

Newsletter

Aktuelles vom Lehrstuhl WWI, Allgemeine Werkstoffeigenschaften, Institut für Werkstoffwissenschaften

Ausgabe 2, Oktober 2007

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

Sehr gefreut haben uns die vielen positiven Rückmeldungen, die wir zu unserem neuen Newsletter erhalten haben, so dass wir auch in Zukunft auf diese Weise über die Aktivitäten am Lehrstuhl informieren möchten und Ihnen jetzt die zweite Ausgabe übersenden dürfen. Es gab am Lehrstuhl in den letzten Monaten einiges zu feiern, so die Verleihung des Masing-Preises an Heinz-Werner Höppel und den 70. Geburtstag von Prof. Mughrabi. Zur Bergkirchweih konnten wir wieder viele Ehemalige am Lehrstuhl begrüßen. Mit über 100 Teilnehmern war dieses Treffen wieder sehr gut besucht und bei dem schönen Wetter haben sich viele noch bis in die Nacht hinein auf der Terrasse der Mensa ausgetauscht. Auf der EUROMAT, die im September in Nürnberg stattfand, wurde auf dem Ilchner Memorial Kolloquium in vielen Beiträgen internationaler Kollegen an das lange Wirken von Prof. Ilchner in Erlangen und Lausanne erinnert. In Zukunft soll alle zwei Jahre eine MSE-Tagung in Fortsetzung der DGM-Tage in diesem sehr schönen neuen Kongreßzentrum quasi vor unserer Haustür stattfinden, die sicher auch sehr erfolgreich werden wird. Wissenschaftlich sind eine ganze Reihe von Publikationen aus der Arbeit des Lehrstuhls in den letzten Monaten erschienen. Leider ist der Platz in diesem Medium recht beschränkt, so dass wir auch diesmal nur wieder einige Highlights aus der Forschung herausgreifen konnten. Ich wünsche Ihnen viel Spaß bei der Lektüre,



Ihr Mathias Göken

Ehemaligentreffen 2007 – wieder ein Erfolg

Am 25. Mai 2007 hatte der Lehrstuhl zu seinem traditionellen Treffen ehemaliger Absolventen eingeladen. Mit 120 Teilnehmern war der gesellige Abend wie immer der am stärksten besuchte Programmteil. Aber auch die Vorträge, die Besichtigung des Großkammer-REMs im Zentrum Neue Materialien Fürth und die Führung am Lehrstuhl erfreuten sich regen Zuspruchs. Die Vorträge am Nachmittag behandelten im ersten Teil die Entwicklungen am Lehrstuhl, in denen die Möglichkeiten der modernisierten Lehrstuhlausstattung vorgestellt und die neuesten Forschungsergebnisse damit präsentiert wurden. Der zweite Vortragsblock stand ganz im Zeichen des unmittelbar bevorstehenden siebzigsten Geburtstag von Prof. Mughrabi. Hier kamen ehemalige Absolventen des Jubilars zu Wort und berichteten aus ihrer beruflichen Tätigkeit. Prof. Biermann gelang es, die Aktivitäten von Prof. Mughrabi auf dem Gebiet der Nickelbasis-Superlegierungen im Überblick darzustellen. Unter den Teilnehmern waren die Absolventen der



Dr. M. Bayerlein – nicht zu bremsen



Prof. von Heimendahl – jung wie immer

Jahrgänge 1990 – 1995 mit 25 Ingenieuren am stärksten vertreten; besonders erfreulich ist, dass auch die „ganz alten“ mit Studienabschluss vor 1975 mit zehn Personen dem Lehrstuhl weiterhin verbunden bleiben. Unter den Ehemaligen fanden sich zum ersten Mal auch alle langjährigen Mitarbeiter des Lehrstuhls. Am Abend traf man sich bei einem reichhaltigen, wie immer mehr als ausreichendem Buffet. Prof. Göken gab einen kurzen Abriss der Ereignisse der vergangenen drei Jahre. Dabei stand eine Erinnerung an den ersten Inhaber des Lehrstuhls, Prof. Ilchner, im Mittelpunkt, der am 4. Januar 2006 in Lausanne verstorben ist.

F. Pschenitzka

Verleihung des Masing Preises an Dr. Höppel

Am 21. Juni wurde Herrn Dr. Höppel auf dem DGM Tag in Karlsruhe der Masing-Gedächtnispreis Preis 2006 der Deutschen Gesellschaft für Materialkunde verliehen. Herr Höppel erhält diese herausragende Auszeichnung in Anerkennung seiner grundlegenden Untersuchungen zur Festigkeit und dem Ermüdungsverhalten ultrafeinkörniger metallischer Werkstoffe und der zugrunde liegenden mikrostrukturellen Mechanismen.



M. Göken, H.W. Höppel, I. Topic und H. Mughrabi.

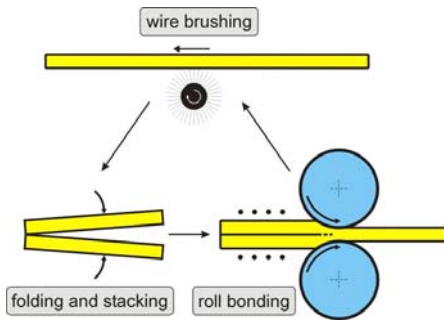
Herr Höppel ist schon seit vielen Jahren am Lehrstuhl tätig und hat seine wissenschaftliche Karriere in Zusammenarbeit mit Prof. Mughrabi begonnen. Zusammen mit Herrn Höppel wurde dort Frau Irena Topic mit

dem DGM-Nachwuchspreis ausgezeichnet. Alle WW1ler gratulieren ganz herzlich!

Aus der Forschung

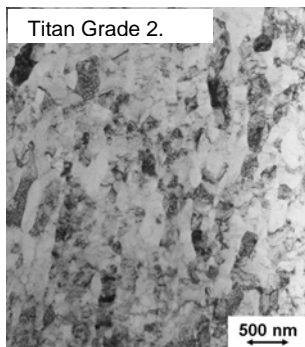
Neuer Stand des kumulativen Walzprozesses

Seit etwa vier Jahren hat sich der kumulative Walzprozess (eng. Accumulative roll bonding, ARB) als eine erfolgreiche SPD Methode (Severe Plastic Deformation) für ultrafeinkörnige Blechwerkstoffe bei WW1 etabliert. Beim ARB-Prozess werden für die Untersuchungen 1 mm dicke Aluminiumbleche auf 100 x 300 mm² Blechstreifen geschnitten, drahtgebürstet,



Schematischer Versuchsaufbau

erneut aufeinander gestapelt und zum Schluss mit einer 50 % Stichabnahme gewalzt. Während des Prozesses verbinden sich die zwei Blechhälften so, dass das Halbzeug in der Länge halbiert werden kann, um den Prozessanfang wieder zu ermöglichen. Durch starke plastische Verformung können Korngrößen im Bereich von einigen hundert Nanometern erreicht werden. Der kumulative Walzprozess bietet dabei die Möglichkeit, die Festigkeit und bei manchen Werkstoffen auch die Duktilität in Abhängigkeit von der Zyklenzahl zu steigern. Einer der größten Vorteile dieses Prozesses ist, dass er verhältnismäßig leicht in bestehende Walzanlagen integriert werden kann und so großflächige ultrafeinkörnige Bauteile hergestellt werden können. Bis jetzt ist es gelungen ein breites Spektrum von Werkstoffen, wie technisch reines Aluminium und Aluminiumlegierungen, hochreines Kupfer und Titan, ebenso wie Niob mittels dieses Verfahrens herzustellen. Kumulatives Walzen der Magnesiumlegierung AZ31 ist dagegen auf Grund der hexagonalen Kristallstruktur nur bei Prozesstemperaturen ab 350°C realisierbar. Weiterhin sind Hochtemperaturtiefungsversuche an technisch reinem Aluminium und an der Aluminiumlegierung geplant, um eine Verbesserung des Umformverhaltens zu erreichen, ebenso wie eine weitere Hochskalierung des kumulativen Walzprozesses durch Verwendung eines größeren Walzwerks.

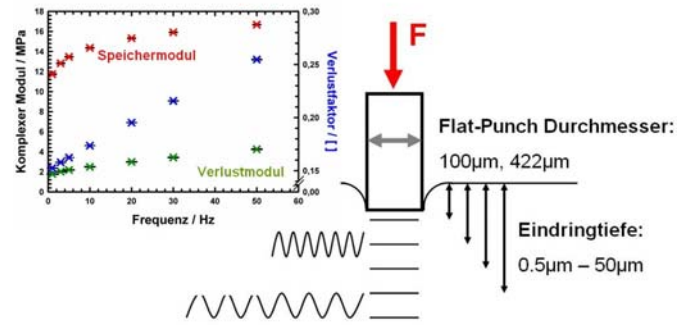


I. Topic

Dynamische Charakterisierung der viskoelastischen Eigenschaften von Polymeren mittels Nanoindentierung

Die Nanoindentierung hat sich in den letzten Jahren zu einer weit verbreiteten Technik zur Bestimmung der lokalen mechanischen Eigenschaften entwickelt. Neben der Untersuchung von Metallen rücken immer häufiger Polymere und Biomaterialien in den Mittelpunkt der Betrachtungen. Im Rahmen meiner Diplomarbeit „Viskoelastische Eigenschaften von Polymeren“ untersuchte ich 5 Polymere mit unterschiedlichen mechanischen Eigenschaften mit Hilfe einer im MTS Nanoinstruments Innovation Center in Oak Ridge entwickelten dynamischen Nanoindentierungsmethode. In Zusammenarbeit mit Erik Herbert und Dr. W. Oliver von MTS Nanoinstruments, sowie Prof. G.M. Pharr von der University of Tennes-

see Knoxville wurde ein Großteil dieser dynamischen Nanoindentierungsmessungen zur Bestimmung der viskoelastischen Eigenschaften während eines Auslandsaufenthaltes von Ende April bis Ende Juli in Oak Ridge angefertigt. Des Weiteren



Dynamische Flat-Punch Indentierung

konnte ich viele Kontakte in der Forschung knüpfen und Erfahrungen in und zusammen mit meiner Gastfamilie sammeln.
V. Maier

Herstellung nanokristalliner Metalle mit gepulster Elektrolyse

Neben den Methoden der starken plastischen Verformung gibt es zur Herstellung nanokristalliner Werkstoffe einen bottom-up-Ansatz, wie beispielsweise die gepulste Elektrolyse (pulsed electro-deposition, PED). Dabei wird das Material aus einem Elektrolyten mit einem gepulsten Strom elektrolytisch abgeschieden. Eigentlich ganz einfach: Ein Becher, zwei Elektroden, Elektrolyt rein, Funktionsgenerator und Verstärker angeschlossen, Pulse eingestellt, Schalter umlegen und warten bis die nanokristalline Schicht dick genug ist.



Oberfläche mit Dendriten



Oberfläche mit Wasserstoffblasen

Schwierig wird es durch viele kleine Detailprobleme, über die man so nach und nach drüberstolpert. Warum bilden sich Dendriten und wie verhindert man das? Warum sind die abgeschiedenen Proben so löchrig und wie verhindert man das? Lauter kleine Details, die man falsch gemacht hat. Manches findet man durch Überlegen, manches zufällig. Dazu kommen die Details, von denen man gar nicht weiß, dass sie wichtig sind, weil man sie zufällig richtig gemacht hat. Zu den Prozessparametern kommen Fragen der Zuverlässigkeit. Bei einem Schichtdickenwachstum von etwa einem Millimeter pro Woche muss die Anlage mehrere Wochen zuverlässig durchlaufen. Da darf kein Rührer steckenbleiben, kein Thermostat ausfallen und solche Dinge. Und das alles der kleinen Korngröße wegen. Aber mittlerweile können wir es. Wir scheiden Nickelbleche ab von bis zu zwei Millimeter Dicke. Was



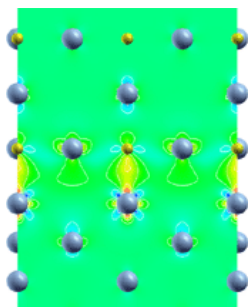
Oberfläche nach Abscheidung unter optimalen Bedingungen

Korngrößen angeht kommen wir hinter bis zu 20 nm. Wir erreichen damit Festigkeiten von bis zu 2000 MPa -- für ein Reinetall ist das schon ein Wort. Momentan untersuchen wir die Duktilität und die thermische Stabilität von unserem Material. Interessant ist noch der Einfluss von Verunreinigungen durch Additive im Elektrolyten. Bei Letzterem fördert die Scanning-Auger-Apparatur bei unseren Kollegen von WW4 interessante Ergebnisse zu Tage. Wie es aussieht segregieren die Verunreinigungen durch eine leichte Wärmebehandlung an die Korngrenzen und versprechen die-

se. Mit unserer PED-Anlage und den SPD-Methoden ist unser Lehrstuhl nun also sehr gut gerüstet, was Forschung an Materialien sehr kleiner Korngröße angeht.

J. Mueller

Ab initio Untersuchung des Cr/CrC_x/Diamant Schichtsystems



Bindungselektro-nendichte an der Cr- CrC Grenzfl.

Mittels ab-initio Methoden der Dichtefunktionaltheorie ist es möglich, die Haftungseigenschaften von Schichtsystemen parameterfrei vorherzusagen und zu optimieren. Als ein Modellsystem für Diamant- bzw. DLC-Beschichtungen auf Chromstahl wurden Cr/Cr_xC_y und Cr_xC_y/Diamant Grenzflächen konstruiert und ihre Eigenschaften berechnet. Als Konstruktionskriterien dienen die Gitterfehlpassung und der Unterschied im Kompressionsmodul. Aus dem Vergleich der Grenzflächenenergien und der Energien der freien Oberflächen wurde, als Maß für die Kohäsion der

Grenzflächen, die Separationsarbeit berechnet. Die Rechnungen zeigen eine starke Abhängigkeit der Kohäsion der Grenzflächen von der Reaktivität der freien Oberflächen und der Gitterfehlpassung. Dieses Verhalten kann mittels der Bindungsverhältnisse und -winkel über die Grenzfläche hinweg beschrieben werden. Dieser Erklärungsansatz steht in guter Übereinstimmung mit experimentellen Beobachtungen und ermöglicht Ansätze zu einer Grenzflächenoptimierung.

A. Böhner

WW I unterwegs

Betriebsausflug

Am 23.07.07 fand unser Betriebsausflug statt, der uns heuer bei schönem Wetter nach Regensburg führte. Zuerst ging es



über die Steinernen Brücke, die im Mittelalter als achttes Weltwunder bezeichnet wurde, in die Stadt. Die anschließende Führung zeigte Regensburg von seiner schönen Seite: altes Rathaus, enge Gassen mit kleinen Geschäften, gotischer Dom St. Peter und vielen Kleinigkeiten, die Geschichten zu erzählen haben. Nach dem Mittagessen in einem Biergarten führen wir zur Befreiungshalle bei Kehlheim, die im 19. Jahrhundert zur Erinnerung an die Befreiungskriege der deutschen Staaten gegen Napoleon errichtet wurde. Nun folgte eine etwa einstündige Wanderung hinunter zum Kloster Weltenburg. Nach einer ausgiebigen Pause ging es zurück nach Erlangen. Alles in allem, ein gelungener Ausflug.

W. Langner

Fußballturnier

Am Montag, den 30. Juli 2007 war es mal wieder soweit: mit einer sowohl aus Stammspielern als auch aus hoffnungsvollen Jungtalenten zusammengestellten Mannschaft trat WW 1

beim alljährlichen WW-Fußballturnier an, um den Pokal zu holen. In den Gruppenspielen wurde zunächst gegen WW 2 gespielt. Nach Toren von Fabian Haag, Michael Weiser und Ralf Nützel (2x), konnte ein Gegentreffer verschmerzt werden, sodass dieses Spiel mit 4:1 (2:0) gewonnen werden konnte. Das zweite Gruppenspiel gegen WW 6 wurde dann durch mangelnde Chancenverwertung unsererseits mit 0:2 (0:2) verlo-



ren. Durch den zweiten Platz in dieser Gruppe stand dann das Spiel um Platz 4 gegen WW 3 an. Obwohl spielerisch-taktisch und konditionell keinerlei Probleme bestanden, musste man bis zur Halbzeit zwei Gegentreffer hinnehmen. In der zweiten Hälfte des Spiels konnte durch einen Alleingang von Severin Hofmann ein Anschlusstreffer erzielt werden, dennoch mussten wir dieses Spiel mit 1:4 (0:2) verloren geben, sodass sich die Mannschaft von WW1 mit dem 4. Platz zufrieden geben musste. Nach dem Turnier war das obligatorische Grillfest Anlass Körper und Geist zu regenerieren.

R. Nützel

Forschungsaufenthalte und Tagungsbesuche

Konferenz am Imperial College, London und Besuch der University of Cambridge

Im April nahmen Prof. Dr. Haël Mughrabi, Dr. Florian Pyczak und Steffen Neumeier an der Konferenz „The Superalloys: From Processing to Performance“ am Imperial College in London teil. In Gedenken an den verstorbenen Prof. McLean referierten an dem zweitägigen Symposium namhafte Vorträge wie Herr Prof. Mughrabi über Nickelbasis - Superlegierungen. Außerdem wurde zuvor von Dr. Florian Pyczak und Dipl.-Ing. Steffen Neumeier das



Emmanuel College, Cambridge

von Rolls-Royce gestiftete University Technology Centre an der University of Cambridge besucht. Dort konnten sowohl die Erlanger Hochtemperaturwerkstoffwissenschaftler als auch die Mitglieder der dort ansässigen Nickelbasis - Superlegierungsgruppe von Dr. C. Rae neueste Ergebnisse von Nickelbasis-Superlegierungen der 4. Generation präsentieren und austauschen. Neben der interessanten Diskussion über rutheniumhaltige Nickelbasis - Superlegierungen der neuesten Generation, wie sie auch von Steffen Neumeier im Rahmen des Graduiertenkollegs „Hochtemperaturwerkstoffe“ untersucht werden, konnten auch erste Kontakte geknüpft werden. Ein Höhepunkt des zweitägigen Aufenthalts an der angesehenen University of Cambridge war sicherlich das Abendessen am High Table in der Dining Hall des Emmanuel College.

S. Neumeier

Besuch am CINVESTAV, Mérida, Mexico

Im Rahmen einer von der DFG und der KSB - Stiftung geförderten Vortragsreise besuchte Dr. Rebecca Janisch im August das Institut für Angewandte Physik am „Centro de Investigación y de Estudios Avanzados del Instituto Politécnico Nacional“ (CINVESTAV) in Mérida, Mexiko. Das CINVESTAV



Uxmal, die Pyramide des Magiers

ist die führende Forschungseinrichtung Mexikos, die staatlich finanziert und dezentral organisiert ist und sich auf neun Standorte verteilt. Die Forschungsgebiete sind in verschiedensten Bereichen der Sozial- und Geisteswissenschaften, der Medizin, sowie der Ingenieurs- und Naturwissenschaften angesiedelt. Am Institut für Angewandte Physik unter der Leitung

von Prof. Romeo de Coss, werden unter anderem Legierungen und neue Materialien mittels Methoden der Elektronentheorie untersucht. Ein Ergebnis angeregter Diskussionen war der Entwurf für eine gemeinsame Untersuchung von Legierungseffekten in TiO₂. Neben der Arbeit blieb auch noch Zeit, einige der beeindruckendsten Maya Stätten Yucatans zu besichtigen. Insgesamt war also die Reise - obwohl der formale Ablauf durch Hurrikan Dean etwas durcheinandergewirbelt wurde - sowohl wissenschaftlich als auch touristisch ein Erfolg.

R. Janisch

Weitere Konferenzen



Und auch sonst waren die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter von WWI sehr reiselustig und präsentierten ihre Forschungsarbeiten auf neun Konferenzen auf vier Kontinenten. Besonders viel Anklang fand der Beitrag von Frau **Irena Topic** zum „International Symposium on Bulk Nanostructural Materials“ in Ufa, Russland, für den sie in der „Special Session for Young Scientists“ die Goldmedaille erhielt.



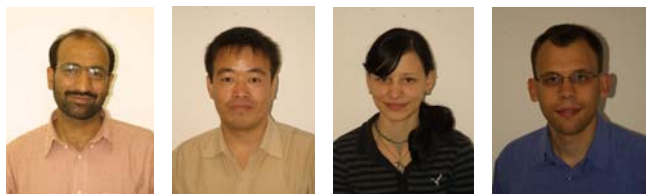
Besonders viel Anklang fand der Beitrag von Frau **Irena Topic** zum „International Symposium on Bulk Nanostructural Materials“ in Ufa, Russland, für den sie in der „Special Session for Young Scientists“ die Goldmedaille erhielt.



Personalien

(Berichtszeitraum Mai – September 2007)

Neue Mitarbeiter



Herr M.Sc. **Naveed Ahmed** und Herr Dr. **Hua Jun** verstärken seit einiger Zeit die Simulationsgruppe von Prof. Alexander Hartmaier. Während Herr Ahmed mittels Discrete Dislocation Dynamics die Wechselwirkung zwischen Mikrostruktur und Fließspannung untersucht, führt Herr Dr. Jun Molekulardynamik Simulationen zur Nanoindentierung durch. Zuletzt zu uns gestoßen sind Frau **Christina Hasenest**, die ihre Ausbildung in der Metallographie begonnen hat, und Herr Dipl. Ing. **Benoît Merle**, der die Methode des Bulge Testing mit dem AFM weiterentwickeln wird. WWI heißt alle neuen Mitarbeiter herzlich willkommen!

Abgeschlossene Diplomarbeiten



Herr **Andreas Böhner** stellte seine Diplomarbeit zum Thema „Ab-initio Untersuchung von Cr-Cr_x-Diamant Schichtsystemen“ fertig (siehe auch „aus der Forschung“). Er beginnt nun eine Promotion bei WWI, im Rahmen derer er sich mit „Equal Channel Angular Pressing“ (ECAP) befassen wird.

Frau **Verena Maier** reichte ihre Arbeit zur Untersuchung „viskoelastischer, Eigenschaften von Polymeren mittels Nanoindentierung, dynamischer mechanischer Analyse und Zugversuch“ ein (siehe auch „Aus der Forschung“).



Herr **Harald Geyer** beendete ebenfalls seine Diplomarbeit, in der er die „Gitterwärmeleitfähigkeit von Festkörpern mit klassischer Molekulardynamik“ bestimmt hat.

Des weiteren reichte Herr **Hans-Jürgen Grieb** seine Arbeit zum „Einfluss der Korngröße in Al auf die zyklische Plastizität und die Schädigungsmechanismen im HCF- und UHCF-Bereich“ ein, und Herr **Stefan Königbauer** beendete seine „Integrative Simulation durch Prozessmodellierung und FE-Strukturanalyse von Hybridstrukturen.“

Veröffentlichungen 2/2007

Im Berichtszeitraum sind erschienen:

- 3/07 S. Ndlovu, K. Durst, M. Göken:** Investigation of the wear properties of WC-Co hard metals using nanoscratch testing, *Wear* 263, (2007) 1602 - 1609
- 4/07 O. Franke, K. Durst, M. Göken:** Microstructure and local mechanical properties of Pt-modified Nickelaluminides on nickel-base superalloys after thermo-mechanical fatigue, *Mat. Sci. Eng. A* 467 (1-2), (2007) 15-23
- 5/07 O. Franke, K. Durst, V. Maier, M. Göken, T. Birkenholz, K. Gelse:** Nanomechanical properties of hyaline and repair cartilage, *Acta Biomaterialia* 3, (2007) 873-881.
- 6/07 J. May, M. Dinkel, D. Amberger, H. W. Höppel, M. Göken:** Mechanical Properties, Dislocation Density and Grain Structure of Ultrafine – Grained Aluminum and Aluminum – Magnesium Alloys, *Metall. Mater. Trans. A* 38, (2007) 1941-1945
- 7/07 K. Durst, B. Backes, M. Göken:** Strain gradient plasticity modeling of size effects in plasticity, in *Nonlocal Modeling of Materials Failure*, NMMF 2007, Ed.: H. Yuan, F.H. Wittmann, ISBN 978-3-931681-87-6, Aedificatio publishers, Freiburg, Proceedings of an international workshop, (2007) 83-90.
- 8/07 S. Gemming, R. Janisch, M. Schreiber, N. A. Spaldin:** Density-functional investigation of the (113)[-110] twin grain boundary in Co-doped anatase TiO₂ and its influence on magnetism in dilute magnetic semiconductors, *Phys. Rev. B* 76, (2007) 045204
- 9/07 D. Dzivenko, A. Zerr, E. Schweitzer, M. Göken, R. Boehler, R. Riede:** Elastic moduli and hardness of c-Zr₂86(N 0.88 O 0.12) having Th3P4-type structure, *Appl. Phys. Lett.* 90, (2007) 191910
- 10/07 Y.J. Li, J. Mueller, H. W. Höppel, M. Göken, W. Blum:** Deformation kinetics of nanocrystalline nickel produced by pulsed electrodeposition; *Acta Mater* 55, (2007) 5708-5717.
- 11/07 H.W. Höppel, L. Saitova, H.-J. Grieb, M. Göken:** Surface roughening and fatigue behaviour of pure aluminium with various grain size in the VHCF regime; in: *Proc. of 4th Int. Conf. on Very High Cycle Fatigue, VHCF-4*, J.E. Allison, J.W. Jones, J.M. Larsen, R.O. Ritchie (eds.), TMS, Warrendale, USA, (2007) 59-66.
- 12/07 P. Hübner, R. Kiessling, H. Biermann, T. Hinkel, W. Jungnickel, R. Kawalla, H.W. Höppel, J. May:** Static and cyclic crack growth behavior of ultrafine-grained Al produced by different severe plastic deformation methods; *Metall. Mater. Trans. A38*, (2007) 1926-1933.
- 13/07 R.Z. Valiev, M.J. Zehetbauer, Y. Estrin, H.W. Höppel, Y. Ivanisenko, H. Hahn, G. Wilde, H.J. Roven, X. Sauvage, T.G. Langdon:** The innovation potential of bulk nanostructured materials; *Adv. Eng. Mater.* 9, (2007) 527-533.
- 14/07 W. Blum, Y.J. Li:** Flow stress and creep rate of nanocrystalline Ni, *Scripta Mat.* 57, (2007) 429-431
- 15/07 W. Blum, Y.J. Li, F. Breuting:** Deformation kinetics of coarse-grained and ultrafine-grained commercially pure Ti, *Mat. Sci. Eng. A* 462, (2007) 275-278

Impressum:

Herausgeber: Department Werkstoffwissenschaften
Lehrstuhl I: Allgemeine Werkstoffeigenschaften;
Universität Erlangen-Nürnberg; Martensstr. 5; 91058 Erlangen
Redaktion: Dr. R. Janisch