

# **Forschungsbericht 2005**

**Institut für Werkstofftechnik und Werkstoffprüfung**



**Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg**

**Fakultät für Maschinenbau**

## **Institut für Werkstofftechnik und Werkstoffprüfung**

Universitätsplatz 2, 39106 Magdeburg  
Tel. +49 (0)391 67 14541, Fax +49 (0)391 67 14569  
iww@uni-magdeburg.de

### **1. Leitung**

Prof. Dr.-Ing. habil. Doris Regener  
Prof. Dr.-Ing. Martin Heilmaier, (Geschäftsführender Institutsleiter)  
Dipl.-Chem. Eva Boese

### **2. Hochschullehrer**

Prof. Dr.-Ing. habil. Doris Regener  
Prof. Dr.-Ing. Martin Heilmaier  
apl. Prof. Dr.-Ing. habil. Gerhard Mook  
apl. Prof. Dr. rer. nat. habil. Ulrich Wendt  
PD Dr.-Ing. habil. Joachim Göllner

### **3. Forschungsprofil**

1. Mitwirkung an den interdisziplinären Forschungsschwerpunkten der Otto-von-Guericke-Universität:
  - DFG-Graduiertenkolleg Mikro-Makro-Wechselwirkungen in strukturierten Medien und Partikelsystemen . Dissertationsprojekt: Quantifizierung und Modellierung von Gefügestrukturen, Wiss. Leitung: Prof. Dr.-Ing. habil. D. Regener
2. Weitere Schwerpunkte der Grundlagen- und Applikationsforschung liegen auf den Gebieten
  - Untersuchung der Zusammenhänge zwischen Mikrostruktur und Eigenschaften metallischer und nichtmetallischer Werkstoffe, insbesondere von Leichtmetallen und Verbundwerkstoffen
  - Zerstörungsfreie Materialcharakterisierung mit Verfahren der Röntgen-, Ultraschall-, Wirbelstrom- und Lasertechnik
  - Bruch- und schädigungsmechanische Werkstoffcharakterisierung
  - Entwicklung und Anwendung betriebsnaher Verfahren der Korrosionsprüfung
  - Werkstoffbezogene Qualitätssicherung und Zuverlässigkeitsanalyse
  - Funktions- und entstehungsbezogene Quantifizierung von Werkstofftopographien
  - Pulvermetallurgische Synthese von metallischen Hochleistungswerkstoffen

### **4. Forschungsprojekte**

**Projektleiter:** PD Dr. Joachim Göllner  
**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Kathleen Schilling  
**Kooperationen:** Inst. f. Füge- und Strahltechnik

**Förderer:** Land (Sachsen-Anhalt); 01.08.2002 - 31.07.2005

**Analyse der komplexen Zusammenhänge zwischen Aufmischung und Eigenschaften von überlegiert gefertigten Schweißnähten an Superduplexstählen (SDS)**

Im Rahmen des Kooperations-Forschungsvorhabens soll das Verbindungsschweißen von Superduplexstahl (SDS) mit überlegierten Schweißzusätzen optimiert werden. Es sollen die grundlegenden Zusammenhänge zwischen dem Aufmischungsgrad und der Heißrisssicherheit sowie den mechanischen und korrosiven Eigenschaften von Schweißnähten am Superduplexstahl der Werkstoff-Nr. 1.4501 geklärt werden. Voraussetzung dafür ist die Ermittlung von Kennwerten bezüglich Aufmischung und Wärmeeintrag in Abhängigkeit vom eingesetzten Schweißzusatz und Schweißprozess. Eingesetzte Schweißwerkstoffe sind:

- SG-X2CrNiMoCuW25-9 (Thermanit 25/09 CuT)
- SG-X2CrNiMnMoN25-22-5-5 (Thermanit 26/22/5)
- SG-NiCr22Mo10W3 (Phyweld NCW)
- SG-NiCr20Fe14Mo11WN (Nicrofer S 5020)
- SG-NiCr23Mo16 (Nicrofer S 5923).

Für die Untersuchungen des Zusammenhangs zwischen Aufmischung und den Eigenschaften der überlegiert gefertigten Schweißverbindungen wurden die Schweißprozesse WIG, MAG-Impulslichtbogen (MAGp) und UP eingesetzt. Für die Charakterisierung der Schweißungen werden u.a. metallografische sowie mikroanalytische Untersuchungen durchgeführt. Zudem werden umfangreiche Untersuchungen zu den mechanischen Eigenschaften durchgeführt. Für die Einschätzung der Korrosionsbeständigkeit ist die Entwicklung und Modifizierung elektrochemischer Messmethoden erforderlich.

---

**Projektleiter:** PD Dr. Joachim Göllner

**Förderer:** AIF; 01.01.2004 - 31.12.2005

**Bestimmung kritischer Lochkorrosionstemperaturen auf der Grundlage der Erfassung und Auswertung des elektrochemischen Rauschens**

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist es, die schnelle und objektive Ermittlung kritischer Lochkorrosionstemperaturen (CPT) hochlegierter Stähle und Nickelbasislegierungen auf der Grundlage elektrochemischer Rauschmessungen als innovative Prüfmethode zu qualifizieren. Weiterhin sollen neben der Lochkorrosionstemperatur zusätzliche Kennwerte (z.B. zur Keimbildungs- und Repassivierungscharakterisierung) aus den Versuchen bestimmt werden, die den Informationsgehalt dieses Prüfverfahrens noch erhöhen.

---

**Projektleiter:** PD Dr. Joachim Göllner

**Projektbearbeiter:** Dipl.-Ing. Simone Spieler

**Förderer:** AIF; 01.02.2005 - 31.01.2007

**Füge- und Korrosionsuntersuchungen an Stanznietverbindungen aus Chrom-Nickel-Stahl und Feinblechen mit veredelten Oberflächen**

Das Ziel des beantragten Vorhabens besteht in der Modifizierung des Stanznietverfahrens hinsichtlich des Verbindens hochlegierter Chrom-Nickel-Stähle (z.B. 1.4301 mit variierten Ni-Gehalten) mit verzinkten Feinblechen (z.B. DC04) und der Optimierung der sich für die Fugestelle ergebenden Eigenschaften insbesondere hinsichtlich des Korrosionsverhaltens. Als entscheidende Voraussetzung zur Erarbeitung geeigneter Lösungen müssen wissenschaftliche Zusammenhänge in Bezug auf die Bimetallkorrosion aufgedeckt werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Martin Heilmaier  
**Projektbearbeiter:** H. Saage, P. Biragoni, M. Krüger, O. Frommhagen  
**Kooperationen:** IRC Birmingham, UK, ONERA Paris, France, Plansee AG, Reutte/Tirol, Österreich, University of Surrey, UK  
**Förderer:** EU; 01.01.2004 - 31.12.2007

**Gasturbinenwerkstoffe für extrem hohe Temperaturen**

Das Projekt ULTMAT zielt auf die Erstellung einer zuverlässigen technologischen Basis für die Einführung neuer metallischer Hochtemperaturwerkstoffe auf der Basis Mo-Si-B bzw. Nb-Si, die eine Erhöhung der Gaseintrittstemperatur in Turbinen um mindestens 100 °C ermöglichen sollen. Weitere Details s. englische Version.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. habil. Gerhard Mook  
**Kooperationen:** Fiat Avio, INASCO, ITP, MTU, Rolls Royce, RWTH Aachen, Snecma, Universität Nottingham, Universität Uppsala, Volvo  
**Förderer:** EU; 01.02.2001 - 31.07.2005

**MANHIRP - Integration von Steuergrößen in den Herstellungsprozess hochintegrierter Rotationsteile für moderne Gasturbinen**

Entwicklung von Methoden zur Prozesssteuerung mit Hilfe zerstörungsfrei zugänglicher Prozess- und Werkstückparameter.

Beitrag der Universität Magdeburg: Entwicklung hochauflösender Wirbelstrom-Mehrfrequenzverfahren zur Detektion und Charakterisierung von Anomalien im oberflächennahen Bereich rotierender Bauteile aus Titan- und Nickelbasislegierungen.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. habil. Gerhard Mook  
**Förderer:** Bund; 01.09.2005 - 31.08.2008

**Wachstumskern AL-CAST: Verbundprojekt: OPAL - Teilprojekt: Neue Verfahren zur objektiven Randschichtprüfung von Aluminiumguss**

Den hohen Anforderung an die Werkstoffintegrität im Randschichtbereich von Aluminium-Strukturbauteilen wird gegenwärtig dadurch Rechnung getragen, dass eine visuelle und/oder penetrative Oberflächenprüfung vorgenommen wird, die jedoch nur offene Fehlstellen zur Anzeige bringt. Noch immer liegen der Prüfkraft und die Bewertung der Anzeigen beim Menschen, dessen Subjektivität ein wesentlicher Unsicherheitsfaktor ist. Im Rahmen des Projektes sollen neue Verfahren entwickelt werden, deren Potenzial in der vollautomatischen Prüfung und Bewertung von Randschichten komplexer Geometrien bei gleichzeitig geringeren Kosten als heute besteht.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Doris Regener  
**Projektbearbeiter:** Tkachenko, Viktoria  
**Förderer:** Bund; 01.01.2005 - 30.06.2006

**Einsatz von superleichten Magnesium-Lithium-Legierungen - Charakterisierung des crashrelevanten Werkstoffverhaltens**

Mit der Einführung von Mg-Li-Legierungen stehen der Automobilindustrie besonders leichte Werkstoffe zu Verfügung, die sich darüber hinaus durch ihre hohe Duktilität und Schadenstoleranz auszeichnen. Jedoch in druckgegossenen Komponenten können herstellungsbedingte Defekte entstehen, die die guten inhärenten Werkstoffeigenschaften

---

verschlechtern.

Das Ziel der Arbeit besteht daher in einer umfassenden Charakterisierung des Eigenschaftsprofils unter statischer und dynamischer Beanspruchung und dessen Zusammenhang zu den Herstellungsbedingungen.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. Doris Regener

**Projektbearbeiter:** Leo Prakash, M.Sc.

**Förderer:** DFG; 01.10.2002 - 30.09.2005

**Untersuchung von mikrostrukturellen Einflüssen auf das Eigenschaftsprofil von druckgegossenen Magnesiumlegierungen**

Druckgegossene Magnesiumlegierungen enthalten infolge des Herstellungsprozesses Einschlüsse, Gasporen und Mikrolunker, die die mechanischen Eigenschaften erheblich beeinträchtigen können. Um den Zusammenhang zwischen den Inhomogenitäten aufzudecken, werden Methoden zur Quantifizierung und Charakterisierung der Inhomogenitäten als Basis für eine Gefügesimulation erarbeitet.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. habil. Ulrich Wendt

**Projektbearbeiter:** Prof. Dr. U. Wendt

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2004 - 30.05.2005

**Einrichtung zum Bestimmen der Dichte der Rückstreuielektronen im Gebiet von Rückstreuielektronen-Beugungsmustern; Patentanmeldung 10 2004 006 429.6 (09.02.2004)**

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Bestimmen der Dichte der Rückstreuielektronen im Gebiet von Rückstreuielektronen-Beugungsmustern, insbesondere von Beugungsbändern, die bei Bestrahlung einer kristallinen Stoffprobe mit Elektronen infolge der Elektronenbeugung am Kristallgitter entstehen. Die Erfindung ermöglicht es, die Rückstreuielektronen-Dichte in einem ausgewählten Messgebiet mit hoher Ortsauflösung zu bestimmen. Die so erhaltenen Daten können z. B. verwendet werden, um mit hoher Genauigkeit den lokalen Verformungszustand kristalliner Stoffe oder die Abweichungen der Kristallstruktur vom Idealfall zu bestimmen. Dies wird erreicht, indem ein erstes Messmittel bei einer ersten Ortsauflösung den örtliche Verlauf der Dichte der Rückstreuielektronen in einem vorgegebenen Raumwinkel-Bereich bestimmt. Der bei dieser Auflösung ermittelte Verlauf der Rückstreuielektronen-Dichte dient nur dazu, um in ihm mit Hilfe von Auswertemitteln die Position mindestens eines Teilbereiches aus dem Raumwinkel-Bereich zu bestimmen, der Beugungsbänder/Kikuchi-Linien enthält. Die erste Ortsauflösung kann deshalb relativ niedrig sein. Der ausgewählte Teilbereich definiert ein Messgebiet, in dem mit einem zweiten Messmittel die Rückstreuielektronen-Dichte in den Beugungsbändern/Kikuchi-Linien mit einer zweiten Ortsauflösung bestimmt wird, die wesentlich höher als die erste Ortsauflösung ist. Auf diese Weise werden hochauflösende Messungen auf eine relativ kleine Messgebiets-Fläche beschränkt, wodurch Messaufwand und Messzeit erheblich reduziert werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. habil. Ulrich Wendt

**Projektbearbeiter:** Prof. Dr. U. Wendt

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2004 - 29.05.2005

**Verfahren zum Bestimmen des lokalen Kristallgitterzustandes von Stoffen; Patent-Anmeldung**

10 2004 006 431.8 (09.02.2004)

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Bestimmen des lokalen Kristallgitterzustandes von Stoffen aus dem örtlichen Verlauf der Dichte der Rückstreuelektronen, die bei Elektronenbestrahlung eines vorgegebenen Stoffbereichs entstehen. Das Verfahren ermöglicht insbesondere die Bestimmung des lokalen Verformungszustandes kristalliner Stoffe sowie die Bestimmung von Abweichungen der Kristallstruktur vom Idealfall.

Dies wird erreicht, indem in einem ersten Verfahrensschritt der örtliche Verlauf der Dichte der Rückstreuelektronen in einem vorgegebenen Raumwinkel-Bereich mit einer ersten, relativ niedrigen Ortsauflösung ermittelt wird. Aus dem so mit niedriger Auflösung erhaltenen Dichteverlauf wird ein Messgebiet ermittelt, das Beugungsbänder/Kikuchi-Linien enthält, deren hochauflösende Vermessung eine Bestimmung des lokalen Kristallgitterzustandes mit einer vorgebbaren geringen Messunsicherheit gestattet. Deshalb wird in dem so ermittelten Messgebiet in einem zweiten Verfahrensschritt der örtliche Verlauf der Dichte der Rückstreuelektronen mit einer zweiten, sehr hohen Ortsauflösung ermittelt. Aus den so erhaltenen Daten kann der lokale Kristallgitterzustand in bekannter Weise bestimmt werden.

---

**Projektleiter:** Prof. Dr. habil. Ulrich Wendt

**Projektbearbeiter:** Prof. Dr. U. Wendt

**Förderer:** Haushalt; 01.01.2004 - 30.05.2005

**Verfahren zur Verbesserung der Auswertbarkeit von Rückstreuelektronen-Beugungsmustern kristalliner Stoffe sowie Einrichtung zum Erfassen der Rückstreuelektronen-Dichte in Rückstreuelektronen-Beugungsmustern; Patent-Anmeldung 10 2004 010 226.0 (29.02.2004)**

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Verbesserung der Auswertbarkeit von Rückstreuelektronen-Beugungsmustern kristalliner Stoffe sowie eine auf dem Verfahren basierende Einrichtung zum Erfassen der Rückstreuelektronen-Dichte in Rückstreuelektronen-Beugungsmustern. Derartige Beugungsmuster entstehen bei Bestrahlung eines vorgegebenen Stoffbereichs mit Elektronen infolge der Elektronenbeugung am Kristallgitter. Das Verfahren und die Einrichtung ermöglichen eine höhere Messgenauigkeit insbesondere bei der Bestimmung des lokalen Verformungszustandes kristalliner Stoffe sowie der Bestimmung von Abweichungen der Kristallstruktur vom Idealzustand.

Dies wird erreicht durch die Verwendung mindestens einer elektronenoptischen Anordnung, welche die Divergenz der Rückstreuelektronenbahnen in einem vorgebbaren Raumwinkelbereich nach einer vorgebbaren Funktion vergrößert.

## **5. Eigene Kongresse und wissenschaftliche Tagungen**

8 Veranstaltungen der Reihe "Werkstofftechnisches Kolloquium"

## **6. Veröffentlichungen**

### ***Originalartikel in internationalen Zeitschriften***

**Boese, Eva ; Göllner, Joachim ; Heyn, Andreas ; Eisenberg, Stephan (ext.)**

Magnesium alloy in contact with coated components.

In: Corrosion : the journal of science and engineering [Houston, Tex.] 61(2005), Nr. 5, S. 502

---

- 509

[Imp.fact.: 0.833]

**Jehanno, P. (ext.) ; Heilmaier, Martin ; Kestler, H. (ext.) ; Boening, M. (ext.) ; Venskutonis, A. (ext.) ; Jackson, M. (ext.)**

Assessment of a power metallurgical processing route for refractory metal silicide alloys.

In: Metallurgical and materials transactions / a [Warrendale] 36(2005), S. 515 - 523

[Imp.fact.: 1.285]

**Prakash, Leo ; Prasanna, B. (ext.) ; Regener, Doris**

Computational microstructure analyzing technique for quantitative characterization of shrinkage and gas pores in pressure die cast AZ91 magnesium alloys.

In: Computational materials science [Amsterdam] 32(2005), S. 480 - 488

[Imp.fact.: 1.003]

**Regener, Doris**

Microstructure and mechanical properties of the pressure die cast magnesium ally AZ91D after long-term thermal exposure.

In: China foundry [BeiJing] 2(2005), Nr. 2, S. 77 - 84

**Stang, F. ; Fansa, H. (ext.) ; Wolf, Gerald ; Reppin, Michael ; Keilhoff, Gerburg**

Structural parameters of collagen nerve grafts influence peripheral nerve regeneration.

In: Biomaterials 26(2005), Nr. 16, S. 3083 - 3091

[Imp.fact.: 3.799]

### ***Originalartikel in nationalen Zeitschriften***

**Blumenauer, Horst**

Die Zähigkeit als Werkstoff- und Bauteileigenschaft.

In: Materialprüfung [München] 47(2005), Nr. 1-2, S. 10 - 15

**Chen, Lihe (ext.) ; Zheng, Liu (ext.) ; Regener, Doris ; Ambos, Eberhard (ext.) ; Klein, Friedrich (ext.)**

Einfluss der Wärmebehandlung auf die mechanischen Eigenschaften von Druckgussteilen aus AZ91HP.

In: Giessereiforschung [Düsseldorf] 57(2005), Nr. 3, S. 28 - 41

**Mook, Gerhard ; Feist, Wolf-Dieter (ext.) ; Hinken, Johann (ext.)**

Wolframkarbideinschlüsse in Flugtriebwerksrotoren : detektieren, lokalisieren und identifizieren mit elektromagnetischen Verfahren.

In: Materialprüfung [München] 47(2005), Nr. 4, S. 219 - 225

**Nganbe, Michel (ext.) ; Heilmaier, Martin ; Schultz, Ludwig (ext.)**

Dependence of mechanical strength on grain structure in the  $\gamma'$  and oxide dispersion : strengthened nickelbase superalloy PM 3030.

In: Zeitschrift für Metallkunde [München] 96(2005), Nr. 6, S. 625 - 631

[Imp.fact.: 0.907]

**Prakash, Leo ; Regener, Doris**

2d quantitative characterization of microstructural inhomogeneities in the pressure die cast AZ91 magnesium alloy = Quantitative 2D-Charakterisierung von Gefügeinhomogenitäten in einer druckgegossenen Magnesiumlegierung AZ91.

In: Praktische Metallographie [München] 42(2005), Nr. 11, S. 555 - 575

**Saage, Holger ; Heilmaier, Martin ; Eckert, Juergen (ext.)**

On the Orowan stress in intermetallic ODS alloys and its superposition with grain size and solid solution hardening.

In: Zeitschrift für Metallkunde [München] 96(2005), Nr. 7, S. 799 - 804

[Imp.fact.: 0.907]

**Originalartikel in zeitschriftenartigen Reihen**

**Heyn, Andreas ; Göllner, Joachim ; Bierwirth, Marco ; Burkert, A. (ext.)**

Application of electrochemical noise measurements for salt-spray testing.

In: NACE (Hrsg.): Corrosion 2005 (Houston, Texas, USA April 3. - 7. 2005). Houston, Texas, 2005, Paper 5364, [Elektronische Ressource] (Corrosion 2005)

**Saage, Holger ; Heilmaier, Martin**

Untersuchung der Partikelgrößenverteilung in oxiddispersionsverfestigten intermetallischen Legierung mittels FIB.

In: Göken, Mathias (Hrsg.): Fortschritte in der Metallographie (39. Metallographie- Tagung Erlangen 14.-16. September 2005). - Vortragstexte. Frankfurt : DGM Informationsgesellschaft, 2005, S. 255 - 260 (Sonderbände der Praktischen Metallographie 37)

**Weber, Kai (ext.) ; Regener, Doris**

Optimierung und zerstörungsfreie Qualitätssicherung des Gefüges von Chromgusseisen für Mahlkugeln.

In: Göken, Mathias (Hrsg.): Fortschritte in der Metallographie (39. Metallographie- Tagung Erlangen 14.-16. September 2005). - Vortragstexte. Frankfurt : DGM Informationsgesellschaft, 2005, S. 195 - 200 (Sonderbände der Praktischen Metallographie 37)

**Wissenschaftliche Monographien**

**Heyn, Andreas**

Rauschanalyse des Frühstadiums der Lochkorrosion. Aachen : Shaker, 2005, 121 S. (Berichte aus der Werkstofftechnik) Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Maschinenbau. Diss., 2004

**Saage, Holger**

Herstellung und Eigenschaften mechanisch legierter oxiddispersionsgehärteter (Al, Cr)<sub>3</sub>Ti-Legierungen. Aachen : Shaker, 2005, 159 S. (Berichte aus der Werkstofftechnik) Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Maschinenbau, Diss., 2004

**Schilling, Kathleen**

Früherkennung selektiver Korrosion an hochlegierten Stählen. Aachen : Shaker, 2005, V, 158



S. (Berichte aus der Werkstofftechnik) Zugl.: Magdeburg, Univ., Fak. für Maschinenbau, Diss.

### ***Buchbeiträge (einschließlich Lehrbuchbeiträge)***

#### **Heilmaier, Martin**

Mechanical behavior of Zr-based bulk metallic glasses: processing for properties.

In: Gupta, M. (Hrsg.) ; ... (Hrsg.): Processing and fabrication of advanced materials XIII, PFAM 2004 (international symposium Pan-Pacific Hotel, Singapore December 6-8 2004).

- proceedings. Vol. 2. Singapore [u.a.] : Stallon Press, 2005, S. 592 - 611 (PFAM 2004)

### ***Artikel in Kongreßbänden***

**Jehanno, P. (ext.) ; Heilmaier, Martin ; Saage, Holger ; Boening, M. (ext.) ; Venskutonis, A. (ext.) ; Knabl, W. (ext.)**

High temperature deformation mechanisms of molybdenum silicides with molybdenum and intermetallic matrix.

In: Kneringer, Günter (Hrsg.) ; Plansee-Aktiengesellschaft (Veranst.): Powder metallurgical high performance materials (16th international Plansee seminar Reutte, Tyrol 30.5.-3.6.2005).

- proceedings. Vol. 1: High performance PM materials. Reutte, 2005, S. 841 - 854

### ***Hochschulschriften***

#### **Schilling, Kathleen**

Früherkennung selektiver Korrosion an hochlegierten Stählen. 2005, V, 158 S. Magdeburg, Univ., Fak. für Maschinenbau, Diss., 2005 Zugl. unter ISBN 3-8322-4469-7