

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium
für Bildung
und Forschung

Schlussbericht

Verbund: 05K2012 - X-CUT

Zuwendungsempfänger: Helmholtz-Zentrum Geesthacht Zentrum für Material-
und Küstenforschung GmbH
Projektleitung: Prof. Dr. Andreas Schreyer
E-Mail: andreas.schreyer@hzg.de
Förderkennzeichen: 05K12CG1
Förderzeitraum: 01.04.2012 - 30.09.2015
Zuwendung: 268.615,00 €
Projektträger: Projektträger DESY
Zusätzlicher Kontakt: andreas.schreyer@esss.se
Zusätzlicher Name: Andreas Schreyer

Genutzte Großgeräte:	Labor	Gerät	Experiment
	DESY	PETRA III	
Diplomarbeiten:			
Dissertationen:	2		
Habilitationen:			
Publikationen:	5		
Konferenzbeiträge:	9		
Patente:			
Bachelorarbeiten:			
Masterarbeiten:			

Dieser Bericht wurde beim Projektträger über einen individuellen Online-Zugang vom Projektleiter eingereicht und am 04.07.2016 09:32 für eine Veröffentlichung freigegeben.

Schlussbericht zu Nr. 8.2

10.08.2016

ZE: Helmholtz-Zentrum Geesthacht
Zentrum für Material und Küstenforschung
Max-Planck-Str. 1
21502 Geesthacht

Förderkennzeichen: **05K12CG1**

Vorhabenbezeichnung: X-Cut: Werkstoffkunde von Hochleistungs-Schneidwerkzeugen unter Nutzung von Hochenergie-Röntgenstreuung

Laufzeit des Vorhabens: 2012-2015

Ziel des Projektes innerhalb des Röntgen-Ångström-Clusters war die Stärkung der Forschung mit Photonen in Norddeutschland und Schweden in Zusammenarbeit mit einem Schwedischen Partner. Vorrangig sollten eine Mehrzweck-Beschichtungsanlage mit industriell relevanten Abscheideparametern sowie eine Trocken-Drehbank mit ebenfalls industriell relevanten Vortrieben, Temperaturen und Drücken an der Hoch-Energie-Strahlungsführung HEMS (P07) an PETRA III in Betrieb genommen werden. Mit ihnen sollten moderne Hochleistungs-Schneidwerkzeuge sowohl während der Herstellung (Substrat-Beschichtung), als auch im Betrieb bzw. Verschleiß *in situ* untersucht werden. Dazu haben das Helmholtz-Zentrum Geesthacht, die „Thin Film Physics Division“ und die „Nanostructured Materials Division“ der Universität Linköping und das Unternehmen SECO Tools AB zusammengearbeitet. Im letzten Projektjahr 2015 sind die Ziele in vollem Umfang erreicht worden.

Durch flexibles Personalmanagement konnte die Beschichtungskammer durch die Investitionsmittel von schwedischer Seite voll finanziert werden, SECO Tools finanzierte den Bau der Drehbank. Der schwedische Partner trug mit zwei Postdocs und einem Doktoranden zur personellen Unterstützung bei. Mit den Investitionsmitteln von deutscher Seite konnte die Gasversorgung an HEMS erweitert werden, ein Doktorand sicherte den wissenschaftlichen Beitrag.

Für die Durchführung des Baus der Drehbank konnten die schwedischen Kollegen auf ihre praktischen Erfahrungen mit Herstellern für ihre eigenen Schneidwerkzeuge zurückgreifen, bzgl. der Integration in die Experimente mit Röntgenstrahlen konnten wir auf einige an HEMS durchgeführte frühere Experimente mit statischen Schneidwerkzeugen in Zusammenarbeit mit den Universitäten in Berlin und Hamburg-Harburg zurückgreifen, etwa:

Wittmann, I.

Röntgenographische Eigenspannungsmessungen an Schneidkeramiken
Master thesis, Technical University Hamburg-Harburg, April 2012

Brömmelhoff, K., Henze, S., Gerstenberger, R., Fischer, T., Schell, N., Uhlmann, E., and Reimers, W.

Space resolved microstructural characteristics in the chip formation zone of orthogonal cutted C45E steel samples characterized by diffraction experiments
Journal of Materials Processing Technology **213** (2013) 2211-2216
doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2013.06.016

Eichenseer, C., Wittmann, I., Hartig, C., Schneider, G., Schell, N., and Hintze, W.
In-situ measurement of lattice strains in mixed ceramic cutting tools under thermal and mechanical loads using synchrotron radiation
Production Engineering: Research and Development, **7** (2) (2013) 283-289
doi: 10.1007/s11740-012-0426-2

Uhlmann, E., Henze, S., Gerstenberger, R., Brömmelhoff, K., Reimers, W., Fischer, T., and Schell, N.
An extended shear angle model derived from in situ strain measurements during orthogonal cutting
Production Engineering: Research and Development **7** (2013) 401-408
Doi: 10.1007/s11740-013-0471-5

Eichenseer, C.
Beschichtung, thermomechanische Charakterisierung und Spannungsanalyse von Schneidkeramik
Ph.D. thesis, Technical University Hamburg-Harburg, November 2014

Eichenseer, C., Hartig, C., Schell, N., and Hintze, W.
In situ determination of internal stresses in mixed ceramic cutting tools during friction testing using synchrotron radiation
Production Engineering: Research and Development **8** (2014) 513-519
doi: 10.1007/s11740-014-0535-1

Der wissenschaftliche und technische Stand, an den für die Beschichtungskammer angeknüpft wurde, ist dokumentiert in:

Schroeder, J.L., Thomson, W., Howard, B., Schell, N., Näslund, L.-Å., Rogström, L., Johansson-Jöesaar, M.P., Ghafoor, N., Odén, M., Nothnagel, E., Shepard, A., Greer, J., and Birch, J.
Industry-relevant magnetron sputtering and cathodic arc ultra-high vacuum deposition system for in-situ x-ray diffraction studies of thin film growth using high energy synchrotron radiation
Review of Scientific Instruments **86** (2015) 095113-1-11
doi: 10.1063/1.4930243

Alleiniges Ziel der Kooperation war aber nicht *nur* der Bau zweier Großgeräte – die die experimentellen Möglichkeiten an HEMS und dann auch für externe Nutzer der Community erheblich erweitern – sondern auch das Verständnis über atomistische Prozesse bei Aufbau und Verschleiß konkreter Hochleistungs-Schneidwerkzeugen basierend auf TiN Schichten modifiziert durch Zugabe anderer Metalle. Die noch andauernden Auswertungen erlaubten bereits schon die Veröffentlichungen von:

Norrby, N.
Microstructural evolution of TiAlN hard coatings at elevated pressures and temperatures
Ph.D. Thesis, Linköping University, June 2014

Norrby, N., Rogström, L., Johansson-Jöesaar, M.P., Schell, N., and Odén, M.
In-situ x-ray scattering study of the cubic to hexagonal transformation of AlN in Ti_{1-x}Al_xN
Acta Materialia **73** (2014) 205-214
DOI: 10.1016/j.actamat.2014.04.014

- Paul, B., Schroeder, J.L., Kerdsonpanya, S., Nong, N.V., Schell, N., Ostach, D., Lu, J., Birch, J., and Eklund, P.
Mechanism of formation of the thermoelectric layered cobaltate $\text{Ca}_3\text{Co}_4\text{O}_9$ by annealing of CaO-CoO thin films
 Advanced Electronic Materials **1** (2015) 1400022-1-8
 DOI: 10.1002/aelm.201400022
- Rogström, L., Ghafoor, N., Schroeder, J., Schell, N., Birch, J., Ahlgren, M., and Odén, M.
Thermal stability of wurtzite $\text{Zr}_{1-x}\text{rAl}_x\text{N}$ coatings studied by in situ high-energy x-ray diffraction during annealing
 Journal of Applied Physics **118** (2015) 035309-1-9
 DOI: 10.1063/1.4927156
- Schroeder, J.L., Saha, B., Garbrecht, M., Schell, N., Sands, T.D. and Birch, J.
Thermal stability of epitaxial cubic $\text{TiN}/(\text{Al}, \text{Sc})\text{N}$ metal/semiconductor superlattices
 Journal of Materials Science **50** (2015) 3200-3206
 DOI: 10.1007/s10853-015-8884-5

Die Dissertation des vom BMBF-Projekt finanzierten Doktoranden "High Temperature Phase Transformations and Oxidation Behavior of Arc Evaporated (Ti,Cr,Al)N Coatings Studied by *in-situ* High Energy X-Ray Diffraction" ist in Vorbereitung zum Umlauf zur Einreichung an der Universität Hamburg.

Uns sind keine weiteren vergleichbaren Großgeräte mit indizierter Ausrichtung aus der Literatur bekannt. Mit der Ambition industriell relevanter Beschichtungsprozesse kennen wir keine annähernd so vielseitige und leistungsfähige Beschichtungskammer, so wenig wie eine auch nur annähernd kommerzielle Drehbank zur Grundlagen- und angewandten Forschung mit Synchrotronstrahlung. Die Forschungsmöglichkeiten sind daher nach R&C-Kriterien enorm verbessert. Über die Jahre konnten auch schwedische Kollegen in die Techniken mit hochenergetischer Röntgenstrahlung eingearbeitet und ihre Community gestärkt und vergrößert werden. Justage, Handling und einzuhaltende Sicherheitskonzepte konnten auch entsprechend erarbeitet und umgesetzt werden. Die konkret untersuchten Substanzklassen für Hoch-Technologie-Schneidwerkzeuge ließen Einzelergebnisse bzgl. Phasentransformationen und thermischer Beständigkeit erzielen, die noch in der Grundlagenforschung anzusiedeln sind. Nach wie vor ist aber SECO Tools an einer Fortsetzung der Arbeiten interessiert, um Nutzen für die eigene Produktion zu gewinnen.

Noch vor Veröffentlichung von Ergebnissen mit der Drehbank sind wir von zwei unterschiedlichen deutschen Forschungsgruppen auf mögliche gemeinsame Experimente angesprochen worden, wobei jeweils deutsche Industriepartner mit involviert sind – durch externe Gutachter unserer eigenen Experimente. Infolge der starken Überbuchung von HEMS wird es aber in 2016-I noch kein entsprechendes Experiment geben, wohl aber weitere mit der Beschichtungskammer.

Neben den oben gelisteten (und noch künftigen) Publikationen wurden und werden diverse Einzelergebnisse auch auf Konferenzen und Workshops vorgestellt:

Frühjahrstagung der DPG (Deutsche Physikalische Gesellschaft, Sektion Kondensierte Materie) in Dresden, 30.03.-04.04.2014

Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, ICMCTF 41, in San Diego, USA,
28.04.–02.05.2014

M(aterials)S(cience)E(ngineering) in Darmstadt, 23.-25.09.2014

MRS 2014 Fall Meeting in Boston, USA, 30.11.–05.12.2014

DESY Photon Science Users´ Meeting in Hamburg, 29.-30.01.2015

International Conference on Metallurgical Coatings and Thin Films, ICMCTF 42, in San Diego,
USA, 20.-24.04.2015

GEMS-Satelliten -Workshop am DESY Photon Science Users´ Meeting in Hamburg, 28.-
29.01.2016

Erfindungen oder Schutzrechtsanmeldungen sind *nicht* beantragt worden.