, indicating their applicability e.g. structural health monitoring.

Poster

Posters

Kaltplasmaspritzen in Kombination mit einem Solution Precursor Plasma Spraying-Prozess zur Herstellung von antimikrobiell wirksamen Hydroxylapatit-Schichten

J Xu

INNOVENT e.V. Technologieentwicklung, Oberflächentechnik, Prüssingstraße 27B, 07745, Jena, Deutschland

*e-mail: jx@innovent-jena.de

Abstract. Aufgrund seiner hohen Bioaktivität und seiner Ähnlichkeit mit der menschlichen Knochenzusammensetzung wird Hydroxylapatit seit langem als Oberflächenmaterial für Implantate verwendet. Allerdings wirkt Hydroxylapatit (HAp) nicht antimikrobiell. Dies kann die Ursache für postoperative Infektionen sein. Im schlimmsten Fall kann es zu aseptischen Lockerungen kommen, die zur Entfernung des Implantats führen können. Um die Oberflächen des Implantats zu beschichten, hat sich das atmosphärische Plasmaspritzen (APS) als übliches Verfahren bewährt. Dabei wird HAp-Pulver als Spritzwerkstoff in ein Plasma zu dosiert, dort aufgeschmolzen und danach auf das zu beschichtende Substrat beschleunigt. Ein weiterer Prozess, das Solution Precursor Plasma Spraying (SPPS) kann mit dem APS-Prozess kombiniert werden, um antimikrobielle Substanzen in die Schicht einzubringen. In dieser Arbeit wurde ZnO als antimikrobielle Substanz verwendet. Zwei Abscheidungsverfahren wurden entwickelt: i) während des Spritzens von HAp wird ZnO gleichzeitig abgeschieden; ii) ZnO wird erst im Nachgang auf die HAp-Oberfläche abgeschieden. Mit diesen beiden Ansätzen konnten erfolgreiche ZnO-angereicherte HAp-Schichten hergestellt werden. Die Proben werden mittels Rasterelektronenmikroskop (SEM) charakterisiert, um die Morphologie und die Mikrostruktur der Schicht zu untersuchen. Röntgendiffraktometrie (XRD) wurde zur Phasenanalyse der HAp-Schichten sowie der HAp/ZnO-Schichten angewendet. Um den Bindungszustand und die chemische Zusammensetzung der Schichten zu untersuchen, wurde die Röntgenphotoelektronenspektroskopie (XPS) verwendet. Des Weiteren wurde ZnO mittels SPPS direkt auf Si-Wafer abgeschieden, um die Morphologie der ZnO-Partikel durch Rasterkraftmikroskop (AFM) zu untersuchen. Außerdem werden die antimikrobiellen und zytotoxischen Eigenschaften der HAp/ZnO-Schichten ausgewertet. Die Schichten weisen antimikrobielle Eigenschaften auf bei gleichzeitig hervorragender Zytotoxizität.

Thermisches Spritzen von aluminiumhaltigen Verschleißschutzschichten auf Glasformen zur umweltfreundlichen Herstellung von Behältergläsern

T Dörflinger

Neue Materialien Bayreuth GmbH, Metalle, Gottlieb-Keim-Straße 60, 95448, Bayreuth, Deutschland

*e-mail: thomas.doerflinger@nmbgmbh.de

Abstract. Verschleißschutzschichten kommen in vielen Anwendungen zum Einsatz, um die Standzeit von Bauteilen zu erhöhen. Insbesondere für Bauteile, die in aggressiven Medien eingesetzt werden, ist es sinnvoll, einen kostengünstigen Grundwerkstoff durch eine geeignete Beschichtung Abrasion- und korrosionsbeständiger zu gestalten. Besonders bei Kontakt mit einer Glasschmelze oder anderen aggressiven und/oder heißen Medien spielen Schichtsysteme eine wichtige Rolle. In diesem Vortrag wird die Neuentwicklung von thermisch gespritzten Verschleißschutzschichten auf Basis von neuen Umweltschonenden Werkstoffen vorgestellt welche die Lebensdauer von Glasgussformen deutlich erhöhen und dabei durch eine höhere Umweltfreundlichkeit, gegenüber dem Stand der Technik, überzeugen. Die gezielt, in-situ gebildeten intermetallischen Phasen in diesen aufgetragenen Schichten wirken sich positiv auf die Verschleißbeständigkeit der Schicht gegenüber der Glasschmelze aus. Die Zusammensetzung der Schicht in Abhängigkeit der eingesetzten Drähte und die gebildeten Phasen sowie deren Verteilung werden erläutert. Zudem werden die Eigenschaften der Beschichtung wie Schichthaftung, Härte und Verschleißbeständigkeit vorgestellt.

Wear and Corrosion Behaviour of Cold Sprayed Cu-10Sn Coating

I Özdemir

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: ismail.oezdemir@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Gas-atomized Cu-10Sn powders as a potential substitute for sintered bronze layers usually employed in journal bearing shells produced by cold spray process on steel substrates (1010). The effective thickness, i.e. approx 250 μm , of bronze overlay required on the bearing shell was successfully and cost effectively deposited in a short time. A pin-on-disc test setup was used to explore the tribological behavior of cold sprayed bronze coating under dry sliding conditions, and the electrochemical corrosion behaviors of sprayed coating at room temperature were also evaluated by using the potentiodynamic scanning (PDS) technique in acidic (0.01 M Na_2SO_4) and alkali (3.5% NaCl) environments. The characterization of the sprayed bronze coating revealed no formation of oxidation or new phases during cold spraying and was well adhered to the substrate, implying good bonding. The wear results demonstrated that as the load and sliding distance increased the friction coefficient and wear rate of the sprayed coatings decreased. The PDS results showed that the corrosion resistance of the Cu-10Sn coating layer in an acidic environment is higher than that of an alkaline environment. Besides, the coated layer presented no passivation and pitting onset due to the heavy corrosion reaction in an alkaline solution.

Mechanical and tribological properties of composite coatings with Ni-P matrix and carbon phase particles

A Gajewska-Midzialek

Lukasiewicz Research Network-Warsaw Institute of Technology, The Centre of Galvanic Technique, Duchnicka 3, 01796, Warsaw, Poland

*e-mail: anna.gajewska@wit.lukasiewicz.gov.pl

Abstract. The paper presents the results of research on nanocomposite Ni-P coatings with embedded particles of different carbon phases produced by chemical reduction method and their influence on the mechanical and tribological properties of produced materials. Composite Ni-P/C coatings were deposited on a steel substrate. Carbon phases in the form of powder was used as a dispersion phase. The coatings were deposited from a bath at different concentrations of dispersion phase. The paper presents the characteristics of the used carbon phases. Results of morphology and surface topography (SEM) as well as the structure (XRD) of the produced coatings are presented. The mechanical properties of the produced coatings were tested by the Depth Sensing Indentation (DSI) method. The tribological tests were carried out using the ball on disc method. Adhesion of the produced coating to steel substrate was tested by scratch test method. The incorporation of carbon particles into the alloy nickel-phosphorus matrix changes the morphology and topography of the surface of the produced coatings and increases the hardness and affects the wear resistance of the coating material.

CrSiCN protective coatings used for industrial woodworking applications

L Constantin

National Institute of Research and Development for Optoelectronics - INOE 2000,
409 Atomiștilor, 077125, Magurele, Romania

*e-mail: lidia.constantin@inoe.ro

Abstract. The goal of the present study is to obtain CrSiCn coatings by cathodic arc evaporation using CrSi cathodes with 99.9% purity using different flow rates of high purity acetylene gas (C₂H₂; 30, 50 or 70 sccm) and different flow rates of high purity of nitrogen (N₂; 70, 50 or 30 sccm) into the deposition chamber. A deposition time of 40 min was selected and the final thickness was about 1 μm. The substrates were similar steels used in industrial woodworking applications, being polished up to a roughness of 50 nm. The main purpose was to enhance the mechanical and anticorrosive properties of the investigated specimens, to select the optimum parameters for the preparation of coatings with superior properties. The obtained results showed that by choosing certain deposition conditions the final properties can be tailored. In this case, the C/N ratio proved to be critical, since coatings with higher carbon content presented slightly enhanced corrosion resistance, being able to withstand similar real life operating conditions.

Enhancement of scratch tests of SiC_xN_y thin films using acoustic emission

J Tomastik

Palacky University Olomouc, 17. listopadu 1192/12, 77900, Olomouc, Czech Republic

*e-mail: tomastik@seznam.cz

Abstract. With the development of thin films, it was necessary to introduce several locally sensitive methods for testing mechanical properties and durability, as such parameters are important for the final use of film in practice. The long-term reliability of thin layers is primarily determined by the cohesive and adhesive forces in film-substrate system. The standard method for evaluating adhesive/cohesive properties is the locally sensitive method of scratch test. It is based on the interaction of the diamond tip with the surface of the measured sample, while the deformation and possible damage in the film-substrate system is monitored as the force increases. The standard evaluation is based on monitoring the immediate position of the tip and the subsequent microscopic observation of the residual scratch. However, these two basic methods can fail in the case of opaque films or in the case of critical failure emerging at the film-substrate interface. As part of our research, we enhanced the scratch test with the simultaneous detection of acoustic emissions, enabling the acquisition of extended information and more accurate detection of failures in the film-substrate system. The power of the upgraded scratch test method is demonstrated on a model system of SiC and SiCN thin films.

Experimentelle Untersuchung auxetischer Blechstrukturen mit zerstörungsfreien Prüfmethoden

T Heib

Universität des Saarlandes, Lehrstuhl für Leichtbausysteme, Campus E3.1, 66123, Saarbrücken, Deutschland

*e-mail: tobias.heib@uni-saarland.de

Abstract. Im Gegensatz zu den meisten Materialien zeichnen sich auxetische Materialien durch ihre negative Poissonzahl aus, die dafür sorgt, dass sich unter Zugbelastung das Material senkrecht dazu ausdehnt. Durch Anpassung der makroskopischen Struktur lässt sich dieses Verhalten nahezu jeder Probe aufprägen. Im Fokus steht die Charakterisierung auxetisch strukturierter Bleche aus Aluminium mit rechteckigen Perforationen. Lokale Zustandsänderungen, die im Zugversuch auftreten und bei höheren Dehnungen die Struktur schädigen, werden in-situ mit einem System aus digitaler Bildkorrelation und Thermographie überwacht. Lokale Dehnungsfelder und die thermischen Veränderungen geben Aufschluss über elastischer und plastischer Deformationsprozesse. Zudem werden stufenweise geschädigte Proben mit Hochfrequenz-Ultraschall und Mikro-Tomographie genauer untersucht, um lokal Veränderungen, etwa der Blechdicke oder Rissentstehung zu messen. Der Erkenntnisgewinn über die auftretenden Deformationsmechanismen dient dazu, den Einsatz auxetischer Materialien in Leichtbauanwendungen zu stärken.

Mechanische Eigenschaften und Deformationsverhalten von Hohlkugelstrukturen in der additiven Fertigung

W Förster

Berufsakademie Sachsen, Staatliche Studienakademie Glauchau, Kopernikusstraße 51, 08371, Glauchau, Deutschland

*e-mail: wolfgang.foerster@ba-sachsen.de

Abstract. Innenstrukturen additiv gefertigter Bauteile bieten nicht einfach nur Stabilität. Gerade unter der Konstruktionsphilosophie des Leichtbaus können diese auch zum gezielten Einstellen mechanischer Eigenschaften genutzt werden. Im Fokus der hier vorgestellten Studie steht eine Innenstruktur aus hexagonal dicht gepackten, geschlossenen Hohlkugeln. Dabei wird der Kontakt zwischen den Kugeln durch Überschneidung der Kugelwände gebildet. Zur Modellierung der Strukturen innerhalb von genormten zylindrischen Probekörpern wurde ein programmbasierter Konstruktionsansatz verwendet. So können Kugeldurchmesser, Kugelwanddicke und äußere Manteldicke variiert werden. Die Probekörper wurden mit dem Fused Filament Fabrication-Verfahren aus biologisch abbaubarem Kunststoff (PLA) additiv gefertigt. Das Deformationsverhalten wurde auch mit der Finite-Elemente-Methode (FEM) analysiert und die mechanischen Eigenschaften in Druckversuchen unter quasistatischen Bedingungen ermittelt. Wir zeigen, dass • die geeignete Modellierung des Kontakts zwischen den Kugeln die Stabilität der Struktur verbessert. • die Erhöhung der relativen Dichte das Kompressionsmodul der Struktur und deren Fließspannung (Quetschgrenze) erhöht. • die Verringerung der relativen Kugelwanddicke zu einer höheren Duktilität führt.

Microstructure and corrosion resistance of 316L stainless steel parts produced by FMDS technology

M Adach

Wroclaw University of Science and Technology. Stanisława Wyspiańskiego 27, 50-370, Wrocław, Poland

*e-mail: martyna.adach@pwr.edu.pl

Abstract. The FDMS (Fused Deposition Modeling Sintering) is a multi-stage technology for the production of metal structures from polymer-metal composite filaments. The process consists of 3D modelling and printing (shaping), debinding (removing the polymer matrix) and sintering (combining the metal powders). The test samples were printed using BASF Ultrafuse 316L composite filament. After post-processing they were characterized by a porosity of about 2 vol.% as determined by SEM image analysis. As part of this study, the two corrosion tests were carried out. The samples were exposed to salt spray, in accordance with the PN-EN ISO 9227:2017-06 standard. In addition, the corrosion potential was determined as part of electrochemical testing. Afterwards, all samples were subjected to macro and microscopic observations using light and scanning electron microscopies. The presented work is also comparative and the corrosion resistance of 316L prints was compared to the one of a reference, bulk 316L steel. It has been observed that the FDMS prints made of 316L steel are generally characterized by satisfactory corrosion resistance. However, due to their porosity, penetration of the corrosion agents into the sample structure is observed, which results in a lower corrosion resistance of the prints when compared to solid steel parts.

Influence of various surface conditions on the preconditioning of aluminium matrix composites for brake disc application

S J Hirsch

Technische Universität Chemnitz, Institut für Werkstoffwissenschaft und Werkstofftechnik,
Erfenschlager Straße 73, 09125, Chemnitz, Deutschland

*e-mail: sarah-johanna.hirsch@mb.tu-chemnitz.de

Abstract. Metallische Verbundwerkstoffe gewinnen aufgrund der Möglichkeiten, die mechanischen Eigenschaften durch Veränderung des Verstärkungsanteils gezielt beeinflussen zu können, zunehmend an Interesse. Durch die Kombination der metallischen Matrixphase mit Hartstoffpartikeln können höhere Härte- und Festigkeitskennwerte sowie eine höhere thermische Stabilität erreicht werden. Aufgrund dessen und der enormen Gewichtsersparnis bei gleichzeitig geringerer Emissionsbelastung der Umwelt haben Aluminiummatrix-Verbundwerkstoffe (AMC) mit hohem keramischem Verstärkungspartikelanteil das Potential zum nachhaltigen Alternativwerkstoff für Brems scheiben. Damit das Bremsverhalten des untersuchten Werkstoffs dem herkömmlicher Grauguss-Brems scheiben ähnelt, ist jedoch eine Vorkonditionierung der AMC-Oberfläche erforderlich. Der ansonsten unkontrolliert fortschreitende Verschleiß kann durch die Ausbildung einer schützenden, tribologisch vorkonditionierten Oberfläche (Tribofilm) verringert oder sogar vermieden werden. Eingestellt wird dieser Tribofilm durch den definierten Gleitverschleiß der AMC-Oberfläche gegen herkömmliches Bremsbelagmaterial. Bisher wurde noch nicht systematisch untersucht, ob und inwiefern die Vorkonditionierung beschleunigt und wie diese bewertet werden kann. Deshalb wurde die Reibpaarung anhand eines Stift-Scheibe-Tests abgebildet und analysiert. Dabei wurde, entsprechend der Anwendung im Bremssystem, Bremsbelagmaterial als feststehender Stift und ein AMC-Werkstoff (Matrix: AlSi7Mg-Gusslegierung, Verstärkung: 35 Vol.-% SiCp) als rotierender Gegenkörper gewählt. Es zeigte sich, dass sowohl durch Variieren der Prüfparameter als auch die, durch Drehbearbeitung eingestellte, Oberflächentopografie des AMCs Einfluss auf die Ausbildung des Tribofilms genommen werden kann. Mittels eines neuartigen Oberflächenkennwertes, bestimmt anhand der Materialanteilskurve, kann außerdem das Einlaufverhalten der untersuchten Oberflächen abgeschätzt werden.

Influence of the type of surface machining on the mechanical properties of borosilicate glasses

L Vaclavek

Palacký University Olomouc, Faculty of Science, 17. listopadu 1192/12, 779 00, Olomouc, Česko

*e-mail: lukas.vaclavek@upol.cz

Abstract. While optical properties are determining for the use of optical glass, practical use are also governed by the mechanical properties. The latter is influenced by the chosen machining and finishing method. Machining is standardly carried out by mechanical removal of surface material using bonded or free abrasives. This inevitably creates a surface-affected layer compared to the rest of glass volume. In this research, the mechanical properties of three types of borosilicate glasses used as the standard material or the production of optical mirrors (telescopes) were investigated from the perspective of dependence on the selected method of surface machining. The chosen methods were automated 7-axis CNC machine and conventional manual machining using free abrasives (hand grinding and polishing). Nano- and micro- mechanical properties were investigated using quasi-static nanoindentation and micro-indentation and dynamic impact testing. To increase the amount of information acquired from performed tests, the simultaneous detection of acoustic emissions was carried out. The results show different mechanical properties of the surface-affected layer of the studied glasses depending on the type of machining.

Mechanical and optical properties of DC ion assisted electron beam evaporation HfO₂ thin films with subsequent annealing

L Nozka

Palacky University, Faculty of Science, Scientific employee, 17. listopadu 12, 77207, Olomouc, Czech Republic

*e-mail: libor.nozka@upol.cz

Abstract. Hafnium oxide (HfO₂) is a promising candidate for optics and electronics due to its good mechanical properties, chemical and thermal stability. With the superior transmittance in a wide spectral range covering near ultraviolet to medium infrared it is a very attractive material for optical thin films used as anti-reflection, filters and bundle splitters. The production of HfO₂ films is standardly based on physical vapour deposition methods, with ion assisted electron gun evaporation (IAD or EBPVD) receiving attention due to the quality of the films produced with high deposition rate. In this research, the effect of ion assisted electron beam deposition and subsequent thermal annealing on the mechanical, structural and optical properties of HfO₂ thin film was investigated. The electron beam evaporation with and without direct current ion assisted deposition (DC IAD) was employed. Annealing of resulting films was done up to 600 °C in vacuum and air environment. Mechanical properties were evaluated using nanoindentation, while tribological properties of film-substrate system by nano/micro scratch test and structure via grazing incidence XRD. Optical properties were determined using spectroscopic ellipsometry. Results show that IAD leads to increase in hardness and scratch resistance followed by grow of refractive index.