



Fertigungstechnologie

- omit keramischen Werkstoffen
- omit metallischen Werkstoffen
- omit Verbundwerkstoffen

Arbeitsgruppe Hochleistungskeramik

Herstellung keramischer Komponenten

Arbeitsgruppe Oberflächentechnik

Beschichtungsverfahren mit metallischen und keramischen Werkstoffen

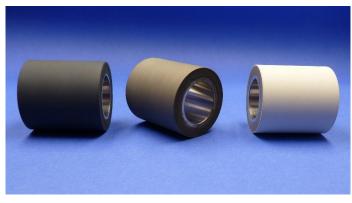
Arbeitsgruppe Verbundwerkstoffe

Herstellung von faser- oder partikelverstärkten Komponenten

PMC, MMC, CMC



© pritidenta



© IFKB



Keramik

(Kernfach Fert.technik Keramik I+II)



Hochleistungskeramik: Anwendungen in der Medizintechnik

http://www.moje.de

Handgelenk

Zirkonoxid



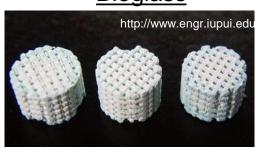
Hydroxylapatit (HA)



Mittelohrimplantat

Aufbau Hüftgelenk

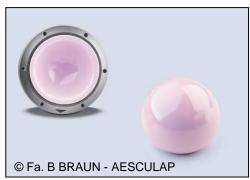
Bioglass



scaffolds

Hüftpfanne, -köpfe, Kniegelenk, usw.

<u>Aluminiumoxid</u>



Keramikköpfe mit den dazugehörigen Keramikpfannen



Zweiteiliges Dentalimplantat



BVMed-Bilderpoo

Hochleistungskeramik: Weitere Anwendungen in der Medizintechnik

Endkonturnahe hochpräzise Formgebung durch keramischen Spritzguß

Anwendung: Transluzente Orthodentalbrackets für die Kieferorthopädie







Transluzentes Aluminiumoxidbracket

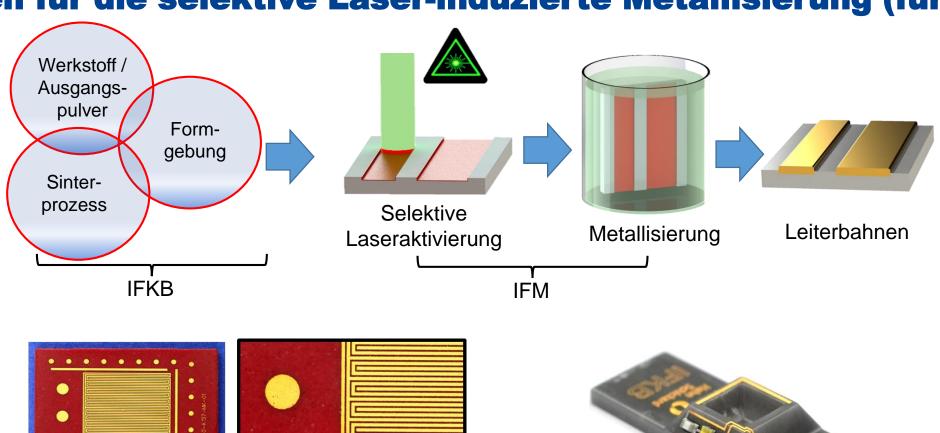
Entwicklungskooperation des IFKB mit Forestadent

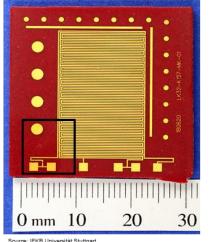
Entwicklungszeit 3 Jahre

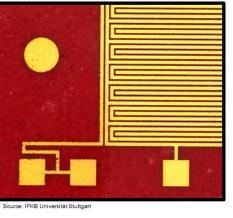
Produkt seit 11/2008 am Markt: In 2009 bereits ca. 250000 Stck. gefertigt und im IFKB gesintert

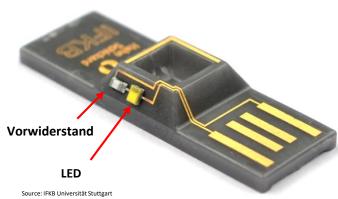
Hochleistungskeramik:

Keramiken für die selektive Laser-induzierte Metallisierung (für MID)







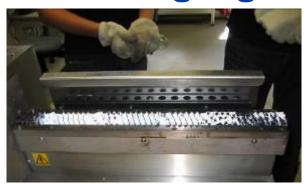


Herstellung dreidimensionaler Schaltungsträger



Hochleistungskeramik:

Endkonturnahe Fertigung durch keramischen Spritzguss



Masseaufbereitung



Formgebung CIM



Grünteile



Entbindern



Sintern





keramische Präzisionsbauteile

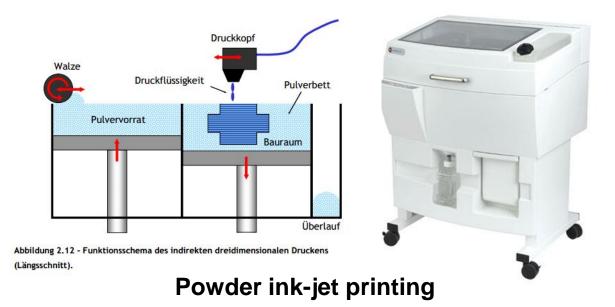


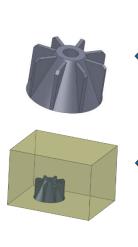
Additive Fertigung

(Ergänzungsfach)



Additive Fertigung mit Keramik: Verfahrensablauf (Ergänzungsfach...)





Erstellen eines Volumenmodells in CAD-Programmen oder aus 3D-Scans

Konvertierung der Daten in das STL-Format

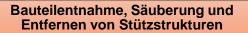


Bauteilorientierung festlegen, Prozessparameter einstellen

Slicen d.h. unterteilen des CAD-Modells in horizontale Querschnitte



Generative Fertigung: Schichtweiser Auftrag von Material



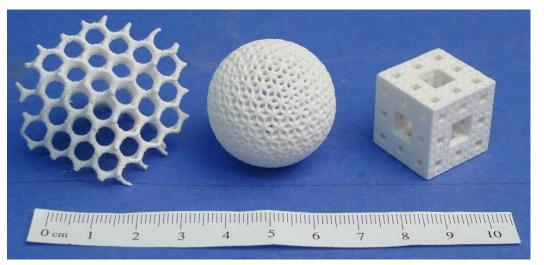
Entbindern und Sintern





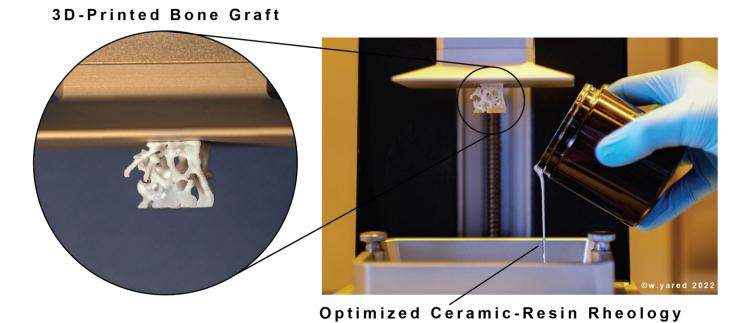
Nachbearbeitung: Schleifen, Polieren, Standard Triangulation Language Trowalisieren, Glasieren, Infiltrieren Standard Tesselation Language



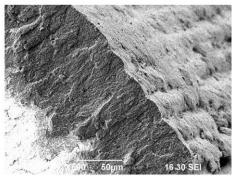


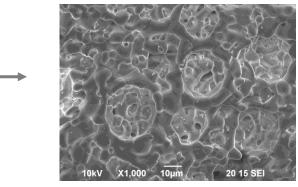


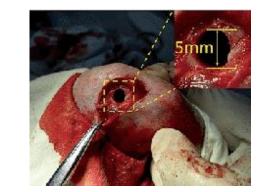
Additive Fertigung mit Keramik: Stereolithographisches Verfahren











Optimized slurry and printing parameters

Controlled porosity

Grafting with higher success rate

Verbundwerkstoffe

(Kernfach VB I)



Verbundwerkstoffe

Polymer Matrix Composites (PMC)

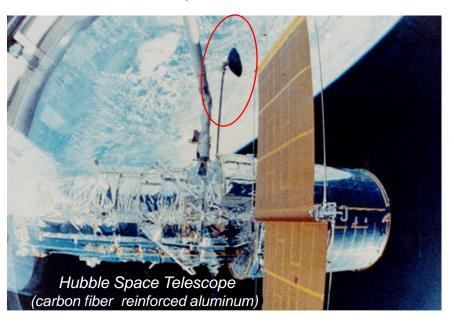
Einlagerung von Partikeln zur Erhöhung der Funktionalität (thermo-/elektro-physikalisch, chemische Beständigkeit) aber auch aus fertigungstechnischen Gründen (Verarbeitbarkeit);

Faserverstärkung zur Erhöhung der Festigkeit und des E-Moduls



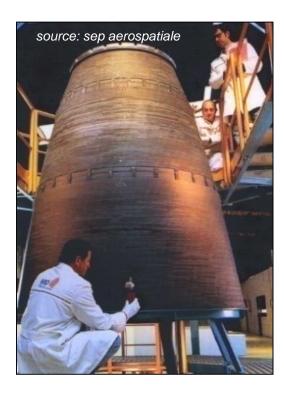
Metall Matrix Composites (MMC)

Einlagerung von Partikeln und Fasern vor allem in Leichtmetallmatrices zur Erhöhung der Festigkeit und des E-Moduls besonders bei erhöhten Temperaturen



Ceramic Matrix Composites (CMC)

Einlagerung von Partikeln und Fasern zur Erhöhung der Schadenstoleranz (,Quasiduktiles Bruchverhalten')



IFKB

Verstärkungsfasern: aus Polymer, Glas, Keramik ...

Aramidfaser



Quelle: R-G

Glasfasern



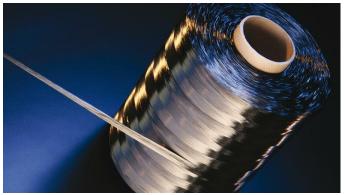
Quelle: Saint-Gobain

Oxidkeramische Fasern

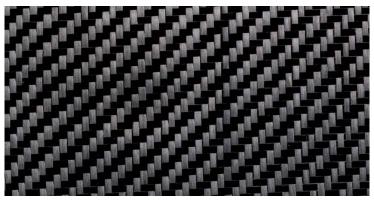


Quelle: 3M Nextel

Kohlenstofffasern



Quelle: Handelsblatt



Quelle: HEXCEL

Motivation Verbundwerkstoffe: PMC – Polymer Matrix Composites





Vorteile:

- ✓ Ausgezeichnetes Festigkeit/Dichte-Verhältnis
- ✓ Komplett entwickelte Herstellungstechnologien
- ✓ Relativ kostengünstig
- √ Für Klein- und Serienproduktion

Nachteile:

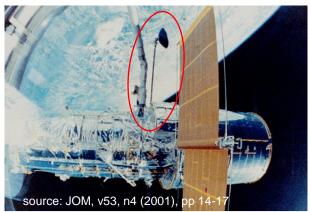
- Tribologische Eigenschaften
- Begrenzte Temperaturbeständigkeit (<<250 °C)
- 350 °C (PEEK, PI)



source: araihelmets-europe.com



Motivation Verbundwerkstoffe: MMC – Metal Matrix Composites



Boom of the Hubble Space Telescope (C-fiber reinforced aluminum)

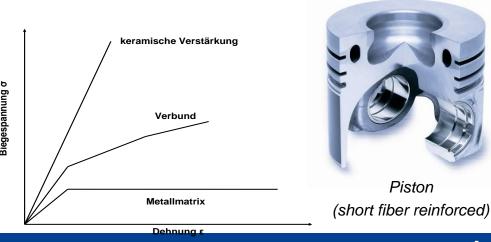


Vorteile:

- ✓ Sehr gutes Festigkeit/Dichte-Verhältnis (**Endlosfaser**)
- ✓ Sehr gute tribologische Eigenschaften / verbesserte Verschleißbeständigkeit (**Partikel**)
- ✓ Optimierte Kriechbeständigkeit (bis 500/800 °C)
- ✓ Relativ kostengünstig (Partikel / Kurzfasern)

Nachteile:

- Komplexer Herstellungsprozess (Endlosfasern)
- Teures Rohmaterial (keramische Fasern)



Motivation Verbundwerkstoffe: CMC – Ceramic Matrix Composites







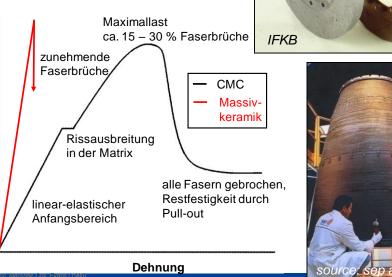


Vorteile:

- ✓ Gute mechanische Eigenschaften
- ✓ Einsatztemperaturen bis über 2000 °C
- ✓ Quasi-elastisches Bruchverhalten
- ✓ Ausgezeichnete Verschleißeigenschaften

Nachteile:

- Sehr komplexer Herstellungsprozess
- Sehr teures Rohmaterial (keramische Fasern)
- Anpassung der Faser-Matrix-Grenzfläche wichtig





Fertigungstechnik keramischer Bauteile I + II (4SWS)

Inhalt der Vorlesung: Materialien, Fertigungstechnologien, Anwendungen

Wintersemester WS

- 0. Orga und Informationen zur Vorlesung
- 1. Institut und Einführung
 - 1. Institut
 - 2. Einführung
- 2. Grundlagen Keramik
 - 1. Einführung keramische Werkstoffe
 - 1. Eigenschaften keramischer Werkstoffe
 - Fertigungskette
 - Theorie des Sinterns
 - 2. Oxidkeramiken
 - 1. Aluminiumoxid
 - 2. Zirkonoxid
 - 3. Nichtoxidkeramiken
 - Siliziumkarbid
 - 2. Siliziumnitrid
 - Bruchmechanik
 - 5. Verfahren zur Materialcharakterisierung
 - 6. Konstruieren mit keramischen Werkstoffen

Sommersemester SS

- Orga und Informationen zur Vorlesung
- 3. Fertigungstechnik
 - 1. Rohstoffe und Masseaufbereitung
 - 1. Rohstoffe und Syntheseverfahren
 - 2. Mahltechnik
 - 3. Masseaufbereitung / Granulatherstellung
 - 4. Pulvercharakterisierung
 - 2. Formgebung
 - 1. Gießverfahren
 - 2. Pressverfahren
 - 3. Plastische Formgebung
 - 3. Grün- und Weißbearbeitung
 - 4. Wärmebehandlungen
 - 1. Entbindern
 - 2. Sintertechnik
 - 5. Hartbearbeitung
- Anwendungsbeispiele

Oberflächentechnik

(Kernfach VB II)

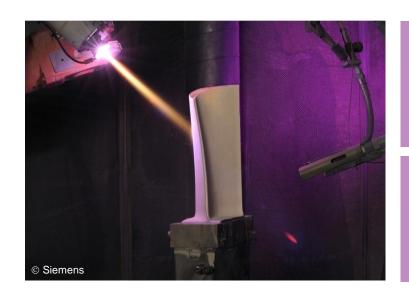


Oberflächentechnik: In allen Bereichen des modernen Lebens unverzichtbar





Verfahren in der Oberflächentechnik: Thermokinetisches Beschichten



Typische Anwendungsfelder:

Allgemeiner Maschinenbau, Automobiltechnik, Aerospace, Energietechnik, Korrosions- und Verschleißschutz, elektrische Funktionsschichten, Medizintechnik u. v. m.

Typische Stoffsysteme:

Metalle (Fe, Ni, Co –Basis, Al, Zn, Cu ...), Oxidkeramiken, einige Karbide (z. B. B₄C), Cermets (z. B. WC-Co, CrC-NiCr), Thermoplasten, CaP-Keramiken, Gläser

Spritzzusätze in Form von Pulvern, Draht, Stab oder als Suspension, im Spritzprozess Überführung in schmelzflüssige Phase.

Besonderheiten: Einziges (einstufiges) Verfahren, welches oxidkeramische Dickschichten aufbringen kann. Thermisch induzierte Eigenspannungen möglich!

Spritzen von Calciumphosphatkeramiken für Gelenkimplantate



Oberflächentecthnik: Beschichtung von Gelenkimplantaten

HIP PROSTHESES - ACETABULAR CUPS





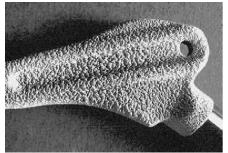


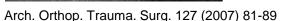


Arch. Orthop. Trauma. Surg. 126 (2006) 503-508

J. Arthroplasty 21(4) (2006) 93-96 Eur. J. Orthop .Surg. Traumatol. 17 (2007) 573-578

HIP PROSTHESES – FEMORAL STEMS







J. Arthroplasty 20(7) (2005) 57-62



J. Arthroplasty 26(4) (2011) 626-632

DENTAL IMPLANTS



KNEE PROSTHESES – TIBIAL TRAY



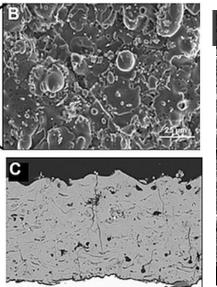
J. Arthroplasty 26(1) (2011) 41-44

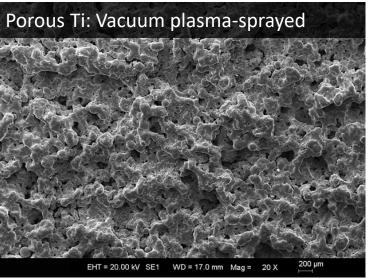
Verfahren in der Oberflächentechnik: Plasmaspritzen



Robert B. Heimann, Plasma-Sprayed Hydroxylapatite-Based Coatings: Chemical, Mechanical, Microstructural, and Biomedical Properties,

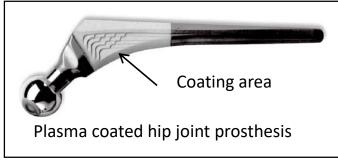
Journal of Thermal Spray Technology, Volume 25(5) June 2016 - 827





Courtesy of MEDICOAT AG 2013 Switzerland

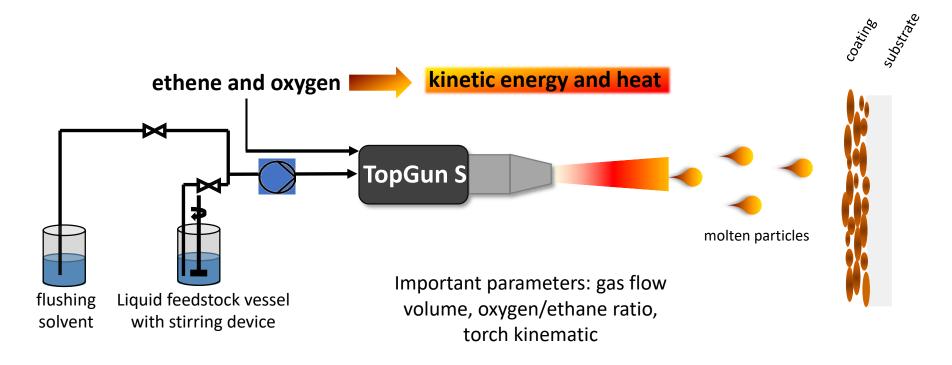




Atmospheric Plasma Spraying of knee joint

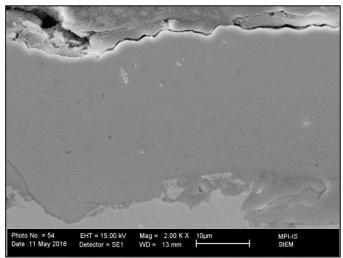
- HAp and TCP coatings
- Bioactive behaviour
- APS or VPS sprayed
- Porous titanium VPS sprayed
- Bio-glasses and glass ceramic under development

Verfahren in der Oberflächentechnik: Suspensionsflammspritzen



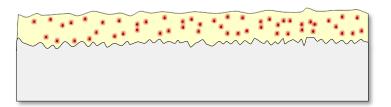


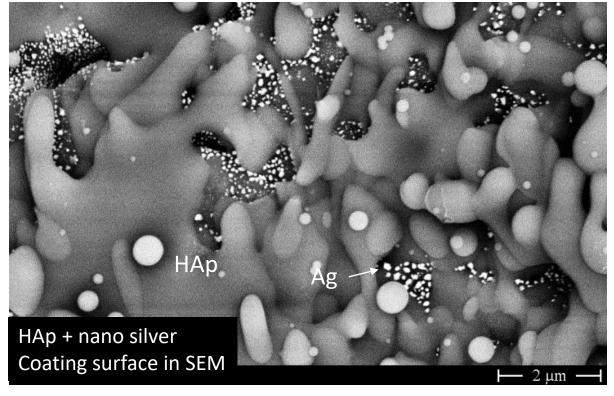
Entwicklung metalldotierter Beschichtungen mit antibakteriellen Eigenschaften für Gelenkimplantate



SEM cross section of HAp coating on Ti

Konzept: Bioaktive Beschichtung rsetzt Nanosilber in der Resorptionsplhase Nanosilber frei

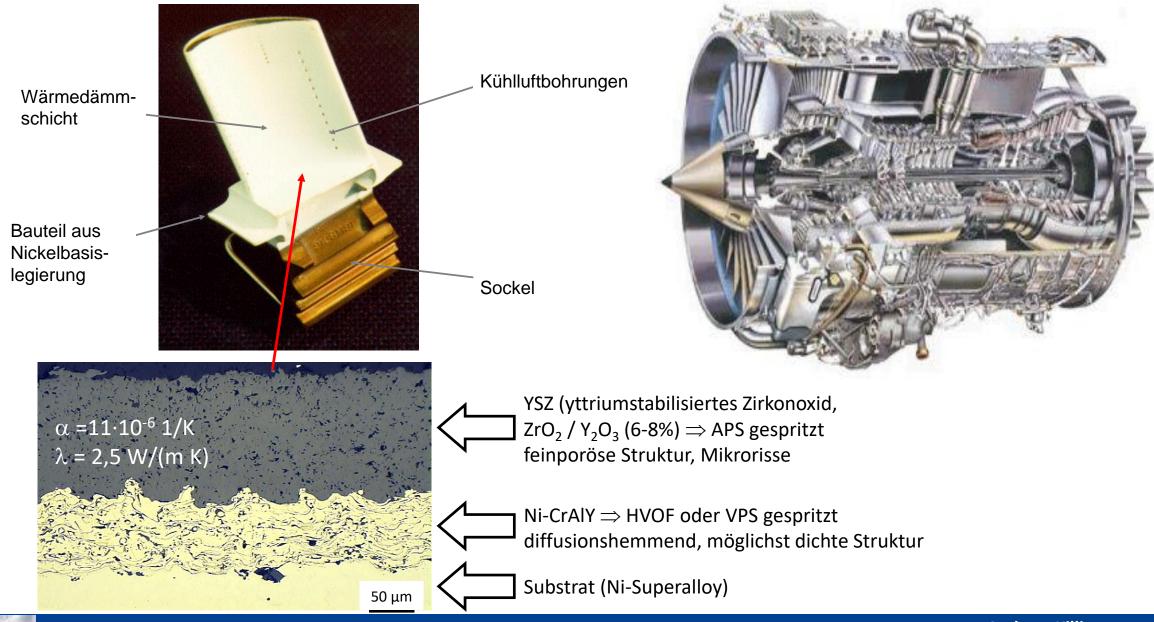




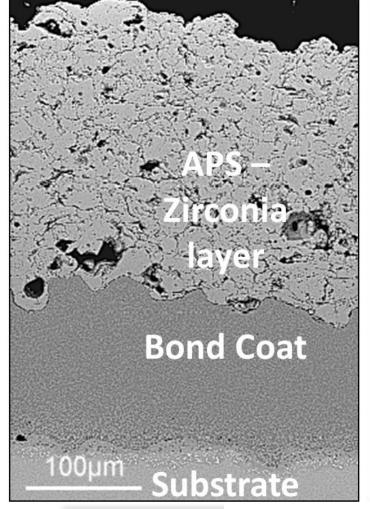
Suspension contains Hap particle + metal precursor HVSFS process creates a HAp coating that contains metal dopants with antibacterial effects.

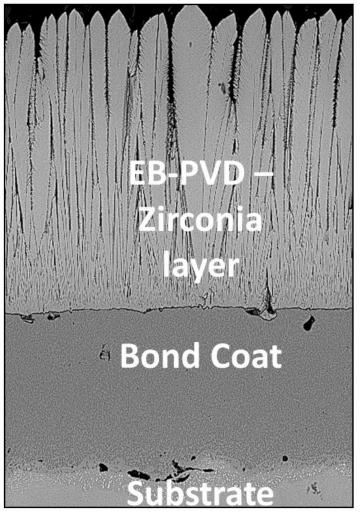


Oberflächentecthnik: Beschichtung von Turbinenschaufelbeschichtung



Aus der Vorlesung....Vergleich der TBC-Schichtstruktur: APS vs. EB-PVD







C. Galetz in:
Materials Science » Metals and Nonmetals » "Superalloys", editor:
Mahmood Aliofkhazraei, ISBN 978-953-51-2212-8,2015

Beschichtungsverfahren: Physikalische Gasphasenabscheidung (PVD)



Typische Anwendungsfelder:

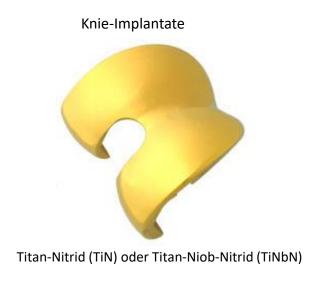
Elektrotechnik, Optik, Korrosionsschutz, Photovoltaik, Halbleitertechnik, allgemeiner Maschinenbau, Medizintechnik, Automobiltechnik u. v. m.

Typische Stoffsysteme:

Metalle, Nichtoxidkeramiken, Oxidkeramiken, organische Polymere, Halbleiter, amorphe Kohlenstoffe und viele weitere Sonderwerkstoffe

Verfahren zur Herstellung von Dünnschichten (100 nm – einige μm) Benötigt eine Vakuumkammer (Fein- Hochvakuum) Industrieller Standard für Schichten hoher Reinheit

Dünnschichtverfahren: Anwendungen in der Medizintechnik





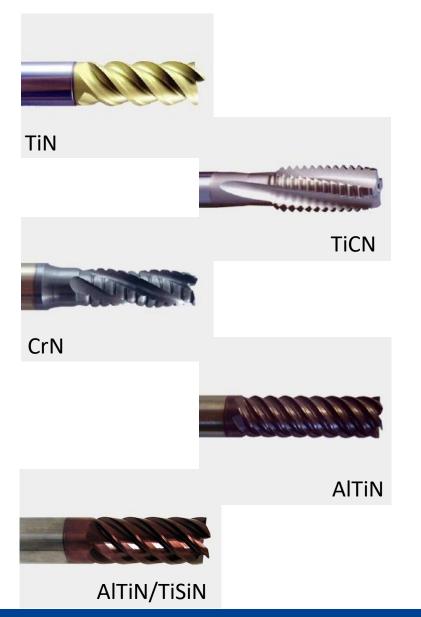


Farbgebung zur Kennzeichnung

- Implantat-Beschichtung: korrosionsbeständig, biokompatibel, tribofunktional z. B. TiN, TiNbN, ZrN-CrN-CrCN
- DLC-Beschichtung für Stents
- TiN auf Operationsbestecken etc.
- Verfahrensvarianten: ARC, MS, PA-CVD

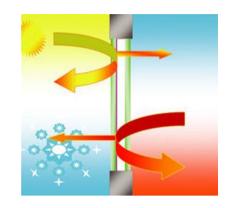


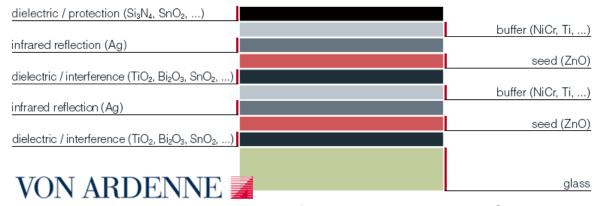
Anwendungsbeispiele PVD: Zerspanungswerkzeuge und Architekturglas



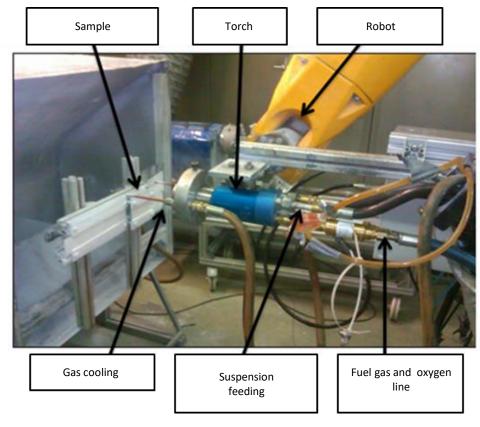
Wärmedämmung / Lichtschutz auf Architekturglas: low ε-glass





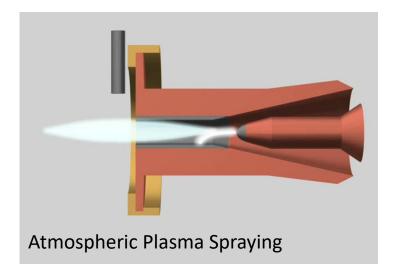


Anagentechnik am Institut: Verfahren zum Thermischen Spritzen



High Velocity Flame Spraying with

- Powder
- Suspensions
- Filaments







Verbundwerkstoffe I (VB I): Anorganische Faserverbundwerkstoffe Verbundwerkstoffe II (VB II): Oberflächentechnik und Schichtverbunde

Wintersemester WS:

Faserverbundwerkstoffe

- 0. Orga und Informationen zur Vorlesung
- 1. Motivation und Einführung
- 2. Verstärkungsphasen für

Verbundwerkstoffe

Partikel

Fasern

Fasertypen

- 3. Polymer Matrix Composites (PMC)
- 4. Metal Matrix Composites (MMC)
- 5. Ceramic Matrix Composites (CMC)
- 6. Anwendungsbeispiele

Sommersemester SS: Oberflächentechnik

- 0. Orga und Informationen zur Vorlesung
- 1. Einführung Oberflächentechnik
- 2. Abtragende Verfahren
- 3. Umwandelnde Verfahren
- 4. Einführung Vakuumtechnik
- 5. Beschichtungsverfahren

Abscheidung aus der Gasphase: PVD CVD

Abscheidung aus der flüssigen Phase PDC

Sol-Gel, Lacke

Thermisches Spritzen

Galvanik

6. Zusammenfassung

	Dozent	Benennung	LP	Anz. Semester	Turnus
Kernfächer					
IFKB	Kern / Killinger	Fertigungsverfahren Faser- und Schichtverbundwerkstoffe	6	2	WS/SS, SS/WS
	Kern	Grundlagen der Keramik und Verbundwerkstoffe	6	2	WS/SS
	Kern / Killinger	Neue Werkstoffe und Verfahren in der Fertigungstechnik	6	1 2	WS+SS
Kern-/Ergänzungsfächer					
IFKB	Kern / Killinger	Fertigungsverfahren Faser- und Schichtverbundwerkstoffe	6	2	WS/SS, SS/WS
IKFF	Gundelsweiler	Gerätekonstruktion und –fertigung in der Feinwerktechnik	6	2	WS/SS
IFSW	Graf	Materialbearbeitung mit Lasern	6	2	WS/SS
IMWF	Weihe	Festigkeitslehre I	6	2	WS/SS
IFKB	Kern	Grundlagen der Keramik und Verbundwerkstoffe	6	2	WS/SS
	Kern / Killinger	Neue Werkstoffe und Verfahren in der Fertigungstechnik	6	1 oder 2	WS+SS
IFKB / IFF	Killinger / Tiedje	Oberflächen- und Beschichtungstechnik	6	2	WS/SS
Ergänzungsfächer					
IFKB	Killinger	Thermokinetische Beschichtungsverfahren	3	1	WS
	Kern	Werkstoffe und Fertigungstechnik technischer Kohlenstoffe	3	1	WS+SS
	Ninz	Total Quality Management (TQM) und unternehmerisches Handeln	3	1	WS+SS
IFW	Rothmund	Grundlagen der Zerspanungstechnologie	3	1	WS+SS
IFKB		Additive Fertigung	3	1	WS
Praktikum					
IFKB	Killinger / Kern	Praktikum Fertigungstechnik keramischer Bauteile, Verbundwerkstoffe u. Oberflächentechnik	3	1	WS+SS

...aus jedem Feld eines

Das Spezialisierungsfach setzt sich aus einem Kernfach mit 6 LP

einem weiteren Kern- oder Ergänzungsfach mit 6 LP

einem Ergänzungsfach mit 3 LP zusammen.

Hinzu kommt das Praktikumsmodul.





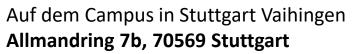




Kommissarischer Institutsleiter Abteilungsleiter Oberflächentechnik und Schichtverbunde



Abteilungsleiter Hochleistungskeramiken



ifkb@ifkb.uni-stuttgart.de,

Tel.: 0711 / 685-68301

www.ifkb.uni-stuttgart.de



Fertigungstechnik keramischer Bauteile, Verbundwerkstoffe u. Oberflächentechnik



Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit

apl. Prof. Dr. rer. nat. Andreas Killinger andreas.killinger@ifkb.uni-stuttgart.de





