



Newsletter

Aktuelles vom Lehrstuhl WW I, Allgemeine Werkstoffeigenschaften, Department Werkstoffwissenschaften

Ausgabe 1/ 2011

Liebe Ehemalige, Freunde, Kooperationspartner und Kollegen des Lehrstuhls WW I,

Die Sommerferien haben jetzt auch in Bayern begonnen und einige Tage freie Zeit und Erholung sind sicherlich für alle wohlverdient und wichtig. An der Technischen Fakultät herrscht seit diesem Frühjahr Hochbetrieb. Auf Grund der Verkürzung der Gymnasialzeit um ein Jahr (G8) haben wir in diesem Jahr an den bayerischen Hochschulen einen Doppeljahrgang zu verkraften. In Erlangen haben wir uns recht gut darauf eingestellt und viele Studiengänge haben einmalig auch zum Sommersemester einen Studienstart angeboten, was überraschend stark in Anspruch genommen wurde. Fast 100 Anfänger in den beiden Studiengängen Materialwissenschaft und Werkstofftechnik sowie Nanotechnologie haben mit viel Begeisterung ihr Studium aufgenommen. Dieser Zulauf freut uns, er führt aber auch zu viel zusätzlicher Arbeit und insbesondere bei den Praktika ist es zurzeit ziemlich schwierig, alles wie gewohnt abzuhalten. Ohne die große Bereitschaft aller Mitarbeitern/innen zu zusätzlichem Einsatz wäre das nicht zu schaffen, wofür ich mich hier ausdrücklich bedanken möchte.

Auch im Bereich der Forschung läuft die Arbeit im Hochbetrieb und WW I ist wieder in einer Wachstumsphase. In Kürze können wir auf dem ehemaligen Grundiggelände in Fürth weitere Räume beziehen. Dort wurde eine Etage mit knapp 1000 m² Fläche für das Department angemietet. Unter anderen entsteht dort auch eine kleine Halle für die Herstellung ultrafeinkörniger Werkstoffe, die von WW genutzt werden wird. Weiterhin wird dort in Kürze der neue Lehrstuhl WW8 (Werkstoffsimulation) seine Tätigkeit aufnehmen. Wichtigstes Arbeitsfeld ist im Moment der Verlängerungsantrag für das Exzellenzcluster „Engineering of Advanced Materials“, der in Kürze fertiggestellt sein muss. Wir hoffen auf weitere Förderung in den nächsten 5 Jahren. Nicht nur im Exzellenzcluster nehmen FIB-basierte Methoden einen immer wichtigeren Raum ein, wovon auch kurz in diesem Newsletter berichtet wird.

Ich wünsche Ihnen allen eine gute Lektüre und eine gute Zeit in der Sommerpause.



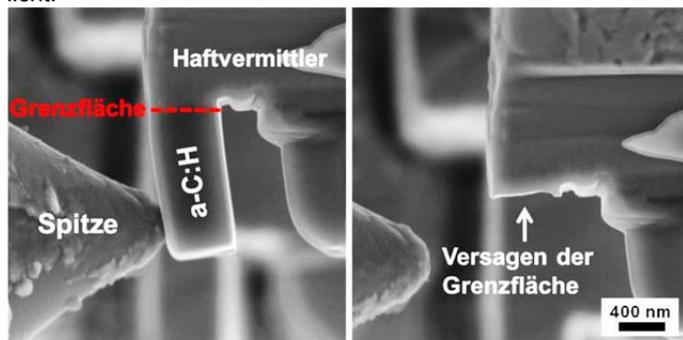
Viel Spaß beim Lesen, mit herzlichen Grüßen

Ihr Mathias Göken

Aus der Forschung

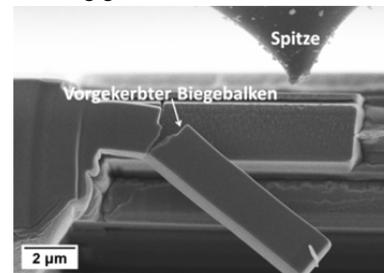
Nanomechanische Charakterisierung von Materialeigenschaften: Nano-Biegebalken

Die Stärken neuer nanomechanischer Testmethoden sind es, die lokalen mechanischen Eigenschaften, wie beispielsweise das Bruch- oder Festigkeitsverhalten von komplexen Materialsystemen, genau zu bestimmen und zu verstehen. Neben den bei WW I bereits etablierten Testmethoden auf der Mikroskala, wie die Nanoindentierung und der Bulge-Test, steht seit kurzem ein neues System zur Verfügung, welches das Spektrum der mechanischen Charakterisierungsmöglichkeit auf der Sub-Mikrometerskala erweitert. Das Kraftmesssystem FMS-EM der Firma Kleindiek verfügt über eine piezoresistive Kraftmessspitze, die eine in-situ Kraftauflösung im Bereich von 1 µN ermöglicht.



In-situ Mikrobiegeversuche zur Bestimmung der Grenzflächenfestigkeit eines amorphen Kohlenstoffschichtsystems.

Mit dem Kraftmesssystem wurden bereits erste mechanische Tests auf der (Sub-) Mikrometerskala erfolgreich durchgeführt. Grundlage der Untersuchungen ist die gezielte Präparation von Proben auf der Mikrometerskala mittels eines fokussierten Ionenstrahls (FIB). So wurden anhand von in-situ Mikrobiegeversuchen an FIB-präparierten Biegebalken zum einen die Grenzflächenfestigkeit von wasserstoffhaltigen amorphen Kohlenstoffschichtsystemen (a-C:H) quantitativ bestimmt und zum anderen die anisotrope Bruchzähigkeit von NiAl-Einkristallen in Abhängigkeit der Kristallorientierung ermittelt.



Ermittlung der Bruchzähigkeit von NiAl-Einkristallen.

Untersucht wurden zwei mit unterschiedlichen Prozessparametern auf Stahlsubstraten abgegebene wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschichtsysteme mit einer Haftvermittlerschicht auf Chrombasis. Mit Hilfe des FMS-EM wurde in in-situ Biegeversuchen die Grenzflächenfestigkeiten der Schichtsysteme mit ähnlicher Mikrostruktur, jedoch qualitativ unterschiedlichen Haftungseigenschaften quantifiziert und die Schwachstelle der Schichtsysteme identifiziert. Hierbei ergaben sich stark unterschiedliche Grenzflächenfestigkeiten für die beiden betrachteten Schichtsysteme. Durch ergänzende transmissionselektronenmikroskopische Untersuchungen konnten die Haftungseigenschaften der Schichtsysteme sowohl mit der Mikrostruktur als auch den chemischen Gradienten der Haftvermittlerschicht korreliert werden.

Untersuchungen an anisotropen NiAl-Einkristallen zeigten, dass mit dieser Methodik Bruchzähigkeitswerte bestimmbar sind, die mit den makroskopisch ermittelten Werten sehr gut übereinstimmen. Der Kerbradius beträgt hier in etwa 50 nm. Somit entstehen große Dehngredienten an der Rissfront, die sich auf die örtliche Fließspannung auswirken und zu sprödem Materialversagen führen.

C. Schmid & J. Ast

Kobaltbasis-Superlegierungen

Im Bereich der Hochtemperaturwerkstoffe nehmen heutzutage die Nickelbasis-Superlegierungen aufgrund der Härtung mit der γ' -Phase eine herausragende Stellung ein. Der Verbund aus der γ -Matrix und der kohärent eingebundenen γ' -Phase sorgt dabei für die hohe Festigkeit bei hohen Temperaturen, welche zusammen mit ausreichender Duktilität und guter Oxidationsbeständigkeit ein einzigartiges Eigenschaftsprofil für die Hochtemperaturanwendung bieten.

Jahrzehntlang galt die Härtung der Kobaltbasis-Superlegierungen mit der kohärenten γ' -Ausscheidungsphase über 900 °C als nicht möglich und somit konnten diese Legierungen mit den Nickelbasis-Superlegierungen in Bezug auf Hochtemperaturfestigkeit nicht konkurrieren. Dennoch werden die Karbid- und mischkristallgehärteten Kobaltbasis-Superlegierungen aufgrund ihrer guten Oxidations- und Korrosionsbeständigkeit bei hohen Temperaturen immer noch erfolgreich in korrosionsgefährdeten Bereichen eingesetzt. Weitere Vorteile dieser Legierungen liegen in der Schweißbarkeit und somit in der guten Eignung für Reparaturen, sowie in der exzellenten Thermoschockbeständigkeit dieser Werkstoffklasse.

Im Jahre 2006 gelang es jedoch der Forschergruppe um Jun I. Sato durch Zulegieren von Wolfram zum Co-Al System die Bildung einer stabilen γ' -Ausscheidungsphase in der Legierung Co-9Al-9W (At. %) zu realisieren. Seit einigen Jahren wird auch bei WW I im Rahmen des Graduiertenkollegs 1229 intensiv an diesen Werkstoffen geforscht. Bereits die ersten experimentellen Legierungsvarianten zeigten eine γ/γ' Mikrostruktur, welche in der Morphologie und dem Volumenanteil der γ' -Phase den heutigen Werkstoffen auf Nickelbasis ähnlich ist. Die Schmelztemperatur des neuen Legierungssystems liegt sogar um etwa 100 °C höher als die der auf Nickel basierten Legierungen. Zusätzlich bietet sich eine vielfältige Auswahl an Legierungselementen an und eröffnet diverse Möglichkeiten in der Legierungsentwicklung.

In ersten Kriechversuchen an polykristallinen ternären Legierungen zeigte sich die deutliche Überlegenheit der neuen Legierungsklasse gegenüber den konventionellen Kobaltbasis-Superlegierungen. Kriechversuche an quaternären Co-Al-W-X Legierungen zeigten sogar den Nickelbasis-Superlegierungen vergleichbare mechanische Eigenschaften. Nach dem heutigen Stand der Entwicklung ließen sich diese Materialien gut als Knetlegierungen einsetzen.

A. Bauer & S. Neumeier

Vier Jahre GK-REM Entwicklung

Im September 2006 wurde am ZMP in Fürth ein weltweit einmaliges Großkammer-Rasterelektronenmikroskop in Betrieb genommen. Alleinstellungsmerkmale gegenüber den zehn weiteren GK-REM weltweit sind dabei unter anderem die Verwendung einer heißen Feldemissionskathode und die Kombination mit einer integrierbaren servohydraulischen Prüfmaschine.

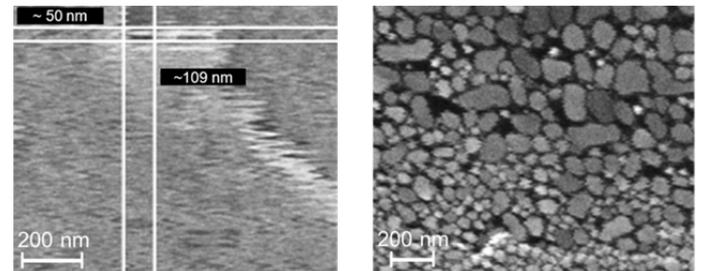
Ziel war es, neben der Untersuchung großer Bauteile, in-situ Ermüdungsexperimente durchführen zu können, um somit eine enge Korrelation zwischen mikrostrukturellen Veränderungen

und den mechanischen Kennwerten eines Materials zu erhalten.

So konnten in der Anfangsphase eindrucksvolle Grundlagenexperimente auf vielen Forschungsgebieten der Schadensfallanalyse, dem Interrupted Monitoring, der in-situ Schädigung, der in-situ Ermüdung und auch der in-situ Tribologie aufgebaut werden.

Im Arbeitseinsatz stellte sich jedoch heraus, dass diese einmalige Kombination zweier komplexer Systeme auch grundlegende Schwachstellen in der konstruktiven und konzeptionellen Umsetzung zeigte. Die geforderte Auflösung von 10 nm wurde nur unter anwendungsfernen Bedingungen eingehalten und ferner stellte sich heraus, dass die Biegesteifigkeit des Laststranges der servohydraulischen Prüfmaschine unbefriedigend ausgeführt wurde. Weiterhin musste das Ultrahochvakuumsystem (UHV) der Feldemissionskathode umkonstruiert werden, so dass diese mit den optimalen Parametern betrieben werden konnte. Auch der Kühlkreislauf musste hinsichtlich der Berstsicherung und Korrosionsvermeidung verbessert werden.

So wurden in der darauf folgenden Zeit grundlegende Umkonstruktionen durchgeführt. Das Kühlsystem wurde komplett erneuert, mit kühlmitelverträglichen Materialien ausgestattet und mit Magnetventilen samt Überwachungssystem gegen Leckagen gesichert. Das gesamte UHV-System wurde ebenfalls umkonstruiert und neu gefertigt, so dass die Elektronensäule heute mit optimalen Betriebsparametern arbeitet. Auch der Laststrang der servohydraulischen Prüfmaschine wurde stabilisiert und die Arbeitsmöglichkeiten konstruktiv verbessert.



Hochauflösungsprobe (Gold auf Kohle): links: Zustand vor der Überarbeitung des GK-REM. Die Amplitude der Schwingungen beträgt ca. 110 nm. rechts: Nach der Umkonstruktion. Die Amplitude der verbliebenen Schwingungen ist kleiner 10 nm.

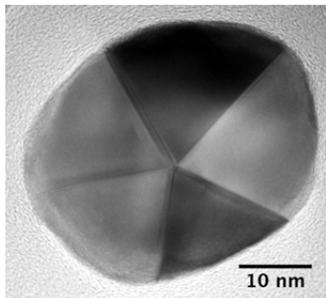
Die umfangreichsten Umkonstruktionen erfolgten im Bereich des Vakuum- und Dämpfungssystems. Durch die Entflechtung des Vorvakuums, die systemgerechte Verwendung neuer Pumpen und die Verlegung der Dämpfung unter die Vakuumkammer konnte die Schwingungsamplitude drastisch reduziert werden. Somit sind heute Auflösungen im Bereich von 10 nm realisierbar (s. Bild).

R. Nolte

Struktur und Eigenschaften fünffach verzweigter Silber Nanodrähte: Experiment und Simulation

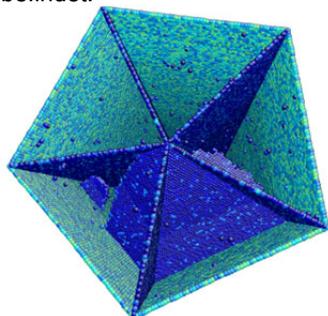
Nanostrukturen sind in vielerlei Hinsicht für die Forschung von besonderem Interesse. Zum einen weisen sie außergewöhnliche optische, elektronische und mechanische Eigenschaften auf, zum anderen erlauben ihre Abmessungen einen direkten Vergleich von Experimenten mit atomistischen Simulationen. Was die mechanischen Eigenschaften betrifft, ermöglicht insbesondere die Kombination von Simulationen mit Methoden der hochauflösenden Transmissionselektronenmikroskopie (HRTEM) grundlegende Einblicke in die Verformungsmechanismen, Eigenschaften und Mikrostruktur von Nanomaterialien.

In einer Kollaboration zwischen der Atomistic Materials Modeling Group des Lehrstuhls WW I und der Arbeitsgruppe Elektronenmikroskopie des Lehrstuhls WW 7 werden diese beiden Methoden zusammengeführt. In einem aktuellen Projekt werden die Eigenschaften von fünffach verzwilligten Silbernanodrähten untersucht, die z.B. auch als transparente Elektroden Anwendung finden (Prof. C. Brabec, WW 6).



Querschnitt eines fünfsegmentigen Silber-Nanodrahtes (HRTEM-Abbildung, S. Spallek)

Diese Nanodrähte zeigen eine bemerkenswerte Mikrostruktur, durch die sich ihre mechanischen Eigenschaften fundamental von denen einkristalliner Nanodrähte unterscheiden. Ähnlich einer Torte bestehen sie im Querschnitt aus fünf Segmenten, zwischen denen sich jeweils eine {111} Zwillingsgrenzflächen befindet.



Wechselwirkung von Versetzungen mit den Zwillingsgrenzflächen unter Zugbelastung.

Diese Struktur ist nur möglich, wenn das Kristallgitter entsprechend einer zentralen Schraubendisklination verzerrt wird. In molekulardynamischen (MD) Simulationen von Zugversuchen stellt diese Disklination an der Quintupellinie ein starkes Hindernis für die Versetzungsbewegung dar, an der auch die Nukleation von Poren beobachtet wurde. Die Ergebnisse solcher Simulationen sollen jetzt mit in-situ TEM-Untersuchungen experimentell getestet werden.

F. Niekel, E. Spiecker, E. Bitzek

WW I Tagungsbesuche

Frühjahrstagung der DPG, Dresden

Zwischen dem 13. und 18. März fand die Frühjahrstagung der Deutschen Physikalischen Gesellschaft in Dresden statt. Mit über 7500 Teilnehmer und 6000 Beiträge war sie eine der größten Tagungen Europas. Als Vorsitzender der Arbeitsgemeinschaft Metall- und Materialphysik der DPG leitete Prof. Göken die Organisation des Fachverbandes MM. Mit 324 Beiträgen gab es in diesem Jahr so viele Beiträge wie noch nie zuvor in diesem Bereich. Besonders gut besucht war ebenso das Symposium „New Developments in Transmission Electron Microscopy of Materials“ des Exzellenz-Clusters unter der Leitung von Prof. Spiecker.

Vom Lehrstuhl WW I trugen Dr. Steffen Neumeier, sowie die Doktoranden Benoît Merle, Christoph Schmid und Farasat Iqbal über ihre Arbeiten vor. Die Tagung bot dazu zahlreiche Möglichkeiten, sich mit für Werkstoffwissenschaftler exotischeren Themen zu befassen, wie z.B. die langreichweitige Antikorrelation in Primzahlen.



WW I-Teilnehmer beim Abendessen zum TEM-Symposium; zusammen mit Prof. Erdmann Spiecker, WW 7 und Prof. Gerhard Dehm, Uni Leoben

Die nächste DPG-Tagung wird 2012 in Berlin stattfinden, wobei der Teilbereich Metall- und Materialphysik wieder von Prof. Göken und seinen Mitarbeitern organisiert und sicherlich wieder von zahlreichen Mitarbeitern des Lehrstuhls WW I besucht werden wird.

S. Neumeier & B. Merle

NanoSPD Nanjing, China

Im März 2011 besuchten Prof. Mathias Göken, Christian Schmidt und Tina Hausöl die „5th International Conference on Nanomaterials by Severe Plastic Deformation“ in Nanjing, China. Die Konferenz bot viele interessante Vorträge rund um Herstellung, Charakterisierung, Eigenschaften und Anwendungen nanostrukturierter Materialien. Dabei wurden die Tätigkeiten unseres Lehrstuhls auf dem Gebiet der ultrafeinkörnigen ARB-Werkstoffe in drei Vorträgen vorgestellt.

Das Rahmenprogramm bot mit einer Aufführung des Drachentanzes und traditioneller chinesischer Musik sowie auch der Konferenztour und dem Bankett Einblicke in die chinesische Kultur.



Zudem gab es in der Woche viel Gelegenheit für wissenschaftliche Diskussionen, das Pflegen bestehender und das Knüpfen neuer Kontakte.

C. Schmidt & T. Hausöl

Verbundwerkstoff Chemnitz

Vom 30. März bis 1. April 2011 fand das 18. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde ausgerichtet durch die DGM an der TU Chemnitz statt. Über 200 Teilnehmer aus Industrie und Wissenschaft diskutierten ihre neuesten Forschungsergebnisse zum sehr vielfältigen Thema der Verbundwerkstoffe. Besonders die kritische Diskussion mit Vertretern der Industrie zu möglichen Anwendungen der vorgestellten Forschungen war dabei von großem Interesse. Der Lehrstuhl WW I war durch Christian Schmidt vertreten, der in der Session über partikelverstärkte Metallmatrixverbundwerkstoffe das Poster „Maßgeschneiderte Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde hergestellt durch den akkumulativen Walzprozess (ARB)“ vorstellte und dafür den 2. Posterpreis des Symposiums verliehen bekam (Foto).



C. Schmidt

MatWerk-Akademie

Im Mai 2011 richtete die Deutschen Gesellschaft für Materialkunde (DGM) die erste von der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geförderten MatWerk-Akademie zur Nachwuchsförderung und frühen interdisziplinären Vernetzung aus.



DGM Deutsche Gesellschaft für Materialkunde eV DFG Deutsche Forschungsgemeinschaft

Auf der Burg Schnellenberg im Sauerland versammelte sich vom 2. bis 6. Mai 2011 der Nachwuchs aus dem Bereich der Materialwissenschaft und Werkstofftechnik auf Einladung der DGM zum Erfahrungsaustausch mit Experten des Fachgebiets. Es wurden neue Kontakte geknüpft und es konnten wichtige Erkenntnisse zur eigenen Karriereplanung gewonnen werden. Die 23 ausgewählten Teilnehmerinnen und Teilnehmer mussten sich zuvor bei der DGM mit einer eigenen Projektidee bewerben. Vom Lehrstuhl WW I nahm Dr. Steffen Neumeier an der Akademie teil.

S. Neumeier

Personalia

Veränderungen bei WWI

Ende Dezember 2010 verließ **Dr. Pavel Leiva-Ronda** nach 3 Jahren WW I. *Wir danken ihm für die hervorragende Zusammenarbeit und wünschen ihm für seine Zukunft alles Gute.*

Herr **Dr.-Ing. Steffen Neumeier** kehrte mit Beginn dieses Jahres nach einem Post-Doc-Jahr an der Universität von Cambridge (UK) zu WW I zurück und wird in Zukunft die Hochtemperaturgruppe leiten.

Wir freuen uns Dr.-Ing. Neumeier wieder bei WW I als Kollegen zu haben und wünschen ihm einen guten Start bei WW I!



Abgeschlossene Diplomarbeiten



Herr **Christoph Schmid** schloss im Dezember 2010 seine Diplomarbeit zum Thema "Mechanische Charakterisierung von Haftvermittlerschichten für amorphe Kohlenstoffschichtsysteme" ab. Seit Januar 2011 arbeitet er nun an einer Promotion zur "Aufklärung der mikrostrukturellen Schädigungsmechanismen von wasserstoffhaltigen, amorphen Kohlenstoffschichtsystemen (a-C:H)".

Herr **Jochen Bach** beendete ebenfalls im Dezember 2010 seine Diplomarbeit zum Thema "Nachweis des bestimmenden Verformungsmechanismus in ultra-feinkörnigen Gefügen". Seit Februar 2011 arbeitet er im Rahmen des SPP 1466 „Life∞ – unendliche Lebensdauer für zyklisch beanspruchte Hochleistungswerkstoffe“ an seiner Promotion zum Thema "Schädigungsmechanismus und mikrostrukturelle Einflussgrößen auf die Ermüdungslebensdauer metallischer Werkstoffe im VHCF-Bereich".



Herr **Dominik Bösch** reichte im Februar 2011 seine Diplomarbeit zum Thema "Einfluss aushärtender Legierungselemente auf das Eigenschaftsprofil von AlSi Druckgusslegierungen" ein. Im März 2011 begann er mit der Arbeit zu seiner Promotion zum Thema "Entwicklung hochfester duktiler Gusswerkstoffe unter Einsatz von Sekundäraluminium für Karosserieanwendungen". Dieses Projekt wird in enger Zusammenarbeit mit der Audi AG, Standort Neckarsulm, bearbeitet.



Veröffentlichungen 2010/ 2011

Im Berichtszeitraum (01.11.10 – 30.04.11) sind erschienen:

26/10 J. Scharnweber, W. Skrotzki, C.-G. Oertel, H.-G. Brokmeier, H.W. Höppel, I. Topic, J. Jaschinski: Texture, microstructure and mechanical properties of ultrafine grained aluminum produced by accumulative roll bonding; *Adv. Eng. Mater.* 12 (2010), 989.

27/10 B. Brandt, U. Lohbauer, M. Göken, K. Durst: The influence of the particle size on the mechanical properties of dental glass ionomer cements; *Adv. Eng. Mater.* 12 (2010), B684.

28/10 B. Brandt, K. Durst, R. Belli, M. Göken, U. Lohbauer: Fracture toughness of GIC: A mechanistic approach on the nanoscale; *Dental Mater.* 26 (2010), e32

1/11 H.W. Höppel, L. May, M. Prell, M. Göken: Influence of grain size and precipitation state on the fatigue lives and deformation mechanisms of CP aluminium and AA6082 in the VHCF-regime; *I. J. Fat.* 33 (2011), 10.

2/11 M. Bestmann, G. Pennacchioni, G. Frank, M. Göken, H. de Wall: Pseudotachylite in muscovite-bearing quartzite: Coseismic friction-induced melting and plastic deformation of quartz; *J. Structural Geology.* 33 (2011), 169.

3/11 M. Korn, R. Lapovok, A. Böhner, H.W. Höppel, H. Mughrabi: Bimodal grain size distribution in UFG materials produced by SPD – their evolution and effect on the fatigue and monotonic strength properties; *Kovove Mater.* 49 (2011), 1.

4/11 S. Neumeier, M. Dinkel, F. Pyczak, M. Göken: Nanoindentation and XRD investigation of single crystalline Ni-Ge brazed nickel-base superalloys PWA 1483 and René N5; *Mater. Sci. Eng. A* 528 (2011), 815.

5/11 C.W. Schmidt, C. Knieke, V. Maier, H.W. Höppel, W. Peukert, M. Göken: Accelerated grain refinement during accumulative roll bonding by nanoparticle reinforcement; *Scr. Mater.* 64 (2011), 245.

6/11 J.H. Schneibel, M. Heilmaier, W. Blum, G. Hasemann, T. Shanmugasundaram: Temperature dependence of strength of fine- and ultrafine-grained materials; *Acta Mater.* 59 (2011), 1300.

7/11 L. Zirkel, V. Maier, K. Durst, H. Münstedt: Compression moduli of foamed films of fluorinated ethylene propylene copolymers determined by nanoindentation; *Polymer Testing* 30 (2011), 286.

8/11 B. Merle, M. Göken: Fracture toughness of silicon nitride films of different thicknesses as measured by bulge tests; *Acta Mater.* 59 (2011), 1772.

9/11 T. Hausöl, H.W. Höppel, M. Göken: Microstructure and mechanical properties of accumulative roll bonded AA6014/AA5754 aluminium laminates; *Mater. Sci. For.* 667-669 (2011), 217.

10/11 C.W. Schmidt, C. Knieke, V. Maier, H.W. Höppel, W. Peukert, M. Göken: Influence of nanoparticle reinforcement on the mechanical properties of ultrafine-grained aluminium produced by ARB; *Mater. Sci. For.* 667-669 (2011), 725.

11/11 C. Pfeiffer, E. Affeldt, M. Göken: Miniaturized bend tests on partially stabilized EB-PVD ZrO₂ thermal barrier coatings; *Sur. Coat. Techn.* 205 (2011), 3245.

12/11 J. Schaufler, G. Yang, K. Durst, E. Spiecker, M. Göken: Microscopic study on the interfacial strength of hydrogenated amorphous carbon coating systems; *Sur. Coat. Techn.* 205 (2011), 3429.

13/11 S. Mekala, P. Eisenlohr, W. Blum: Control of dynamic recovery and strength by subgrain boundaries – Insights from stress-change tests on CaF₂ single crystals; *Phil. Mag.* 91 (2011), 908.

14/11 A. Heckl, S. Neumeier, M. Göken, R.F. Singer: The effect of Re and Ru on γ/γ' microstructure, γ -solid solution strengthening and creep strength in nickel-base superalloys; *Mater. Sci. Eng. A* 528 (2011), 3435.

15/11 N.M. Jennet, M. Göken, K. Durst: Nano-mechanical testing in materials research and development FOREWORD; *Phil. Mag.* 91 (2011), 1035.

16/11 A. Böhner, V. Maier, K. Durst, H.W. Höppel, M. Göken: Macro- and Nanomechanical Properties and Strain Rate Sensitivity of Accumulative Roll Bonded and Equal Channel Angular Pressed Ultrafine-Grained Material; *Adv. Eng. Mater.* 13 (2011), 251.

17/11 A. Böhner, F. Kriebel, R. Lapovok, H.W. Höppel, M. Göken: Influence of Backpressure during ECAP on the Monotonic and Cyclic Deformation Behavior of AA5754 and Cu99.5; *Adv. Eng. Mater.* 13 (2011), 269.

18/11 O. Franke, M. Göken, M. Meyers, K. Durst, A. Hodge: Dynamic nanoindentation of articular porcine cartilage; *Mater. Sci. Eng. C*; 31 (2011), 789.

19/11 M. Prechtel, P. Leiva-Ronda, R. Janisch, A. Hartmaier, G. Leugering, P. Steinmann, M. Stingel: Simulation of fracture in heterogeneous elastic materials with cohesive zone models; *Int. J. Fract.* 168 (2011), 15.

20/11 L. Klein, A. Bauer, S. Neumeier, M. Göken, S. Virtanen: High temperature oxidation of γ/γ' -strengthened Co-base superalloys; *Corrosion Science* 53 (2011), 2027.

21/11 M.H. Rausch, K. Durst, M. Göken, P.-J. Jakobs, A. Leipertz, A.P. Fröba: Untersuchungen zur Ursache der Tropfenkondensation von Wasserdampf an ionenimplantierten Metalloberflächen; *Chemie Ing. Technik* 83 (2011), 545.

22/11 H.W. Höppel, M. Göken: Fatigue behaviour of nanostructured materials; In: *Nanostructured metals and alloys*, edited by Sung H. Whang, Woodhead Publishing Limited, Philadelphia, USA, 2011, 507.

23/11 C.W. Schmidt, H.W. Höppel, M. Göken: Maßgeschneiderte partikelverstärkte Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde hergestellt durch den akkumulativen Walzprozess (ARB); In: *Wielage, Bernhard (Hrsg.): Tagungsband zum 18. Symposium Verbundwerkstoffe und Werkstoffverbunde*, Eigenverlag, Chemnitz (2011), 33.

24/11 M. Lodes, A. Hartmaier, M. Göken, K. Durst: Influence of dislocation density on the pop-in behavior and indentation size effect in CaF₂ single crystals: Experiments and molecular dynamics simulations; *Acta Mater.* 59 (2011), 4264.

Impressum: Herausgeber: Department Werkstoffwissenschaften; Lehrstuhl I: Allgemeine Werkstoffeigenschaften, Universität Erlangen-Nürnberg; Martensstr. 5; 91058 Erlangen
Redaktion: V. Maier
v.i.S.d.P.: Prof. M. Göken

Leserservice: Wenn Sie aus unserem Verteiler herausgenommen werden wollen oder den Newsletter in Zukunft in Papier oder digitaler Form erhalten möchten, dann wenden Sie sich bitte an Dipl.-Ing. Verena Maier (verena.maier@ww.uni-erlangen.de oder telefonisch: 09131 85-27474)