



OTTO VON GUERICKE
UNIVERSITÄT
MAGDEBURG

MB

FAKULTÄT FÜR
MASCHINENBAU

Forschungsbericht 2023

Institut für Werkstoff- und Fügetechnik

INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK

INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND FÜGETECHNIK

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg

Tel. 49 (0)391 67-54541/-58613, Fax 49 (0)391 67-44569/-42037

iwf_office@ovgu.de; iwf@ovgu.de

<http://www.iwf.ovgu.de/>

1. LEITUNG

Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger (Geschäftsführende Institutsleiterin)

Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle

Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner

Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler

2. HOCHSCHULLEHRER/INNEN

Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle (Lehrstuhl Metallische Werkstoffe)

Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner (Lehrstuhl Fügetechnik)

Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger (Lehrstuhl Hochtemperaturwerkstoffe)

Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler (Lehrstuhl Nichtmetallische Werkstoffe)

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Kannengießer

apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook

Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode

Prof. Dr.-Ing. habil. Thomas Böllinghaus (Honorarprofessor)

3. FORSCHUNGSPROFIL

Traditionell besteht an der Otto-von-Guericke-Universität in Magdeburg und in ihrem Umfeld eine enge Verknüpfung zwischen der Werkstoffforschung und den verschiedensten technischen Anwendungsbereichen von Werkstoffen. Das Institut für Werkstoff- und Fügetechnik (IWF) als Einrichtung der Fakultät für Maschinenbau bildet den Kernbereich des Forschungs- und Ausbildungsschwerpunktes Werkstoffe und Fügetechnik an unserer Universität. Dabei liegt der Fokus auf folgenden Forschungs- und Entwicklungsschwerpunkten:

- Herstellung neuartiger metallischer Werkstoffe und Entwicklung neuartiger Verfahren zur Herstellung anorganisch-nichtmetallischer Multifunktionswerkstoffe
- pulvermetallurgische und additive Verfahren zur Herstellung metallischer und intermetallischer Struktur- und Funktionswerkstoffe
- Mikrostruktur, mechanische Eigenschaften und Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe
- Schweißtechnologien und Schweißbeignung insbesondere metallischer Werkstoffe
- Korrosion und Korrosionsschutz metallischer Werkstoffe
- Charakterisierung und zerstörungsfreie Prüfung von Werkstoffen und Fügeverbindungen.

Neben der Bearbeitung von grundlagen- und anwendungsorientierten Forschungsprojekten in unseren umfangreich ausgestatteten Laboren bringen wir unsere Erfahrungen auch als Dienstleister in Forschungs Kooperationen mit Industrie und Akademia ein.

4. SERVICEANGEBOT

Fügetechnik (Prof. Jüttner)

Verbindungsschweißen von hochfesten Stählen, Ni-Basislegierungen und Leichtmetallen mittels Lichtbogen und Laserstrahl
generatives Schweißen mittels Lichtbogen (WAAM) auch mit Robotertechnik
Widerstandsschweißen von hochfesten und hochlegierten Stahlblechen
Prüfung auf verzögerte Kaltrisse an höchstfesten Stahlwerkstoffen
mechanisches Fügen und Kleben
Prozesskette zum Formhärten mit definierter Ofenatmosphäre und Temperaturverlauf, schweißtechnische Verarbeitung formgehärteter Stähle
thermisches Trennen mittels Plasma- und Laserstrahlschneiden
Schadensfalluntersuchungen und Beratung für Schweißtechnologien und -anwendungen
Schweißtechnologie und -metallurgie
Lichtbogenschweißen von hochfesten und hochlegierten Stählen, Ni-Basiswerkstoffen sowie Leichtmetalllegierungen
thermomechanische Gefügesimulation mittels Gleeble 3500
Analyse der Heißrissneigung von Werkstoffen beim Schweißen mittels PVR- und Gleeble-Test
Bestimmung der Gas- und Elementgehalte (H, N, O, S, C) in Stählen und Nichteisenmetallen

Werkstofftechnik - Nichtmetallische Werkstoffe (Prof. Scheffler)

anorganisch-nichtmetallische zelluläre Werkstoffe für Energietechnik, Umweltkatalyse und Feuerfestanwendungen
Tauch- und Sprühbeschichtung auf metallischen und keramischen Substraten
Oxidationsschutz- und Funktionsschichten und Schichtsysteme mit Selbstheilungsfunktion
thermodynamische Modellierung von Hochtemperaturreaktionen
computertomographische Werkstoffcharakterisierung
neuartige Verbundwerkstoffe aus molekularen Vorstufen
Erzeugung und Charakterisierung magnetischer Funktionsschichten
röntgenographische Werkstoffcharakterisierung: Phasenanalyse, Strukturaufklärung, Spannungs- und Texturanalyse

Werkstofftechnik - Metallische Werkstoffe (Prof. Halle)

Gefüge-/Eigenschaftsbeziehungen metallischer Werkstoffe
numerische Simulation von Fertigungsprozessen z. B. Wärmebehandlungen, Zerspanung
Verarbeitung metallischer Werkstoffe insb. Karosseriewerkstoffe
Wärmebehandlung metallischer Werkstoffe, Prozesskettenanalyse
Werkstoffmodellierung, Modellbildung
Mikrostruktur- und Schadensanalyse
mechanisches Verhalten von metallischen Werkstoffen

Werkstofftechnik - Hochtemperaturwerkstoffe (Prof. Krüger)

pulvermetallurgische Synthese und mechanisches Legieren von Pulvern, Analyse von Pulvereigenschaften und Sintern in Schutzatmosphäre
Gefüge-Eigenschafts-Beziehungen von isotropen und anisotropen Hochtemperaturwerkstoffen
Phasenumwandlungen, Phasengleichgewichte und Strukturaufklärung neuartiger Phasen
Legierungsentwicklung für biokompatible Werkstoffe auf Refraktärmetallbasis
mechanische Werkstoffprüfung unter statischer und zyklischer Beanspruchung, auch bei erhöhter Temperatur und unter Schutzgasatmosphäre
Kriechverhalten von metallischen Hochtemperaturwerkstoffen/ Modellbildung
Oxidationsverhalten von metallischen und intermetallischen Werkstoffen, z. T. mit Beschichtung

Werkstofftechnik - Korrosion (PD Dr.-Ing. Heyn. / Prof. Halle)

Korrosionsverhalten von nichtrostenden Stählen und Legierungen, Implantatwerkstoffen, Leichtmetallwerkstoffen, verzinkten Stählen u. a. Überzugsmetallen

Anwendung und Weiterentwicklung elektrochemischer Prüf- und Untersuchungsmethoden (Polarisationsmethoden, elektrochemisches Rauschen, minimalinvasive Methoden mit Gel-Elektrolyten) Kurzzeit-Korrosionsprüfungen zum Parameter-Screening für die Entwicklung und Optimierung von Korrosionsschutzmaßnahmen (Vorbehandlungen, Beschichtungen und Überzüge, Inhibitoren etc.) Aufklärung komplexer Zusammenhänge bei der Korrosion durch statistische Versuchsplanung, Datenerhebung durch Versuche und Recherche sowie empirische Modellierung Aufklärung, Nachstellen und Beratung zu Korrosion-Schadensfällen

Werkstofftechnik - Mikrostrukturcharakterisierung (Dr. Betke / Dr. Wilke)

Stereologie und Topometrie
komplexe Schadensfallanalyse technischer Bauteile
Mikrofraktographie
Rasterelektronenmikroskopie (REM) mit energie- und wellenlängendispersiver Röntgenspektroskopie (EDX/WDX) und Rückstreuelektronenbeugung (EBSD)
In-situ Prüftechnik
Oberflächeneigenschaften mittels Rastersondenmikroskopie
qualitative und quantitative Phasenanalyse mittels Röntgendiffraktometrie (XRD)
Strukturaufklärung unbekannter Phasen durch Röntgenbeugung
röntgenographische Eigenspannungs- und Texturanalyse
Non-ambient XRD-Untersuchungen dynamischer Prozesse, Phasenumwandlungen, u. a. bis 1400 °C in inerter und reaktiver Atmosphäre
Konfokal-Raman-Mikroskopie

Werkstofftechnik - Zerstörungsfreie Werkstoffprüfung (Prof. Mook)

Wirbelstrom-Wanddickenbestimmung von Aluminium
Anomalien in Zylinderlaufflächenbeschichtungen
Randschichtprüfung von Aluminiumwerkstoffen
Anomalien in Triebwerksscheiben aus Titan- und Nickellegierungen
adaptive Werkstoffsysteme
Wirbelstromprüfung von CFK
Wirbelstromprüfsysteme und -verfahren

5. METHODIK

Die Labore und Einrichtungen des IWF finden Sie unter:
<http://www.iwf.ovgu.de/Kompetenzen.html>

6. KOOPERATIONEN

- Audi AG, Ingolstadt
- BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
- Bilfinger Piping Technologies GmbH, Essen
- Brown University, Materials Science and Engineering, USA
- Castolin GmbH, Krißfel
- citim Oerlikon
- Clemson University, USA, Prof. Raj Bordia
- Dr. Kochanek Entwicklungsgesellschaft, Neustadt a.d. Weinstraße
- Elektro-Thermit GmbH & Co KG, Halle/Saale
- EUROFLAMM GmbH Weißenborn, Weißenborn
- FDBR e.V. Fachverband Anlagenbau, Düsseldorf
- fem - Forschungsinstitut Edelmetalle & Metallchemie, Schwäbisch Gmünd
- FKUR Kunststoff GmbH, Willich

- Forschungsbereich Experimentelle Orthopädie der Orthopädischen Universitätsklinik in Magdeburg
- Forschungsgemeinschaft Werkzeuge und Werkstoffe e.V. (FGW) Remscheid
- Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, GER
- Fraunhofer-Institut für Lasertechnik, Aachen
- Fritz Stepper GmbH & Co.KG , Pforzheim
- Ganzlin Beschichtungspulver GmbH
- Gesellschaft für Schweißtechnik International mbH, Niederlassung SLV Duisburg (SLV)
- GTV mbH, Luckenbach
- H + E Produktentwicklung GmbH
- Helmholtz-Zentrum Geesthacht (HZG)
- Höfer Metall Technik GmbH & Co. KG, Hettstedt
- iLF - Institut für Lacke und Farben Magdeburg
- Innovent e.V., Industrieforschungseinrichtung, Jena
- Institut für Fertigungstechnik und Qualitätssicherung (IFQ) der Universität Magdeburg; Lehrstuhl für Zerspan- und Abtragtechnik
- Institut für Korrosions- und Schadensanalyse, Magdeburg
- Institut für Werkzeugforschung, und Werkstoffe (IFW)
- IWB Werkstofftechnologie GmbH
- Karlsruher Institut für Technologie, Institut für Angewandte Materialien
- LIN - Leibniz Institut für Neurobiologie Magdeburg
- Max-Planck-Institut für Eisenforschung GmbH (Düsseldorf)
- Max-Planck-Institut für Sonnensystemforschung
- Methodisch-Diagnostisches Zentrum Werkstoffprüfung e.V.
- Nadler Hartmetalle GmbH Odelzhausen
- NANOVAL GmbH & Co. KG, Berlin
- National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“
- Nimak Schweißtechnik, Wissen
- Porsche Leipzig GmbH, Leipzig
- rapid product manufacturing GmbH, Helmstedt
- Siemens AG, Berlin
- SM Calvörde Sondermaschinenbau GmbH & Co. KG
- Solvis GmbH & Co. KG, Braunschweig
- STEAG GmbH, Essen
- STM Schweißtechnik Magdeburg GmbH
- TPW Prüfzentrum GmbH
- TU Bergakademie Freiberg, Prof. Dr. Christos Aneziris
- TÜV SÜD Industrie Service GmbH, Mannheim
- Universität Bayreuth
- Universität Leipzig, Fakultät für Chemie und Mineralogie, Dr. Dirk Enke
- Universität Leipzig, Fakultät für Mathematik und Informatik, LPZ E-BUSINESS
- Vallourec DEUTSCHLAND GmbH, Düsseldorf
- VDM Metals GmbH, Altena
- Viessmann AG
- Volkswagen AG, Wolfsburg
- Vorrichtungsbau Giggel GmbH, Bösdorf
- Westfalen Gas AG, Münster

7. FORSCHUNGSPROJEKTE

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle
Projektbearbeitung: M.Sc. Norman Kauss
Förderer: BMWi/AIF - 01.08.2021 - 01.01.2024

LaserKarbide - Entwicklung von neuartigen, pulvermetallurgisch hergestellten Verschleißschutzschichten auf Eisenbasis mit Härtewerten von 450 HV bis 900 HV und einer Hitzebeständigkeit bis 1200°C

Herkömmliche Verschleißschutzschichten werden üblicherweise auf der Basis von gehärteten, hochlegierten Stählen, mit den Legierungselementen Kohlenstoff, Wolfram und/oder Chrom hergestellt. Aufgrund der Basiselemente sind diese Schichten sehr teuer und lediglich bis circa 500 °C hitzebeständig. In diesem Projekt wird eine neuartige Legierung für eine Verschleißschutzschicht sowie der entsprechende Auftragsprozess entwickelt. Da die entwickelte Legierung eine Eisenbasis aufweist sind die Komponenten und damit auch das Produkt 30 % - 50 % günstiger als herkömmliche Materialien, bei einem Preis von 12,5 - 17,5 EUR/kg. Darüber hinaus wird eine deutlich höhere Hitzebeständigkeit bis zu 1200 °C angestrebt. Gleichzeitig bleibt die Härte, die zwischen 450 HV und 900 HV einstellbar ist, mit herkömmlichen Verschleißschutzschichten vergleichbar. Sämtlichen Dienstleistern im Bereich des Verschleißschutzes, worunter deutschlandweit über 450 Unternehmen zählen, bietet dieses Produkt die Möglichkeit ihr Portfolio zu erweitern. Diese Dienstleistungen nehmen unter anderem Unternehmen in der Abfallwirtschaft und in der Landwirtschaft wahr.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle
Projektbearbeitung: M.Sc. Sebastian Hütter
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.01.2020 - 31.12.2023

Thermomechanisches Ringwalzen mit prädiktiver Eigenschaftsregelung

Bedingt durch die Vielzahl der interagierenden materialphysikalischen Effekte ist es nicht bisher üblich, alle gewünschten Eigenschaften in einem Bearbeitungsschritt herzustellen. Es ist daher immer ein mehrstufiger Prozess aus Vorbehandlung, Walzen und anschließender Wärmebehandlung der Funktionsflächen notwendig. Aus energetischer Sicht wäre es wünschenswert, möglichst viele Eigenschaften bereits bei der Fertigung so Endzustandsnah wie möglich einzustellen, um so im Idealfall auf die Wärmebehandlung verzichten zu können. Maschinenseitig stehen dabei nur wenige Stellgrößen zur Verfügung, die jedoch eine interagierende und nichtlineare Auswirkung haben. Eine konventionelle Regelung ist daher nur schwer bis unmöglich umzusetzen. Eine prädiktive Prozessregelung kann hier bereits im Regelkreis die gewünschten Endeneigenschaften auf Basis eines halbanalytischen Modells vorhersagen und damit konkrete Regelvorgaben liefern.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, eine solche Regelung für die Integration in einen Realprozess zu entwerfen sowie die nötigen Modelle zu parametrieren. Dabei sollen mehrere Komponenten ineinander greifen: eine prädiktive Modellierung des Prozesses erlaubt es, optimale Steuervorgaben zu geben, während ein In-Process-Sensor auf Basis des Wirbelstromverfahrens Realdaten als Korrektur liefert.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Thorsten Halle
Projektbearbeitung: Dr.-Ing. Sebastian Dieck, M.Sc. Karsten Harnisch
Kooperationen: Nadler Hartmetalle GmbH Odelzhausen
Förderer: BMWi/AIF - 01.12.2021 - 30.11.2023

HardKarbide: Entwicklung einer hartphasenverstärkten Eisen-Basis-Legierung (1300HV30) mit Hartphasenanteil von über 50 % und martensitischer Matrix und Entwicklung der Herstellungsverfahren für ein agrartechnologisches Werkzeug

Ziel des Projekts ist die Entwicklung eines alternativen hartphasenverstärkten, pulvermetallurgisch hergestellten Werkzeugs durch die Entwicklung einer Eisen-Basis-Legierung mit Hartphasenanteil von über 50%, welcher sich aus einer schmelzflüssigen Phase bildet und in ein martensitisches Gefüge eingebettet ist. Dies wird realisiert

durch die Entwicklung von mindestens drei Legierungstypen und durch thermodynamische Berechnungen die Bildung des Hartstoffpartikelanteils in der Schmelze simuliert. Es werden schmelzmetallurgische 25 g Proben (Schmelze) hergestellt, um das Potenzial für eine weitere technische Anwendung zu untersuchen. Das Pulver aus den neuartigen Legierungen wird auf einheitliche Partikelgröße fraktioniert und zu Grünling-Probekörper gepresst. Die Proben werden einem Bearbeitungsprozess (z.B. Zerspanen) unterzogen und in einem neu entwickelten Sinter- und Wärmebehandlungsverfahren nachbearbeitet. Gegenüber dem Stand der Technik werden die Härte der Legierung gesteigert, und gleichzeitig die Kosten gesenkt. Der angestrebte Markt für diese Entwicklung adressiert Werkzeuge und Produkte im agrartechnologischen Bereich mit ca. 1.000 potenziellen Abnehmerunternehmen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, Dr. Georg Hasemann
Projektbearbeitung: M.Sc. Zahra Sabeti
Kooperationen: Helmholtz-Zentrum Hereon, Geesthacht; Deutsches Elektronen-Synchrotron (DESY) Hamburg
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.12.2023 - 30.11.2026

FlexiDS 2.0: Gerichtetes Wachstumsverhalten von neuartigen eutektischen V-Si-B-Legierungen - Charakterisierung und Eigenschaften für Hochtemperaturanwendungen

V-Si-B-Legierungen stehen seit einigen Jahren im Fokus der wissenschaftlichen Materialentwicklung. Diese Legierungen stellen, bevorzugt durch ihre **hervorragenden spezifischen mechanischen Eigenschaften**, eine vielversprechende Alternative zu Ni- und Mo-Basiswerkstoffen im Bereich der Hochtemperaturlegierungen dar. So weist das V-Si-B Legierungssysteme in Hinblick auf seine Mikrostruktur einige interessante Gemeinsamkeiten mit dem gut untersuchten Mo-Si-B-Schwestersystem auf. Beide Legierungssysteme bilden im metallreichen Bereich (z.B. Vanadium) ein ternäres Eutektikum aus einem Mischkristall, V(Mk), und den zwei intermetallischen Phasen V₃Si und V₅SiB₂. Über gerichtete Erstarrung, lässt sich das **Eutektikum gezielt entlang der Erstarrungsrichtung „züchten“**, was eine **starke Richtungsabhängigkeit der resultierenden mechanischen Eigenschaften** (Festigkeit, Kriechbeständigkeit) zur Folge hat. Diese ließen sich, ähnlich wie bei Ni-Basis Superlegierungen, gezielt für einen anwendungsrelevanten Lastfall einstellen. Das beantragte Vorhaben untersucht die Mikrostrukturausbildung und die dadurch resultierenden Eigenschaften (richtungsabhängige Festigkeiten und Kriecheigenschaften) gerichtet erstarrten, neuartiger eutektischer V-Si-B-Legierungen. Dazu wird das **Zonenschmelzverfahren** sowohl ex-situ als auch der direkte Übergang von der flüssigen in die feste Phase im Moment der gerichteten Erstarrung in-situ untersucht und analysiert.

Projektleitung: Dr. Georg Hasemann
Kooperationen: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, OVGU
Förderer: Haushalt - 01.10.2022 - 30.09.2025

Entwicklung eutektischer Refraktärmetalllegierungen für Anwendungen unter extremen Bedingungen

Der Schwerpunkt des Projektes ist es, ein umfassendes Verständnis von refraktärmetallbasierten RM-Si-B-Systemen zu gewinnen. Dies beinhaltet die Phasenentstehung und -umwandlung während der Erstarrung, sowie die Phasenstabilität und Umwandlungen im Gleichgewichtszustand. Dabei wird gezielt nach ternären Eutektika in den metallreichen Teil der RM-Si-B-Systeme geforscht. Hierzu werden die chemischen Zusammensetzungen der beteiligten Phasen mittels thermodynamischer Berechnungen identifiziert und experimentell validiert (z.B. mittels WDX- oder Mikrosondenmessungen). Als vorteilhaft werden ternäre Eutektika hinsichtlich ihrer für den Legierungsbereich niedrigsten Schmelzpunktes sowie die mit der Mikrostruktur im Zusammenhang stehenden besonderen mechanischen Eigenschaften erachtet. Des Weiteren lässt sich über die (prozessabhängigen) Abkühlbedingungen die eutektische Mikrostruktur gut kontrollieren und damit gezielt Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften solcher Legierungen nehmen. Das kann beispielweise über gerichtete Erstarrung solcher RM-basierten eutektischen Systeme erreicht werden. Ziel ist es, RM-Si-B-Legierung zu entwickeln, welche gegenüber Ni-Basis verbesserte spezifische Festigkeitseigenschaften bei Temperaturen zwischen 600 °C und 1500 °C (mögliche Einsatzfenster eutektischer RM-Si-B-Systeme) aufweist. Dabei stehen besonders Mo- und V-basierte Legierungssystem im Fokus der wissenschaftlichen Arbeit.

Ähnlich wie bei Mo-Si-B-Werkstoffen ist eine technische Anwendung von beispielsweise Vanadium-Silizid-Legierungen mit etwa 30 bis 70% V(MK)-Phase und komplementären Silizidphasen am aussichtsreichsten und wahrscheinlichsten. Ein genaues Verständnis der Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen in Kombination mit der Thermodynamik RM-reicher RM-Si-B-Systeme ist daher essenziell und es wird ein möglichst ganzheitlicher Materialentwicklungsansatz verfolgt. Dieser umfasst die Legierungsauswahl und Werkstoffsynthese (Lichtbogenofen, gerichtete Erstarrung, Wärmebehandlungen), die Charakterisierung der Mikrostrukturentwicklung und mechanischer Eigenschaften (temperaturabhängige Druck- und Kriechversuche) sowie die Entwicklung wirksamer Oxidationsschutzmechanismen (über präkeramische Polymere und Packzementieren) für die RM-Si-V-Legierungssysteme.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, Dr. Georg Hasemann
Projektbearbeitung: M.Sc. Dennis Zang
Kooperationen: Karlsruher Institut für Technologie
Förderer: Bund - 01.06.2022 - 31.08.2025

Refraktärmetallbasierte Legierungen mit integrierten Beschichtungen für Anwendungen in der Luft- und Raumfahrttechnik

Der Wirkungsgrad von Gas- und Flugzeugturbinen ließe sich bereits durch eine leicht höhere Gaseintrittstemperatur beträchtlich steigern, was eine deutliche Verbesserung von Umweltbilanz und Ressourcenverwendung zur Folge hätte. Die aktuell zum Einsatz kommenden Nickel-Basis-Superlegierungen sind in diesem Zusammenhang wegen ihrer vergleichsweise niedrigen Schmelztemperatur sehr stark limitiert, weshalb mit dieser Werkstoffklasse kaum noch Verbesserungen erzielt werden können. Als aussichtsreichste Kandidaten für den Ersatz von Nickel-Basis-Superlegierungen gelten die schon seit geraumer Zeit diskutierten refraktärmetallbasierten Mo-Si-B-Legierungen, deren Eigenschaftsspektrum sowohl bei Raumtemperatur als auch bei höheren Temperaturen am Ausgewogensten ist. Zudem konnte in früheren Untersuchungen gezeigt werden, dass ein Zulegieren von Vanadium innerhalb dieser Hochtemperaturlegierungen zu einer nicht unerheblichen Verringerung der Dichte führt, was sie für einen möglichen Einsatz in der Luft- und Raumfahrttechnik prädestinieren würde.

Die größte Herausforderung dieser Legierungen ist nach wie vor die Oxidationsbeständigkeit, die es in dieser Hinsicht zu verbessern gilt. Insbesondere der Bereich zwischen 600 °C und 800 °C ist als äußerst kritisch anzusehen, da es hier zu dem sog. "Pesting", einem katastrophalen Oxidationsversagen, kommt. Ab einer Temperatur von 1000 °C beginnt sich jedoch nach einer gewissen Zeit eine schützende Borosilikatschicht auf der Oberfläche auszubilden, die das Material vor weiterer Oxidation schützt.

Das Hauptaugenmerk dieses Projekts liegt auf der Entwicklung und Optimierung von Mo-40V-9Si-8B-Werkstoffen, welche zusätzlich mit einer Beschichtung [MoSi₂/RHEA Mo-Ta-Ti- (Cr, Al)] versehen werden, um auf diese Weise den Anforderungen der Luft- und Raumfahrtindustrie hinsichtlich mechanischer Eigenschaften und Oxidationsbeständigkeit gerecht zu werden. Hierzu muss zunächst eine geeignete Legierungsstrategie sowohl für das Substrat als auch für den Schichtwerkstoff entwickelt werden. Anschließend soll eine entsprechende pulvermetallurgische Herstellungsrouten über das mechanische Legieren etabliert werden. Dabei soll der Basiswerkstoff über einen entsprechenden Sintervorgang hergestellt werden, während die Oxidationsschutzschicht mittels Hochleistungskathodenzerstäubung bzw. über das Packzementieren appliziert werden soll. Im letzten Schritt sollen dann sowohl am unbeschichteten als auch am beschichteten Material diverse Untersuchungen (Mikrostrukturanalyse, mechanische Eigenschaften, Oxidationsbeständigkeit, ...) durchgeführt werden, um das entwickelte Materialsystem auf seine Anwendbarkeit als Strukturwerkstoff zu überprüfen.

Projektleitung: Dr. Georg Hasemann, Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Kooperationen: Tohoku University Sendai (Japan)
Förderer: Sonstige - 01.10.2019 - 31.12.2024

Mitwirkung im International Joint Graduate Program in Materials Science (GP-MS) der Tohoku University, Japan

Das Internationale Graduiertenprogramm der Tohoku Universität in Sendai, Japan, wurde unter Beteiligung zahlreicher Fachkollegen und Fachkolleginnen aus Asien, Europa und den USA im Jahr 2018 eröffnet. Von Seiten der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg sind Frau Prof. Manja Krüger und Herr Dr. Georg Hasemann an dem Programm beteiligt (s. Foto). Wir entwickeln und analysieren gemeinsam mit den japanischen Kollegen Prof. Kyosuke Yoshimi und Ass. Prof. Shuntaro Ida neue Werkstoffe und nutzen dafür die einzigartige Ausstattung in den Laboren der Tohoku Universität in Sendai und der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

Projektleitung: Dr.-Ing. Andreas Heyn
Kooperationen: BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung; iLF - Institut für Lacke und Farben Magdeburg; Methodisch-Diagnostisches Zentrum Werkstoffprüfung e.V.
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.03.2017 - 31.07.2023

Gel-Elektrolyte auf Agar-Basis für die Korrosionsdiagnostik

Gele auf Agar-Basis können schon bei geringem Polymeranteil große Mengen an wässrigen Elektrolyten aufnehmen und immobilisieren, ohne dabei an Stabilität zu verlieren. Dabei tritt ein geringer Synerase-Effekt auf, der zur Bildung dünner Elektrolytfilme bei Kontakt mit Festkörpern führt. Diese Effekte machen Agar-Gele zu einem interessanten und alternativen Elektrolyten für die Korrosionsdiagnostik mit elektrochemischen Methoden. Im Projektverlauf wurden korrosions-relevanten Gel-Eigenschaften aufgeklärt, wie z.B. der verminderte Stofftransport im Gel, die Feuchtfilmdicke und rheologische Eigenschaften. Anwendungen findet der neue Gel-Elektrolyt bereits zur Bestimmung von Deckschichtwiderständen von verzinkten Stählen, die sich an unterschiedlichen Atmosphären bilden und die Korrosionsgeschwindigkeit bestimmen und als so genanntes "KorroPad" zur schnellen Überprüfung der Korrosionsbeständigkeit nichtrostender Stähle. Im letzten Abschnitt des DFG-finanzierten Vorhabens wird aktuell u.a. die Eignung spezifisch hergestellter Gel-Elektrolyte als Alternative zu flüssigen Prüfelektrolyten in der Implantatforschung untersucht, um die realen Bedingungen (Knochen/Gewebe) besser nachzustellen. Darüber hinaus werden weitere sensorische Konzepte vorangetrieben, z.B. zur elektrochemischen Wasserstoff-Detektion in Metallen und der integralen Ultrakurzzeit-Prüfung von Oberflächen mittels Bi-Polar-Elektrochemie.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner, M.Sc. Moritz Ullrich
Förderer: BMWi/AIF - 01.09.2023 - 31.08.2025

Resist -Methode zur Erzeugung und Beurteilung von schweißbedingten Rissen beim Widerstandspunktschweißen (IGF 22 654 BR)

Zur Einhaltung der gestiegenen Anforderungen im Bereich des Insassenschutzes sowie der Umsetzung von Leichtbauzielen werden vermehrt höchst- und ultrahochfeste Stähle im Automobilbau verwendet. Um diese Stähle zu einer tragenden Struktur zu fügen, dominiert im Karosseriebau das Widerstandspunktschweißen. Obwohl eine generelle Schweißbeugung der eingesetzten Stähle vorliegt, kann es infolge von fertigungsbedingten Störgrößen zu einer erhöhten Anfälligkeit gegenüber Unregelmäßigkeiten beim Widerstandspunktschweißen kommen. Diese Imperfektionen treten in Form von Rissen, Poren, Lunkern und Einschlüssen am Schweißpunkt auf. Für die sichere Auslegung von Schweißverbindungen wird im Rahmen des Projektes der Einfluss von Rissen auf die Verbindungseigenschaften untersucht. Aktuell sind hier neuartige hochfeste Mehrphasenstähle der Gen III für die Kaltumformung fokussiert, welche eine hohe Anfälligkeit zu schweißbedingten Rissen aufweisen. Diese Risse sind durch die sogenannte Flüssigmetallversprödung (engl.: Liquid Metal Embrittlement - LME) bedingt, welche durch die zum Korrosionsschutz aufgetragene Zinkbeschichtung provoziert wird. Aktuell existieren eine Reihe von unterschiedlichen Untersuchungen zur Korrelation von LME-bedingten Rissen und den mechanischen Eigenschaften der Verbindung, jedoch liegen keine normativen Aussagen über den Einfluss

von Risslängen und -lagen auf die Verbindungsfestigkeit vor.

Die Innovation des Forschungsvorhabens liegt in der Entwicklung einer einfachen und industrienahen Prüfmethode, die zur Detektion und Klassifizierung der Rissanfälligkeit von Werkstoffen und Materialdickenkombinationen dient und die Auswirkung der Risse auf die mechanischen Verbindungseigenschaften beschreibt.

Die Ziele des Projektes sind zusammengefasst:

- die Identifikation von Prozesseinflüssen zur Erzeugung von schweißbedingten Rissen
- die Herstellung von Proben mit unterschiedlichen schweißbedingten Rissen und deren zerstörungsfreie Rissdetektion
- die Analyse des Einflusses von definierten Rissen auf die Verbindungsfestigkeit der Fügeverbindung
- die Ableitung einer industrienahen Methodik zum Prüfen der Rissanfälligkeit

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
Projektbearbeitung: M.Sc. Marcel Köhler
Kooperationen: Forschungsvereinigung Stahlanwendung e. V. (FOSTA); Sondermaschinenbau Calvörde
Förderer: BMWi/AIF - 01.12.2021 - 31.05.2024

Aluminium-Schaum durch MIG-Schweißen additiv in Form gebracht (Aladdin) AiF/IGF 22 055 BR

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Herstellung von additiv generierten, dreidimensionalen Aluminiumschaumstrukturen mittels eines additiven MIG-Schweißprozesses (engl.: Wire Arc Additive Manufacturing, WAAM). Im Gegensatz zur konventionellen Herstellung von Aluminiumschäumen in Form vorrangig zweidimensionaler Sandwichplatten erlaubt die additive Verarbeitung ein wesentlich breiteres Spektrum an Geometrien. Potentielle Anwendungen sind hierbei:

- Additives Schweißen auf Massiv- oder Schaumteilen
- Verbindungsschweißen von Aluminiumschaumbauteilen
- Verbindungsschweißen von massiven Aluminium- mit Aluminiumschaumteilen

Um Anwendungen des Leichtbauwerkstoffs Al-Schaum zu erweitern, sollen sowohl das additive Herstellen als auch das Verbindungsschweißen von Aluminiumschaum im Rahmen des Projekts untersucht werden.

In Versuchen wurde bereits bestätigt, dass mit Titandihydrid (TiH_2) versetzte Schweißdrähte geeignet sind, um poröse, mehrschichtige Aluminiumschaumstrukturen mit einem MIG-Schweißprozess zu generieren. Aufbauend auf diese Ergebnisse sollen verschiedene, mit entsprechenden Treibmitteln versetzte Schweißdrahttypen bezüglich ihrer technologischen Eignung überprüft werden. Ziel ist es hierbei ideale Prozessparameter zu finden, mit denen ein hochporöses, homogenes Aluminiumschweißgut erzeugt werden kann, das ähnliche Eigenschaften wie Aluminiumschaum besitzt. Besonders mechanische und physikalisch-technologische Eigenschaften wie z.B. Dichtheit gegenüber Flüssigkeitseindringen sollen untersucht werden. Es werden Schäume basierend auf den Legierungen AlSiMg sowie AlSi12 mit Porengrößen <1 mm angestrebt, da diese eine höhere thermische Stabilität versprechen als großporige Schäume.

Industriepartner können im Rahmen eines Projektausschusses involviert werden. Interessenten sind jederzeit herzlich zur Mitarbeit eingeladen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
Projektbearbeitung: Dipl.-Ing. Benjamin Schlosser
Kooperationen: Projektausschuss
Förderer: BMWi/AIF - 01.01.2021 - 31.03.2024

Entwicklung einer Technologie zum generativen MSG-Schweißen von Geometrien auf Aluminium-Druckgussbauteile "MSGGenerAl" AiF/IGF 21 541 BR

Ziel des Forschungsantrags ist die Entwicklung einer Technologie zum generativen MSG-Schweißen (Additive Manufacturing) von Konturen auf Aluminium-Druckgussbauteilen. Der Prozess ist dabei so zu gestalten, dass die erforderlichen Bauteileigenschaften erreicht werden und der Prozess eine wirtschaftliche Alternative zu beste-

henden Prozessvarianten für die skizzierten Beispielanwendungen darstellt. Die geplanten Werkstoffe, die dafür verwendeten Methoden und Anlagen entsprechen den typischen Ausstattungen in dem adressierten Industriebereich. Als Gusswerkstoffe werden aus dem System AISi die naturharte Legierung AISi9Mn sowie die aushärtbare AISi10MnMg-Legierung genutzt. Die Untersuchungen liefern den Zusammenhang zwischen dem Schweißzusatzwerkstoff und den erzielbaren Werkstoffanforderungen in Anlehnung an die des Druckguss-Substrats. Werkstoffabhängig muss ggf. eine nachfolgende Wärmebehandlung erfolgen, wie sie für das DG-Bauteil üblich ist. Um eine unzulässige thermische Degradierung der Gusseigenschaften zu vermeiden, werden die zulässigen Grenzen für Prozesstemperatur und -dauer im Gussteil sowie im aufgeschweißten Bereich ermittelt. Ein wichtiges Teilziel ist die Realisierung einer Technologie für die Gussteilkonditionierung zu Beginn des Auftragprozesses zur Vorbereitung und gleichzeitigen Vermeidung von Poren und Bindefehlern bei den ersten geschweißten Lagen. Diese Konditionierung soll durch Blindschweißungen mit dem WIG-Lichtbogen erfolgen, um das Bauteil im Bereich der Auftragschweißungen vorzuwärmen, die Oxidschicht aufzubrechen und den Guss entgasen zu lassen. Auf dieser vorbehandelten Bauteilzone werden dem generativen MSG-Schweißprozess ein ungehinderter Start ermöglicht und Unregelmäßigkeiten wie Poren oder Bindefehler vermieden. Abschließend wird die Anwendbarkeit der neu entwickelten Technologie an einem bauteilähnlichen Probekörper verifiziert. Hierbei sollen Fehlerquellen identifiziert und die Praxistauglichkeit bewertet werden.

Teilziele:

- WIG-Gussteilkonditionierung zur Vorbereitung des Auftragprozesses und Vermeidung von Poren und Bindefehlern
- Temperaturmanagement des Schweißprozesses zur Vermeidung unzulässiger Wärmebeeinflussung des Druckgusses
- Schweißgut erfüllt Werkstoffanforderungen des Druckguss-Substrats auch nach Wärmebehandlung aushärtbarer Legierungen

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
Projektbearbeitung: Vincent Schreiber
Förderer: BMWi/AIF - 01.11.2020 - 30.11.2023

Validierung von Methoden zur Vermeidung von Liquid Metal Embrittlement (LME) an realitätsnahen Prinzipbauteilen (AiF-IGF 21 483 BG)

Beim Widerstandspunktschweißen von verzinkten Stählen berichten zahlreiche Quellen von Risserscheinungen, die auf Liquid Metal Embrittlement (LME) zurückzuführen sind. Da als Folge von LME bedingten Rissen eine negative Beeinflussung der Schweißpunkt-Tragfähigkeit derzeit nicht in jedem Fall ausgeschlossen werden kann, liegen qualitativ hochwertige, rissfreie Punktschweißverbindungen im Interesse der gesamten metallverarbeitenden Industrie.

Die Zielsetzung des Forschungsvorhabens liegt in der Erforschung von LME an umgeformten, realitätsnahen Bauteilen. Dafür werden umfassende Widerstandspunktschweiß (WPS)-Versuche zunächst an Flachproben und dann an umgeformten Bauteilen durchgeführt und unter verschiedenen Bedingungen auf LME untersucht. Am IWF Magdeburg werden die eingesetzten Werkstoffe charakterisiert und die kritischen Bedingungen in Heißzug-Versuchen nachgestellt und isoliert untersucht. Die numerische Simulation (Fraunhofer IPK) wird als Brücke eingesetzt um "unsichtbare" kritische Bedingungen zu ermitteln und zwischen Gleeble- und WPS-Versuchen zu transferieren. Dabei sollen die vorherrschenden Mechanismen zur Bildung von LME an realitätsnahen Bauteilen verstanden und LME reproduzierbar hergestellt werden. Im nächsten Schritt werden Vermeidungsstrategien entwickelt und schlussendlich der Einfluss von verbleibenden LME Rissen auf die Verbindungsfestigkeit quantifiziert.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
Projektbearbeitung: M.Sc. Moritz Ullrich
Förderer: BMWi/AIF - 01.01.2020 - 31.08.2023

Methodik zur Bewertung eines Widerstandspunktschweißprozesses auf Grundlage der Elektrodenbewegung (AiF/IGF Nr. 20.841 BR)

Das Widerstandspunktschweißen (*WPS*) ist eines der dominierenden Schweißverfahren in der automobilen Massenproduktion. Wird exemplarisch ein modernes Fahrzeug betrachtet, so sind durchschnittlich 2000 - 5000 Schweißpunkte vorhanden, bei denen Bleche aus unterschiedlichen Güten, Beschichtungen und Dicken gefügt werden. Hieraus ergeben sich stets neue Herausforderungen an das Widerstandspunktschweißen, wie beispielsweise dem Fügen von asymmetrischen Mehrblechverbindungen aus unterschiedlichen Fahrzeugkomponenten. Im Vergleich zu Zweiblechverbindungen kann es bei Mehrblechverbindungen zu einer vertikalen Verschiebung der Schweißlinse kommen, die mit einer ungenügenden Anbindung des dünnen Ausbleches einhergeht. Um dieser Problematik entgegenzuwirken, kann der Prozess des Widerstandspunktschweißens direkt durch die gewählten Schweißparameter, d. h. Schweißstrom, Schweißzeit und Elektrodenkraft beeinflusst werden. Aus diesem Grunde ist es von großer Bedeutung diese Parameter gezielt auf die jeweiligen Werkstoffe und deren Beschichtungen abzustimmen, um somit eine Steigerung der Prozessstabilität zu erzielen. Im Allgemeinen erfolgt die Prozessparametrisierung mithilfe von Schweißbereichsdiagrammen, dessen Parameterfindung primär auf der Erfahrung des Anwenders basiert und mit einem hohen Versuchsumfang einhergeht. Aufgrund der steigenden Ansprüche an Wirtschaftlichkeit und Qualität wird eine effiziente Methode zur Bewertung und Optimierung der vorgenommenen Parameteranpassungen in Sinne der Industrie 4.0 benötigt.

Das Ziel des Projektes liegt in der Vernetzung der aufgezeichneten Prozessdaten mit der erzielten Schweißqualität. Zu diesem Zweck werden aus den aufgezeichneten Prozessgrößen signifikante Kennwerte abgeleitet, die eine systematische Optimierung und Beurteilung der Schweißparameter ermöglichen und somit den Versuchsumfang signifikant verringern. Insbesondere die Prozessgröße der "Elektrodenbewegung" wird verwendet, um den Widerstandsprozess zu interpretieren und zu bewerten. Infolgedessen soll eine effektive Prozessoptimierung entwickelt werden, die erhebliche Einsparungen in der Einrichtung von Prozessen sowie der serienbegleitenden Prüfung ermöglicht. Voraussetzung dazu ist das Verständnis zur Auswertung und Nutzung dieser bisher nicht betrachteten Prozessgröße der Elektrodenbewegung. Im Forschungsprojekt soll die Erprobung von Sensorsystemen, die Bereitstellung einer effektiven Methode zur Analyse von Prozessverläufen sowie die Bewertung von vorgenommenen Parameteranpassungen unabhängig von der genutzten Anlagentechnik ermöglicht werden. Abschließend soll ein Auswertewerkzeug bereitgestellt werden, mit der die Analyse und Bewertung der Prozessdaten erfolgen kann.

Projektleitung: M.Sc. Benjamin Schade, Prof. Dr.-Ing. Sven Jüttner
Kooperationen: Sondermaschinenbau Calvörde
Förderer: BMWi/AIF - 01.12.2020 - 28.02.2023

Doppelpunkt-Widerstandsschweißen mit integrierter Prozessanalyse für den Schienenfahrzeug- und Busbau (DoWiPro) KK5069301FH0

Ziel ist die Neuentwicklung einer Verfahrenserweiterung zum Widerstandspunktschweißen für Anwendungen großer Blechstrukturen z.B. im Schienenfahrzeugbau. Mit der Technologie des einseitigen Doppelpunktschweißens mit einer Kupfergegenlage werden dabei zwei Schweißpunkte gleichzeitig in einem Arbeitsgang erzeugt. Die Unterlage besteht aus zwei miteinander elektrisch verbundenen, im Abstand zueinander veränderlichen Elektroden. Zur Erreichung des Ziels werden vier Schwerpunkte bearbeitet: Erhöhung der Wirtschaftlichkeit, Erstellung eines neuartigen Anlagekonzeptes, Gewährleistung der Prozesssicherheit durch ein Inline-Prozessanalyse und Erzeugung eines Prozessmodells. Es wird eine Doppelpunkt-Widerstandsschweißanlage zum Schweißen von großen Blechstrukturen aufgebaut incl. der dazugehörigen elektromechanischen Auslegungen. Zur Prozessentwicklung erfolgt die Erprobung der gebauten Anlage und die Erforschung der Prozessdatenanalyse. Das Prozessmodell wird mittels FEM-Simulation abgeglichen und soll den Anlagenbau unterstützen.

Projektleitung: M.Sc. Florian Urban, Dr.-Ing. Manuela Zinke, M.Sc. Norman Kauss
Förderer: BMWi/AIF - 01.07.2019 - 31.07.2023

Erweiterung des Konstitutionsschaubildes für hoch Mn-haltige Stähle in Mischschweiß-verbinding durch Gefährdungsbereiche

Im Forschungsantrag geht es um vorwettbewerbliche, anwendungsorientierte Grundlagenuntersuchungen zur Verbesserung der schweißtechnischen Verarbeitung von hoch Mn-haltigen Stählen in Mischverbindung. In Deutschland stehen derzeit mehrere hoch Mn-haltige Legierungskonzepte als Stähle bzw. Schweißzusatzwerkstoffe entweder kommerziell zur Verfügung bzw. kurz vor der Markteinführung. Die Herausforderung für die thermische Füge-technik liegt in der Integration der FeMn-Stähle in bereits bestehende Konstruktionen aus bewährten hochfesten ferritischen bzw. martensitischen Karosseriestählen. In Abhängigkeit von Fügepartner, Schweißprozess, Zusatzwerkstoff und Aufmischung kann es zu unerwünschten Erscheinungen, wie Martensitbildung, hohe Härte bzw. hohe Härtegradienten als auch schweißbedingter Rissbildung, im Mischschweißgut kommen. Um diese Gefährdungen im Voraus abschätzen und möglichst vermeiden zu können, besteht das Ziel des Vorhabens darin, das im FOSTA-Projekt P1108 entwickelte Konstitutionsschaubild für MSG-Mischschweißverbindungen hoch Mn-haltiger Stähle durch Bereiche zu erweitern, in denen mit für das Schweißgut kritischen Gefügen und Erscheinungen zu rechnen ist. Mit der Angabe dieser Gefährdungsbereiche soll den Anwendern ein hinreichendes Mittel zur Bewertung der Schweißbeignung der betreffenden Legierungen und zur Herstellung eines möglichst gefährdungsfreien Schweißgutes bereitgestellt werden (ähnlich dem Schaeffler-Diagramm). Dies erleichtert u. a. die Auswahl und Entwicklung angepasster Zusatzwerkstoffe und Schweißtechnologien für die Verarbeitung der FeMn-Stähle in Mischschweißverbindung. Nutznießer der Ergebnisse sind kmU aus dem Bereich der Zuliefererindustrie der Fahrzeugbranche, die im Rahmen der Prototypenfertigung, aber auch im Serienprozess immer häufiger mit neu entwickelten hochfesten Stählen konfrontiert werden, sowie der Schweißzusatzwerkstoffentwicklung und -herstellung.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: Dr.-Ing. Julia Becker
Förderer: Haushalt - 01.07.2023 - 30.06.2026

Werkstoffdesign mittels Legieren und Wärmebehandlung

Metallische Werkstoffe für Anwendungen als Strukturwerkstoffe, u.a. in korrosiver Umgebung bei unterschiedlichen Temperaturen, müssen ein breites Eigenschaftsspektrum aufweisen. Durch die Zugabe von Legierungselementen können die Eigenschaften in einem breiten Bereich beeinflusst werden. So kann z.B. die Festigkeit von Molybdänwerkstoffen selbst durch geringfügige Mengen an Silizium deutlich gesteigert werden. Auch weitere Eigenschaften, wie der tribologische Abrieb, die Oxidations- bzw. Korrosionsrate und die zyklische Festigkeit, sind stark von der Auswahl, der Konzentration und der Kombination von Legierungselementen abhängig. Zusätzlich spielt der Wärmebehandlungszustand der Legierungen für die anwendungsgerechte Einstellung des Eigenschaftsspektrums eine große Rolle. Für Werkstoffe im Medizinbereich, bspw. Implantatwerkstoffe, spielen außerdem Eigenschaften unter variierenden Beanspruchungsbedingungen (zyklische Belastung) eine entscheidende Rolle. Im Rahmen dieses Projektes sollen Werkstoffe so modifiziert werden, dass Härte und Verschleißbeständigkeit erhöht und die statische bzw. zyklische Beanspruchbarkeit verbessert wird, ohne die Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit zu vermindern. Dabei werden die Mikrostruktur-Eigenschaftsbeziehungen gezielt beeinflusst, um optimale Voraussetzungen für die spätere Anwendung zu schaffen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: Janett Schmelzer, M.Sc. Rostyslav Nizinkovskyi
Kooperationen: DECHEMA Forschungsinstitut Frankfurt
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.07.2022 - 31.12.2024

Oxiddispersionsverfestigte, oxidationsresistente Vanadium-Legierungen

Das **komplexe Oxidationsverhalten** von Vanadium ist der Grund dafür, dass Vanadiumbasis-Legierungen trotz ihrer hohen Festigkeiten bei gleichzeitig geringer Dichte bisher praktisch nicht für einen Einsatz bei hohen Temperaturen in Erwägung gezogen werden können. Hinzu kommt, dass Vanadat sehr leicht zwischen verschiedenen Oxidationsstufen wechselt und dadurch die Hochtemperaturkorrosion von Ni-, Co- oder Fe-Basiswerkstoffen extrem beschleunigt, besonders, wenn es in geschmolzener Form vorliegt. Damit schließt sich auch ein Einsatz von aktuellen Vanadiumlegierungen im Umfeld dieser Werkstoffe aus.

Um Vanadiumlegierungen bei hohen Temperaturen einsetzbar zu machen, soll daher ein völlig neuartiger und **innovativer Ansatz zum Oxidationsschutz** bei **gleichzeitiger Oxidpartikelverstärkung** verfolgt werden: Die Entwicklung von Mg- und Ca-haltigen Oxidpartikeln zur Herstellung von oxidationsbeständigen ODS-Vanadium-Silizium Legierungen. Die in ausreichender Konzentration eingebrachten ODS-Partikel sollen die Flüssigphasenbildung bei hohen Temperaturen verhindern. Gleichzeitig wird durch die ODS-Partikel ein festigkeitssteigernder Effekt erwartet, der im potentiellen Anwendungsgebiet solcher Legierungen von Raumtemperatur bis 1050 °C quantifiziert werden soll.

In dem Vorhaben soll geklärt werden, (1) bis zu welchem Volumenanteil von MgO-, CaO- oder Magnesiumorthosilikat-Partikeln sich homogene Gefüge in Vanadiumwerkstoffen einstellen lassen, (2) wie hoch die notwendige MgO-, CaO- oder Magnesiumorthosilikat-Konzentration ist, um die Flüssigphasenbildung zu verhindern bzw. um einen selbstschützenden Mechanismus zu provozieren, (3) wie groß der festigkeitssteigernde Effekt durch die Zugabe von Oxiddispersoiden ist und wie sich die ODS-Partikel auf das Kriechverhalten von Vanadiumlegierungen auswirken.

Projektleitung: Prof. Dr. Berend van Wachem, Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: Janett Schmelzer
Förderer: Haushalt - 01.09.2022 - 30.06.2024

Determining the comminution behavior of plastic particles in milling processes

The recycling of plastics is an important issue in terms of environmental sustainability, recyclability and of waste management. The development of proper technologies for plastic recycling is generally recognized as a priority. To achieve this aim, the technologies that have been developed and applied in mineral processing can be adapted to recycling systems. In particular, the improvement of comminution technologies is one of the main actions to improve the quality of recycled plastics. The aim of this work is to study the comminution processes in milling for different types of plastic materials.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: M.Sc. Maximilian Regenbergl
Kooperationen: Experimentelle Orthopädie, OVGU, Prof. Jessica Bertrand
Förderer: Haushalt - 01.07.2021 - 30.06.2024

Entwicklung von neuartigen Multi-Komponenten-Werkstoffsystemen für biomedizinische Anwendungen

Unter dem Begriff Multi-Komponenten-Werkstoffe werden Legierungssysteme zusammengefasst, die im Gegensatz zu herkömmlichen Legierungen (z.B. Fe-C, Al-Si, Ti-Al) nicht auf einer Hauptkomponente basieren, sondern aus einer Vielzahl von Legierungselementen in äquiatomaren oder variierenden Gehalten bestehen. Diese Systeme reichen von der Gruppe der High-Entropy Alloys (HEAs) über Medium-Entropy Alloys (MEAs) bis hin zu Compositionally Complex Alloys (CCAs). Die Besonderheit der Mehrkomponenten-Werkstoffe liegt in deren physikalischen und thermodynamischen Phänomenen (Hochentropieeffekt, Cocktail-Effekt, Effekt der langsamen Diffusion, etc.), welche zu herausragenden mechanischen Werkstoffeigenschaften führen. Besonders

in der Entwicklung von Hochtemperaturwerkstoffen haben sich Refraktärmetalle wie Mo, Nb, Ta und Ti als essentielle Komponenten herauskristallisiert. Gleichzeitig sind die genannten Metalle biokompatibel. Diese Eigenschaft wird bei der Entwicklung von Mehrkomponenten-Legierungen für biomedizinische Anwendungen aufgegriffen. Im Zuge des Forschungsvorhabens werden am Lehrstuhl für Hochtemperaturwerkstoffe der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg Werkstoffkonzepte erarbeitet und Legierungen entwickelt, welche im Anschluss in Kooperation mit der Professur für experimentelle Orthopädie, Frau Prof. Dr. rer. nat. Bertrand, auf die Kompatibilität mit verschiedenen biologischen Zelltypen untersucht werden. Ziel des Vorhabens ist es, ein neuartiges Multi-Komponenten-System mit herausragenden mechanischen Eigenschaften bei gleichzeitiger Biokompatibilität für medizintechnische Anwendungen, wie Implantate, zu entwickeln.

Projektleitung: Dr. Ievgen Solodkyi, Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Förderer: Alexander von Humboldt-Stiftung - 01.09.2022 - 29.02.2024

Metallische Hochtemperaturwerkstoffe aus Kern-Schale-Pulvern

Dieses Vorhaben wird im Rahmen der *Philipp Schwartz-Initiative* der *Alexander von Humboldt-Stiftung* gefördert.

Für ein ausbalanciertes Eigenschaftsprofil von metallischen Werkstoffen im Nieder- und Hochtemperaturbereich ist die Optimierung des Gefüges essentiell. Die Erzeugung einer Matrix-Verstärkungsphasen-Struktur steht in diesem Projekt im Fokus. Zur Erreichung dieses Ziels soll die Methode des mechanischen Hochenergiemahlens bzw. mechanischen Legierens genutzt werden. Diese Methode wird z. B. für oxiddispersionsverfestigte Legierungen angewandt. Für die Synthese von Hochleistungs-Hochtemperaturwerkstoffen soll zunächst eine partikuläre Hartphase (Borid, Silizid oder Oxid) mit einer duktilen metallischen Phase umschlossen werden, um Core-Shell-Partikel herzustellen, die in einem anschließenden Sinterprozess kompaktiert werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: Dr. rer. nat. Rachid Stefan Touzani
Kooperationen: National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“;
Prof. Dr. rer. nat. Michael Scheffler, OVGU
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) - 01.03.2020 - 31.01.2024

HTMA-DS Mo: Kriechverhalten von gerichtet erstarrten mehrphasigen Mo-Legierungen mit und ohne Beschichtung

Mo-Hf-B und **Mo-Zr-B** als **neuartige Refraktärmetall-Legierungen** sind potenzielle Kandidaten für Turbinenanwendungen. Aufgrund der hohen Schmelzpunkte der Konstituenten wird hohe Kriechfestigkeit bis zu Temperaturen um 1.400 °C erwartet; derartig hohe Einsatztemperaturen könnten zu höherer Turbineneffizienz und niedrigerem Primärenergieeinsatz führen. Vorteil der Herstellung über **gerichtete Erstarrung mittels Zonenschmelzens** ist eine niedrige Konzentration an Sauerstoffverunreinigungen (<50 ppm), was für die Vermeidung von Versprödung bei geringeren Temperaturen essenziell ist. Über Zonenschmelzen hergestellte Mo-Hf-B- und Mo-Zr-B-Legierungen weisen anisotrope Gefüge auf.

Ziel der Arbeiten ist es, einen Beitrag zur Qualifizierung dieser Legierungen als Hochtemperaturwerkstoffe zu leisten und das **Hochtemperatur-Kriechverhalten** unter Zugspannung und unter einsatznahen Bedingungen zu untersuchen; Kriechdaten unter Druckspannung, in inerter Atmosphäre liegen in der Literatur bereits vor. Dazu werden die experimentell orientierten Arbeiten in drei Bereiche unterteilt: i) Am Kiewer Polytechnischen Institut, KPI, werden Legierungen über ein dort entwickeltes Zonenschmelzverfahren gerichtet erstarrt hergestellt und dort sowie an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, OVGU, hinsichtlich Phasenzusammensetzung und Mikrostruktur charakterisiert. ii) An der OVGU werden Kriechversuche sowohl unter Inertgas als auch unter einsatznahen Bedingungen in Laboratmosphäre durchgeführt. Für die Charakterisierung unter einsatznahen Bedingungen ist der Schutz dieser Legierungen vor Oxidation notwendig; Molybdän oxidiert, das Trioxid verdampft und führt zur schnellen Werkstoffdegradation. Deshalb wird iii) eine Beschichtungsstrategie auf Basis eines partikelgefüllten präkeramischen Polymers entwickelt, um die Legierungen auch unter einsatznahen (oxidierenden) Bedingungen im Zug-Kriechversuch untersuchen zu können. Aus den Ergebnissen wird a) ein Modell zum Kriechverhalten dieser neuartigen Werkstoffe und b) ein Modell zur Beschichtung für molybdänhaltige

Refraktärmetall-Legierungen entwickelt.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: Dr.-Ing. Julia Becker
Förderer: Haushalt - 01.10.2019 - 30.06.2023

Neue Legierungsstrategien für Mo-basierte Hochtemperaturwerkstoffe

Hinsichtlich der Schonung von Ressourcen und der Verringerung von Umweltbelastungen ist die Steigerung des Wirkungsgrades von Turbinen im Kraftwerks- und Triebwerksbereich ein an Bedeutung zunehmender Forschungsschwerpunkt. Insbesondere ternäre Mo-Si-B Legierungen, deren Gefüge möglichst aus einer kontinuierlichen Mo-Mischkristallmatrix mit homogen verteilten intermetallischen Phasen bestehen, bieten eine ausgewogene Kombination der Hoch- und Raumtemperatureigenschaften. Da die mechanischen Eigenschaften der Mo-basierten Legierungen signifikant durch das Herstellungsverfahren beeinflusst werden, wird an pulvermetallurgischen, schmelzmetallurgischen und additiven Fertigungsverfahren geforscht.

Die verhältnismäßig hohe Dichte ($>9 \text{ g/cm}^3$) dieser Legierungsklasse stellt allerdings einen entscheidenden Nachteil bei der potentiellen Anwendung als Turbinenschaufel dar. Ziel soll es sein, die Dichte dieser ternären Legierungen mit Hilfe von geeigneten Legierungsstrategien auf Werte unter 8 g/cm^3 zu reduzieren, um die Konkurrenzfähigkeit dieser Werkstoffe zu erhöhen. Die Herausforderung besteht insbesondere darin, dass die wichtigen mechanischen Eigenschaften, wie die Risszähigkeit bei vergleichsweise tiefen Temperaturen und die Kriechbeständigkeit bei Temperaturen oberhalb von 1000°C nicht wesentlich beeinträchtigt werden.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger
Projektbearbeitung: Dr. Ievgen Solodkyi
Kooperationen: National Technical University of Ukraine „Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute“
Förderer: Bund - 01.10.2020 - 31.03.2023

OPOS: Optimierte pulvermetallurgische Lösungen für metallische Hochtemperaturwerkstoffe

Das Ziel des Vorhabens **OPOS** liegt im Ausbau der bestehenden Kooperationen zwischen der Arbeitsgruppe von Prof. Krüger der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg und der Arbeitsgruppe von Prof. Bogomol der Nationalen Technischen Universität der Ukraine "Igor Sikorsky KPI" (Ukraine). Zusätzlich soll eine neue Kooperation mit der Arbeitsgruppe von Prof. Smyrnov aus derselben ukrainischen Universität initiiert werden. Die geplanten Maßnahmen sollen die Kooperationspartner in die Lage versetzen, auf der Basis gemeinsamer Forschungs- und Innovationstätigkeit ein multilaterales Konsortium zu bilden.

Das Ziel der wissenschaftlich-technischen Zusammenarbeit ist die Herstellung einer neuartigen Mo-Basis-Legierung für den Hochtemperaturbereich von Gasturbinen mit einem optimierten pulvermetallurgischen Herstellungsverfahren. Das angestrebte Eigenschaftsprofil von Mo-Basis-Legierungen wird dadurch erreicht, dass die entwickelte Legierung eine feinkörnige Mikrostruktur mit einer plastisch verformbaren Matrixphase und hochfesten intermetallischen Einschlüssen aufweist.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Manja Krüger, Prof. Dr. Michael Scheffler, Dr. Iurii Bogomol, Dr. Plinio Furtat
Förderer: Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) // Land Sachsen-Anhalt - 01.04.2020 - 31.03.2023

Kriechverhalten von gerichtet erstarrten Mo-Werkstoffen mit und ohne Beschichtung

Die Arbeiten konzentrieren sich auf die Entwicklung und Charakterisierung neuartiger mehrphasiger Hochtemperaturmaterialien auf Basis einer Mo-Mischkristallphase (Moss), die mit intermetallischen Mo₂ZrB₂- und

Mo2HfB2-Phasen mit hohen Schmelzpunkten verstärkt ist. Mo-Hf-B und Mo-Zr-B sind eine Klasse von Hochtemperaturwerkstoffen, die verschiedene Anwendungen finden können, z.B. in der Flugzeugindustrie aufgrund hohen Kriechfestigkeit bei den angestrebten Anwendungstemperaturen, die modernen Nickelbasis-Superlegierungen überlegen ist. Kritisch ist jedoch das Werkstoffverhalten im Bereich mittlerer Temperaturen; hier oxidiert das Molybdän, was einen Werkstoffschutz notwendig macht.

Im Rahmen eines Teilprojektes werden dafür selbstheilende Beschichtungssysteme entwickelt, charakterisiert und anwendungsnah getestet. Dieses Beschichtungssysteme bestehen aus einem sauerstofffreien präkeramischen Polymer und sauerstoffbindenden Füllstoffpartikeln wie Si und B. Die Umwandlung in eine geschlossene keramische Schutzschicht erfolgt in inerter Atmosphäre im Temperaturbereich zwischen 800 °C und 1200 °C. Zyklische Oxidationsversuche belegen eine (noch zu verbessernde) Schutzwirkung der Schicht im Temperaturbereich zwischen 800 °C und 1000 °C; die Wirkung bei höheren Temperaturen wird gegenwärtig untersucht. Erste Ergebnisse röntgenographischer Untersuchungen zeigen, dass sich durch Zugabe von ZrO₂ als weiterem Füllstoff eine Zirkoniummolybdatphase bildet, d. h., die Legierungskomponenten Mo zu stabilen Phasen reagiert und in der Probe verbleibt; das Abdampfen von Mo-Oxiden wird weitgehend verhindert. Die Rolle der Schutzschicht in diesem Prozess ist noch nicht vollständig geklärt und ist Gegenstand weiterführender Untersuchungen.

Projektleitung: Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook
Projektbearbeitung: Dipl.-Ing. Yury Simonin
Kooperationen: FOOKE GmbH, Borken; innotronic GmbH, Gronau; Westfälische Hochschule Bolcholt
Förderer: BMWi/AIF - 01.10.2021 - 30.09.2023

Entwicklung eines hybriden Fräs- und Messwerkzeugs für die Aluminium-Großblechbearbeitung. Teilprojekt: Wirbelstrom-Sensorik und Signalverarbeitung

Das Ziel ist die Entwicklung eines Fräswerkzeugs, das während der Bearbeitung die Wandstärke von Aluminiumblechen ermittelt und auf dieser Basis die Bearbeitungsparameter regelt.

Durch die Integration eines Wanddickenmessensors in das rotierende Fräswerkzeug soll synchron das Aluminiumblech gefräst werden sowie "online" die Restwandstärke gemessen werden. Für den Fall, dass die Bearbeitung die Toleranzgrenzen zu verlassen droht, wird ein Signal an die Werkzeugmaschinensteuerung zur Korrektur der Z-Achsenposition gegeben. So ist zu jeder Zeit sichergestellt, dass das Bauteil auf Sollmaß gefräst ist. Es sind keine nachgelagerten Messarbeiten nötig, so dass sowohl die Bearbeitungszeit des Aluminiumblechs deutlich reduziert und als auch Ausschuss vermieden werden kann.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode
Kooperationen: Open Grid Europe; Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches DVGW e.V.; voestalpine Böhler Welding Austria GmbH; Gasunie Transport Services B.V; Gasnetz Hamburg GmbH; FRIEDRICH VORWERK SE & Co. KG; ONTRAS Gastransport GmbH; WESTNETZ GmbH, Dortmund
Förderer: Industrie - 01.11.2022 - 31.10.2025

H2SuD - Einfluss des Schweißens auf die Wasserstoffaufnahme und Degradation im Betrieb befindlicher H2-Ferngasleitungen

Insbesondere beim Schweißen stellt Wasserstoff aufgrund seiner sehr speziellen physikalischen Eigenschaften, dem allgemein negativen Einfluss auf die Festigkeit und der Duktilität der eingesetzten Werkstoffe, eine besondere Herausforderung dar. In den angedachten Arbeitspaketen wird daher die Frage systematisch geklärt, ob und wie stark mit einer Eigenschaftsdegradation geschweißter Rohrstähe in Gasnetzen in Folge einer Wasserstoffaufnahme zu rechnen ist. Anlass des Forschungsantrages ist daher das ungeklärte Verhalten wasserstoffführender Rohrleitungen typischer niedriglegierter Stähle während kurzer Wärmezyklen in Folge von Schweißarbeiten, insbesondere im Reparaturfall. Der aktuelle Stand der Technik für das Schweißen an in Betrieb befindlichen Gasleitungen (explizit jedoch nicht für Wasserstoff) wurde durch jahrzehntelange Untersuchungs- und Forschungsarbeiten entwickelt und im DVGW-Regelwerk festgeschrieben (vgl. DVGW-Arbeitsblätter GW 350, G 466-1 und G 452-1). Die geplanten Forschungsarbeiten dienen der systematischen Erweiterung des Wissensstandes, um den Einfluss des

Wasserstoffs auf das Schweißen an in Betrieb befindlichen Gashochdruckleitungen zu berücksichtigen und die Erkenntnisse in das DVGW-Regelwerk zu integrieren.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode
Förderer: BMWi/AIF - 01.11.2022 - 30.04.2025

Vereinfachte Prüfmethode zur Bewertung der Gefahr wasserstoffunterstützter Kaltrisse (HACC) beim Lichtbogenschweißen hochfester Stähle

Eine Prüfung der wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung (HACC) bei der Einführung neuer Schweißverfahrensvarianten oder Werkstoffe ist aktuell nur mit aufwendigen Untersuchungen möglich. Die Bestimmung der H-Konzentration sowie der HACC erfolgt dabei in getrennten Versuchsaufbauten, welche unterschiedliche Bedingungen an die Schweißaufgabe stellen. Eine standardisierte Methode, die sowohl eine H-Bestimmung als auch die Prüfung der Eigenschaftsdegradation vereint, existiert derzeit nicht. Auch das Normenwerk deckt eine Prüfung der HACC-Beständigkeit für hochfeste Stähle nicht ab bzw. sind bestehende Konzepte (Vorwärmung) nicht zielführend. Für das übergeordnete Ziel der Sicherheit von geschweißten Konstruktionen soll im Rahmen des Forschungsvorhabens eine neuartige Prüfmethode erarbeitet und erprobt werden, die einerseits die Prüfung von H-Gehalt und HACC-Empfindlichkeit vereint und andererseits für die direkte Anwendung beim Verarbeiter (KMU) einfach zu handhaben ist. Hierzu erfolgen vergleichende Untersuchungen an einem HACC sensiblen sowie unempfindlichen Werkstoff mit dem MSG-(FE 1) und dem UP-Prozess (FE 2). Resultat des Forschungsvorhabens ist eine neuartige Prüfmethodik, die einen vereinfachten, universell und insbesondere für KMU geeigneten werkstoff- und verfahrensoffenen Test hinsichtlich der HACC darstellt. Gleichzeitig werden Schweißbeeinflüsse auf die H-Aufnahme näher charakterisiert sowie eine Methode zur Bestimmung der H-Effusionsdauer in Abhängigkeit von der Materialdicke und Temperatur erarbeitet. Wirtschaftliche Vorteile vor allem für KMU ergeben sich durch eine höhere Sicherheit bei der Verarbeitung der höchstfesten Stähle infolge der Möglichkeit selbstständig zu testen, Nachwärmzeiten zu berechnen und somit Schweißprozeduren in Bezug auf die Wasserstoffabsorption sowie -effusion zu optimieren, wodurch wiederum Prozesszeiten minimiert werden. Die Anwendung der Ergebnisse in KMU und Industrie ist dabei ohne weitere finanzielle Belastungen möglich.

Projektleitung: Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode
Förderer: BMWi/AIF - 01.05.2021 - 30.09.2023

Vermeidung von Kaltrissen in UP-Dickblechschweißungen aus hochfesten Stählen

Bisher wird gefüge- und legierungsspez. Diffusionsverhalten und der Einfluss unterschiedlicher Wärmeführung auf die verzögerte Kaltrissbildung in UP-geschweißten Grobblechen nur bedingt berücksichtigt. Aufgrund der hohen Aufschmelzung beim UP-Schweißen verändert sich die lokale chemische Zusammensetzung beim Zusammentreffen unterschiedlicher Legierungskonzepte von Grundwerkstoff und Schweißgut (SG). Dies beeinflusst die Wasserstoffdiffusion und das mechanische Verhalten von WEZ und SG. Zusätzlich ist die Interaktion des Wasserstoffs mit einem risskritischen Gefüge unter erhöhter mehraxialer mechanischer Beanspruchung (durch die behinderte Bauteilschrumpfung bei großen Blechdicken) für hochfeste UP-geschweißte Stähle wie S690 nahezu unbekannt. Für die Industrie und insbesondere KMU ergibt im deshalb die Notwendigkeit der Sicherstellung der schweißtechnischen Verarbeitung der Werkstoffe in den notwendigen Dicken. Bei dickwandigen und daher sehr steifen Konstruktionen aus hochfesten UP-geschweißten Grobblechen ist mit erhöhter Kaltrissgefahr zu rechnen. Diese vor dem UP-Schweißen auszuschließen, ist wesentliches Projektziel. Dies wird erreicht durch Empfehlungen zur Wärmeführung beim UP Schweißen von metallurgisch günstigen Grundwerkstoff-Schweißzusatz-Kombinationen zur Erreichung einer hohen Kaltrissbeständigkeit. Basierend auf gefüge-, chemie- und temperaturabhängigen Diffusionskoeffizienten sowie Wasserstofffreisetzungstemperaturen werden Nachwärmtemperaturen bzw. -haltezeiten zur Wasserstoffreduktion ermittelt, in Hydrogen-Removal-Heat-Treatment (HRHT) Diagrammen zusammengefasst und den Anwendern als Richtlinien zur Verfügung gestellt. Bauteilschweißungen unter äußerer definierter Schrumpfbegrenzung ermöglichen die Verifizierung der HRHT-Prozeduren an unterschiedlichen Grundwerkstoff-Schweißzusatz-Kombinationen unter realen Steifigkeitsverhältnissen und somit die direkte Bauteilübertragbarkeit.

Projektleitung: Dr.-Ing. Manuela Zinke, M.Sc. Issac Thomas
Förderer: Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz - 01.05.2023 - 31.10.2025

Produktivitätssteigerung beim additiven Lichtbogenschweißen dünnwandiger Strukturen aus hochlegierten korrosionsbeständigen Werkstoffen

Ziel des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung einer geeigneten aktiven Kühlstrategie zum additiven MSG-CMT-Schweißen mit hochlegierten korrosionsbeständigen Massivdrahtelektroden. Diese soll sowohl in den kritischen Temperaturbereichen wirken, in denen relevante Gitterumwandlungen und Sekundärphasenausscheidungen auftreten, als auch die hohen technologischen Ansprüche des additiven Fertigungs, d. h. Eignung für mehrachsige Fertigungssystemen mit beweglichem Arbeitstisch und komplexe Bauteilstrukturen, berücksichtigen. Die wirtschaftlichen Vorteile des Kühlens sind eine signifikante Reduzierung der Nebenzeiten durch eine relativ geringe Investition sowie die mögliche Erhöhung von Abschmelzleistung bzw. Aufbauraten durch Einsatz von Mehrdraht-MSG-Schweißprozessen. Die technischen Vorzüge zeigen sich in einer verbesserten Makro- und Mikrostruktur, schnelleren Abkühlraten in den kritischen Temperaturgebieten sowie höheren mechanischen Eigenschaften und Korrosionsbeständigkeiten. Aufbauend auf dem Stand der Technik sind daher die Randbedingungen und Einflussfaktoren verschiedener aktiver Kühlmethoden gegenüberzustellen, eine geeignete Kühlstrategie abzuleiten und unter Beachtung der werkstofflichen Herausforderungen des hochlegierten korrosionsbeständigen Legierungstyps (Austenit, Duplex, Ni-Basis) zu untersuchen.

Projektleitung: Dr.-Ing. Manuela Zinke, Jun.-Prof. Dr.-Ing. Michael Rhode
Projektbearbeitung: M.Sc. Henrik Miedlig
Kooperationen: BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung
Förderer: BMWi/AIF - 01.09.2022 - 31.08.2024

Vereinfachte Prüfmethode zur Bewertung der Gefahr wasserstoffunterstützter Kaltrisse (HACC) beim Lichtbogenschweißen hochfester Stähle

Eine Prüfung der wasserstoffunterstützten Kaltrissbildung (HACC) bei der Einführung neuer Schweißverfahrensvarianten oder Werkstoffe ist aktuell nur mit sehr aufwendigen Untersuchungen möglich. Die Bestimmung der H-Gehalte sowie der HACC erfolgt dabei in getrennten Versuchsaufbauten, welche unterschiedliche Bedingungen an die Schweißaufgabe stellen. Eine standardisierte Methode, die sowohl eine H-Bestimmung als auch die Prüfung der Eigenschaftsdegradation vereint, existiert derzeit nicht. Auch das Normenwerk deckt eine Prüfung der HACC-Beständigkeit für hochfeste Stähle nicht ab und bestehende Konzepte (Vorwärmung) sind nicht zielführend. Das Ziel des Forschungsvorhabens besteht in der Erarbeitung und Erprobung einer neuartigen Prüfmethode, die die Prüfung von H-Gehalt und HACC-Empfindlichkeit vereint und zudem auch beim Verarbeiter (KMU) anwendbar ist. Hierzu erfolgen vergleichende Untersuchungen an einem HACC sensiblen sowie unempfindlichen Stahl mit dem MSG- und dem UP-Schweißprozess. Resultat des Forschungsvorhabens ist eine innovative Prüfmethode, die eine vereinfachte, universell und insbesondere für KMU geeignete werkstoff- und verfahrensoffene HACC-Prüfung ermöglicht.

Projektleitung: Dr.-Ing. Manuela Zinke
Projektbearbeitung: Christian Judex
Förderer: BMWi/AIF - 01.09.2020 - 31.08.2023

Steigerung der Korrosionsbeständigkeit von Schweißplattierungen durch Einsatz von MSG-Zweidrahtprozessen mit nicht artgleichen Drahtelektroden

Das Forschungsprojekt verfolgt das Ziel, bislang genutzte Ni-Basis-Legierungssysteme zum Schweißplattieren von Komponenten in Müllverbrennungsanlagen, Biomasseanlagen, Kohle- und Gaskesseln, Wirbelschichtkesseln und Chemieanlagen über die Nutzung der Button-Melt-Technik weiterzuentwickeln und über den Einsatz

von MSG-Zweidrahtprozessen praktisch umzusetzen. um die Hochtemperaturkorrosionsbeständigkeit von Schweißplattierungen bei gleichzeitigem Erfüllen der Anforderungen an die innere und äußere Nahtqualität zu verbessern. Diese Vorgehensweise wird gewählt, da Legierungsentwicklungen im Bereich von Ni-Basiswerkstoffen sehr aufwendig und kostenintensiv sind und die Schweißzusätze zumeist aus derselben Schmelze wie die Grundwerkstoffe gefertigt werden. In der Regel werden etwa 10 Jahre benötigt, um eine Hochtemperaturlegierung zu entwickeln und zu qualifizieren. Das Projekt schafft somit Basiswissen für die Entwicklung neuer Produkte, Verfahren und Dienstleistungen. Zudem bildet die Nutzung von Heißdraht-unterstützten MSG-Prozessvarianten einen vielversprechenden Ansatz nicht nur Abschmelzleistung und Schweißgeschwindigkeit beim Plattieren oder additiven Schweißen mit Ni-Basis-Schweißzusatzwerkstoffen zu maximieren. Ferner können über den Zusatzdraht die Schweißguteigenschaften gezielt metallurgisch beeinflusst werden.

8. EIGENE KONGRESSE, WISSENSCHAFTLICHE TAGUNGEN UND EXPONATE AUF MESSEN

Forschungsseminar des MDZWP, 30.03.2023

32. Schweißtechnische Fachtagung, Barleben, 11.05.2023

BNBS International Conference (Beyond Nickel-Based Superalloys IV) Potsdam, 26.-30.06.2023

Intermetallics Conference 2023, Kloster Banz, 02.-06.10.2023

1. Symposium der Reihe Energie, Ressourcen und Gesellschaft; Sonne, Mond und Kernzerfall:

Erneuerbare Energiequellen, Erscheinungsformen und Umwandlungstechnologien, SAW Leipzig, 10.11.2023

9. VERÖFFENTLICHUNGEN

BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Betke, Ulf; Scheffler, Michael

Effect of powder processing and sintering conditions on the microstructural, thermal, and mechanical properties of reticulated zinc oxide ceramic foams

Advanced engineering materials - Weinheim : Wiley-VCH Verl. . - 2023, insges. 13 S.

[Imp.fact.: 3.6]

Brunken, Fenna; Senft, Tristan; Herbst, Maria; Relja, Borna; Bertrand, Jessica; Lohmann, Christoph H.

CoNiCrMo particles, but not TiAlV particles, activate the NLRP3 inflammasome in periprosthetic cells

International journal of molecular sciences - Basel : Molecular Diversity Preservation International, Bd. 24 (2023), Heft 6, Artikel 5108, insges. 12 S.

[Imp.fact.: 5.6]

Buzolin, Ricardo Henrique; Richter, Tim; Pixner, Florian; Rhode, Michael; Schroepfer, Dirk; Enzinger, Norbert

Microstructure characterisation of multi-principal element alloys welds produced by electron beam welding

Materials and design - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 225 (2023), Artikel 111609, insges. 27 S.

[Imp.fact.: 8.4]

Buzolin, Rocardo Henrique; Richter, Tim; Pixner, Florian; Rhode, Michael; Schroepfer, Dirk; Enzinger, Norbert

Microstructure and texture characterisation of friction stir welded CoCrNi and CoCrFeMnNi multi-principle element alloys

Materials today / Communications - Amsterdam [u.a.]: Elsevier, Bd. 35 (2023), Artikel 105870, insges. 14 S.

[Imp.fact.: 3.8]

Czeskleba, D.; Nietzke, J.; Rhode, Michael; Kannengießer, Thomas

Investigation of stress relief crack susceptibility of CrMoV steels coarse grain HAZ via simulation of uniaxial stress conditions during PWHT

Welding in the world - Berlin : Springer . - 2023, insges. 9 S.

[Imp.fact.: 2.1]

Dammler, Kathleen; Sutygina, Alina; Scheffler, Franziska; Scheffler, Michael; Betke, Ulf

Increased microporosity in ceramic and metal foams - a novel processing combination

Advanced engineering materials - Weinheim : Wiley-VCH Verl. . - 2023, Artikel 2300799, insges. 9 S.

[Imp.fact.: 3.6]

Delgado Arroyo, Diego; Richter, Tim; Schroepfer, Dirk; Boerner, Andreas; Rhode, Michael; Lindner, Thomas; Preuß, Bianca; Lampke, Thomas

Influence of milling conditions on Al_xCoCrFeNiMoy multi-principal-element alloys

Coatings - Basel : MDPI, Bd. 13 (2023), Heft 3, Artikel 662, insges. 18 S.

[Imp.fact.: 3.4]

Dieck, Sebastian; Michael, Oliver; Wilke, Markus; Halle, Thorsten

Gruson's chilled cast iron - a legendary wonder material of the 19th century - Gruson'scher Hartguss - legendärer Wunderwerkstoff des 19. Jahrhunderts

Practical metallography - Berlin : de Gruyter, Bd. 60 (2023), Heft 12, S. 796-819

[Imp.fact.: 0.6]

Drexler, Andreas Karl; Konert, Florian; Nietzke, Jonathan; Hodžić, Emir; Pastore, Sergio; Domitner, Josef; Rhode, Michael; Sommitsch, Christof; Böllinghaus, Thomas

Effect of tensile loading and temperature on the hydrogen solubility of steels at high gas pressure

Steel research international - Weinheim : Wiley-VCH-Verl. . - 2023, insges. 9 S.

[Imp.fact.: 2.2]

Döring, Joachim; Basten, Stephan; Ecke, Martin; Herbster, Maria; Kirsch, Benjamin; Halle, Thorsten; Lohmann, Christoph H.; Bertrand, Jessica; Aurich, Jan C.

Surface integrity modification of CoCrMo alloy by deep rolling in combination with sub-zero cooling as potential implant application

Journal of biomedical materials research / B - Hoboken, NJ : Wiley, Bd. 111 (2023), Heft 4, S. 946-957

[Imp.fact.: 3.4]

Döring, Joachim; Buchholz, Adrian; Herbster, Maria; Gehring, Jennifer; Betke, Ulf; Chodór, Paweł; Zabrzyński, Jan; Bertrand, Jessica; Lohmann, Christoph H.; Łapaj, Łukasz

Damage analysis of retrieved Biolox[®] delta components used in hard and soft bearings

Acta biomaterialia - [Amsterdam]: Elsevier, Bd. 158 (2023), S. 827-842

[Imp.fact.: 9.7]

Eissel, Antonia; Engelking, Lorenz; Gustus, René; Treutler, Kai; Wesling, Volker; Schroepfer, Dirk; Kannengiesser, Thomas

Alloy modification for additive manufactured Ni alloy components, part I: effect on microstructure and hardness of Invar alloy

Welding in the world - Berlin : Springer, Bd. 67 (2023), Heft 4, S. 1049-1057

[Imp.fact.: 2.1]

Eissel, Antonia; Engelking, Lorenz; Treutler, Kai; Schroepfer, Dirk; Wesling, Volker; Kannengiesser, Thomas

Investigations on influencing the microstructure of additively manufactured Co-Cr alloys to improve subsequent machining conditions

Welding in the world - Berlin : Springer, Bd. 67 (2023), Heft 4, S. 1081-1089

[Imp.fact.: 2.1]

Engelking, Lorenz; Eissel, Antonia; Schroepfer, Dirk; Treutler, Kai; Kannengiesser, Thomas; Wesling, Volker

Optimisation of surface residual stresses using ultrasonic-assisted milling for wire-arc additive manufactured Ni alloy components

The international journal of advanced manufacturing technology - London : Springer, Bd. 126 (2023), Heft 9/10, S. 4191-4198

[Imp.fact.: 3.4]

Engelking, Lorenz; Schroepfer, Dirk; Kannengiesser, Thomas; Eissel, Antonia; Treutler, Kai; Wesling, Volker

Alloy modification for additive manufactured Ni alloy components Part II: Effect on subsequent machining properties

Welding in the world - Berlin : Springer, Bd. 67 (2023), Heft 4, S. 1059-1066

[Imp.fact.: 2.1]

Hepner, Eric; Woschke, Elmar; Schreiber, Vincent; Jüttner, Sven

Modellentwicklung für die prädiktive Auslegung reibgeschweißter Leichtbaustrukturen mittels FEM

Schweißen und Schneiden: Fachzeitschrift für Schweißen und verwandte Verfahren - Düsseldorf: DVS-Media GmbH, Bd. 75 (2023), 1-2, S. 48-54

Herbster, Maria; Müller, Eva-Christina; Jahn, Jannik; Buchholz, Adrian; Tootsi, Kaspar; Lohmann, Christoph H.; Halle, Thorsten; Bertrand, Jessica

In vivo corrosion on retrieved hip endoprostheses and in vitro effects of corrosion products on bone mineralization

Bone - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 175 (2023), Artikel 116852

[Imp.fact.: 4.1]

Hopf, Anton; Klug, Moritz; Durmaz, Kürsat; Goth, Klaus; Jüttner, Sven

Introduction of a new test methodology for determining the delayed cracking susceptibility

Journal of manufacturing and materials processing - Basel : MDPI, Bd. 7 (2023), Heft 1, Artikel 26, insges. 16 S.

[Imp.fact.: 3.2]

Hütter, Sebastian; Kauss, Norman; Halle, Thorsten

Continuous cooling transformation diagram of case hardening steel by instrumented jominy test
HTM - journal of heat treatment and materials - München : Hanser, Bd. 78 (2023), Heft 4, S. 209-216

Lafarge, Rémi; Hütter, Sebastian; Halle, Thorsten; Brosius, Alexander

Process window and repeatability of thermomechanical tangential ring rolling
Journal of manufacturing and materials processing - Basel : MDPI, Bd. 7 (2023), Heft 3, Artikel 98, insges. 13 S.
[Imp.fact.: 3.2]

Quackatz, L.; Griesche, A.; Kannengiesser, Thomas

Rapid solidification during welding of duplex stainless steels - in situ measurement of the chemical concentration by Laser-Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)
IOP conference series / Materials science and engineering / Institute of Physics - London [u.a.]: Institute of Physics, Bd. 1274 (2023), Artikel 012018, insges. 9 S.

Rhode, Michael; Kromm, Arne; Mente, Tobias; Brackrock, Daniel; Czeskleba, Denis; Kannengießer, Thomas

Component test for the assessment of delayed hydrogen-assisted cracking in thick-walled SAW joints for offshore applications
Welding in the world - Berlin : Springer . - 2023, insges. 15 S.
[Imp.fact.: 2.1]

Richter, Tim; Erxleben, Kjell; Rhode, Michael; Schroepfer, Dirk; Michael, Thomas; Boerner, Andreas

Microstructure characterization of dissimilar metal welds of innovative high- and medium-entropy alloys to austenitic stainless steels joint by tungsten inert gas and friction stir welding
Welding in the world - Berlin : Springer . - 2023, insges. 9 S.
[Imp.fact.: 2.1]

Scharf-Wildenhain, Antonia; Haelsig, A.; Hensel, J.; Wandtke, K.; Schroepfer, Dirk; Kannengiesser, Thomas

Heat control and design-related effects on the properties and welding stresses in WAAM components of high-strength structural steels
Welding in the world - Berlin : Springer, Bd. 67 (2023), Heft 4, S. 955-965
[Imp.fact.: 2.1]

Scheffler, Michael

Processing of ceramics from polysil(sesquioxane)-type Precursors - coatings, tapes, tailored surfaces, and porosity control
Advanced engineering materials - Weinheim : Wiley-VCH Verl. . - 2023, Artikel 2300290, insges. 12 S.
[Imp.fact.: 3.6]

Schroeder, Nina; Rhode, Michael; Kannengiesser, Thomas

Thermodynamic prediction of precipitations behaviour in HAZ of a gas metal arc welded S690QL with varying Ti and Nb content
Welding in the world - Berlin : Springer, Bd. 67 (2023), Heft 9, S. 2143-2152
[Imp.fact.: 2.1]

Solodkyi, Ievgen; Petrusha, Vadym; Grigoroscuta, Mihai Alexandru; Schmelzer, Janett; Hasemann, Georg; Betke, Ulf; Badica, Petre; Krüger, Manja

Efficient sintering of Mo matrix composites - a study of temperature dependences and the use of the sinter additive Ni
Metals - Basel : MDPI, Bd. 13 (2023), Heft 10, Artikel 1715, insges. 15 S.
[Imp.fact.: 2.9]

Wandtke, K.; Schroepfer, D.; Scharf-Wildenhain, R.; Haelsig, A.; Kannengiesser, Thomas; Kromm, A.; Hensel, J.

Influence of the WAAM process and design aspects on residual stresses in high-strength structural steels
Welding in the world - Berlin : Springer, Bd. 67 (2023), Heft 4, S. 987-996
[Imp.fact.: 2.1]

Witte, Nina; Huebler, Michael; Schroepfer, Thomas; Boerner, Andreas; Kannengiesser, Thomas
Wear behavior of innovative niobium carbide cutting tools in ultrasonic-assisted finishing milling
Wear - Amsterdam [u.a.]: Elsevier Science, Bd. 522 (2023), Artikel 204722
[Imp.fact.: 5.0]

Zinke, Manuela; Burger, Stefan; Jüttner, Sven
Mikrostruktur und mechanische Eigenschaften mit geregelter MSG-Schweißprozess (CMT) additiv gefertigter Strukturen aus Alloy 718
Schweissen und Schneiden - Düsseldorf : DVS-Media GmbH, Bd. 75 (2023), Heft 1-2, S. 24-31

Zinke, Manuela; Burger, Stefan; Jüttner, Sven
Processing of Haynes® 282® alloy by direct energy deposition with arc and wire
Materials - Basel : MDPI, Bd. 16 (2023), Heft 4, Artikel 1715, insges. 17 S.
[Imp.fact.: 3.4]

NICHT BEGUTACHTETE ZEITSCHRIFTENAUFsätze

Hopf, Anton Sampiero; Jüttner, Sven; Goth, Klaus; Luttmer, Michael
Investigations on hydrogen-assisted cold cracking of laser welded AHSS
Research Square - Durham, NC : Research Square . - 2023, S. 1-28

BEGUTACHTETE BUCHBEITRäge

Bethge, Eric; Schlosser, Benjamin; Jüttner, Sven
Neue Anwendung des Wire Arc Additive Manufacturing für hybride Aluminium-Druckguss-Bauteile
DVS Congress 2023 , 2023 - Düsseldorf : DVS Media GmbH, S. 539 - (DVS Berichte; Band 389)

Jüttner, Sven; Köhler, Moritz
Herstellung von Aluminiumschaumstrukturen mittels Wire-and-Arc-Additive-Manufacturing (WAAM)
32. Schweißtechnische Fachtagung - 11. Mai 2023, Barleben , 1. Auflage - Magdeburg : Universitätsbibliothek ; Zinke, Manuela *1966-*

Ullrich, Moritz; Jüttner, Sven
Methodik zur Bewertung eines Widerstandspunktschweißprozesses auf Grundlage der Elektrodenbewegung
32. Schweißtechnische Fachtagung - 11. Mai 2023, Barleben , 1. Auflage - Magdeburg : Universitätsbibliothek ; Zinke, Manuela *1966-*

Ullrich, Moritz; Nitz, Pascal; Jüttner, Sven
Methodik zur Bewertung eines Widerstandspunktschweißprozesses auf Grundlage der Elektrodenbewegung
DVS Congress 2023 , 2023 - Düsseldorf : DVS Media GmbH, S. 757-764 - (DVS Berichte; Band 389)

Zinke, Manuela; Miedlig, Henrik
Vereinfacht Prüfmethode zur Bewertung der Gefahr wasserstoffinduzierter Kaltrisse (HACC) beim Lichtbogen-schweißen hochfester Stähle
32. Schweißtechnische Fachtagung - 11. Mai 2023, Barleben , 1. Auflage - Magdeburg : Universitätsbibliothek ; Zinke, Manuela *1966-*

WISSENSCHAFTLICHE MONOGRAFIEEN

Zinke, Manuela [HerausgeberIn]; Schasse, René [HerausgeberIn]; Kassawat, Adam [HerausgeberIn]
32. Schweißtechnische Fachtagung - 11. Mai 2023, Barleben
Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2023, 1 Online-Ressource (81 Seiten, 28,26 MB), ISBN: 978-3-948749-35-4
Kongress: Schweißtechnische Fachtagung 32 Barleben 2023.05.11

NICHT BEGUTACHTETE BUCHBEITRÄGE

Schade, Benjamin; Ullrich, Moritz; Jüttner, Sven

Prozessdatenanalyse beim Widerstandspunktschweißen in Doppelpunkt-Anordnung
25. DVS-Sondertagung Widerstandsschweißen - Duisburg : Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren . - 2023, S. 175-181

Ullrich, Moritz; Jüttner, Sven

Data analysis in resistance spot welding - process monitoring for a galvanized dual phase steel based on the electrode displacement
THE 76th IIW Annual Assembly and International Conference on Welding and Joining - Singapore . - 2023, Artikel III-2169-23, insges. 19 S.

Ullrich, Moritz; Nimitz, Pascal; Wohner, Maximilian; Jüttner, Sven

Methodik zur Bewertung eines Widerstandspunktschweißprozesses auf Grundlage der Elektrodenbewegung
25. DVS-Sondertagung Widerstandsschweißen - Duisburg : Deutscher Verband für Schweißen und verwandte Verfahren . - 2023, S. 191-198

ABSTRACTS

Littmann, Mario; August, Olga; Harnisch, Karsten; Halle, Thorsten; Bertram, Frank; Christen, Jürgen

Cubic GaN epilayers grown by remote epitaxy on graphene covered 3C-SiC (001)/Si(001) substrates
Konferenz: 14th International Conference on Nitride Semiconductors, ICNS-14, Fukuoka, Japan, November 12-17, 2023, ICNS-14 - Fukuoka, Japan . - 2023, Artikel TuP-GR-7

ANDERE MATERIALIEN

Schwarzmann, Jakob; Mook, Gerhard [AkademischeR BetreuerIn]; Halle, Thorsten [AkademischeR BetreuerIn]

Magnetisches Streufeldverfahren zur Fehlstellendetektion in ferromagnetischen Feinstblechen
Magdeburg, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau 2023, 1 Online-Ressource (128 Seiten, 178,59 MB)

DISSERTATIONEN

Hütter, Sebastian; Halle, Thorsten [AkademischeR BetreuerIn]

Thermodynamics of alloys from first-principles calculations - a multiscale approach
Magdeburg, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau 2023, XIX, 119 Seiten ;
[Literaturverzeichnis: Seite 111-119]

Röbber, Christoph; Woschke, Elmar [AkademischeR BetreuerIn]; Halle, Thorsten [AkademischeR BetreuerIn]

Numerical assessment of the residual stress formation in rotary friction welding
Magdeburg: Universitätsbibliothek, Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau 2023, 1 Online-Ressource (IV, 100, III-XXIV Seiten, 22,63 MB) ;
[Literaturverzeichnis: Seite IX-XX]

Sprengel, Maximilian; Kannengießer, Thomas [AkademischeR BetreuerIn]

Study on the determination and the assessment of the residual stress in laser powder bed fused stainless steel structures
Berlin: Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Dissertation Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau 2023, xxv, 212, XIV Seiten - (BAM Dissertationsreihe; Band 173) ;
[Literaturverzeichnis: Seite 179-199]

Steppan, Enrico; Kannengießer, Thomas [AkademischeR BetreuerIn]

Zur Analyse der Eigenschaftsdegradation und des Bindungsverhaltens von Wasserstoff in höherfesten Feinkornbaustählen

Magdeburg: Universitätsbibliothek, 2023, Dissertation Magdeburg, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, Fakultät für Maschinenbau 2022, 1 Online-Ressource (xiii, 248 Seiten, 40,35 MB) - (BAM-Dissertationsreihe; Band 172) ;

[Literaturverzeichnis: Seite 211-226]