

## **28. Workshop des Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (ak-adp)**

**03. und 04. Mai 2017, Hamburg**

### **Workshop-Titel: „Oberflächenfunktionalisierung von starren und flexiblen Materialien“**

Am 03. und 04. Mai 2017 fand in Hamburg der vom Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (ak-adp) organisierte Workshop zum Thema „Oberflächenfunktionalisierung von starren und flexiblen Materialien“ statt. In dem 2-tätigen Workshop mit 60 Teilnehmern und Teilnehmerinnen aus Deutschland, Österreich, der Schweiz und Slowenien wurde die Nutzung von atmosphärischen Plasmen für die Oberflächenbehandlung und für die Erzeugung von Dünnschichten auf diverse Materialien und für unterschiedlichste Anwendungen behandelt und diskutiert.

Die präsentierten Vorträge spannten einen weiten Bogen von der Forschung bis zur Industrieanwendung und zeigten auch, dass Atmosphärendruckplasmen unter Berücksichtigung geeigneter Werkstückgeometrien, Behandlungsanforderungen und technischen Produktionsvoraussetzungen durchaus eine wirtschaftliche und technisch gute Alternative zu den bewährten Vakuumverfahren darstellen.

Die thematischen Schwerpunkte der 14 Vorträge umfassten:

- Nutzung von atmosphärischen Plasmen für die Behandlung von Kunststoffen, Glas und Holz
- Erzeugung von Barrierschichten, Antihaft-Schichten, antimikrobiellen Schichten
- Plasmaanwendungen in der Medizintechnik und für die Sterilisation
- Plasmatechnologien in der Druckindustrie
- Flächige und ortsselektive Oberflächenfunktionalisierungen
- Elektronenstrahl-induzierte Plasmen
- Vorstellung von Plasmaquellen und deren konkrete technologische Einsatzmöglichkeiten
- Plasma-Spraying

Nachfolgend sind alle Vorträge kurz zusammengefasst.

#### **Fraunhofer FEP Dresden**

Forschungsthema sind Elektronenstrahl-induzierte Plasmen, die für die Sterilisation von Folien und Spritzen in der Medizin eingesetzt sowie für die Desinfektion von Futter und Saatgut verwendet werden. Medizinische Anwendungen sind beispielsweise Wundpflaster mit integrierten Wirkstoffen (die Forschung geht in Richtung der Verwendung von pflanzlichen Wirkstoffen) oder die Modifikation von Schweineperikard für künstliche Herzklappen (um eine hohe Zellkompatibilität zu erreichen). Elektronenstrahl-induzierte Plasmen können

aber auch bei der Zellstoffherstellung eingesetzt und für die Vernetzung von Druckfarben oder Lacken verwendet werden (Ersatz der UV-vernetzbaaren Lacksysteme, keine Photoinitiatoren nötig).

#### **INNOVENT e.V. Jena**

Geforscht wird im Bereich der Abscheidung antimikrobieller Dünnschichten auf Holzwerkstoffoberflächen mittels Atmosphärendruckplasmatechnik. In Versuchen wurden Dünnschichten mit Wirkstoffen (100 bis 200nm) auf Holzfurniere mittels chemischer Gasphasenabscheidung (Atmospheric Pressure Chemical Vapour Deposition, APCVD) abgeschieden, die sowohl anorganisch (Ag, CuO, ZnO) als auch organisch waren (Octenidin, quartäre Ammoniumverbindungen). Die bakteriziden Tests zeigten eine starke antibakterielle Wirkung gegenüber gramnegativen Bakterienstämmen, die fungizide Wirkung gegenüber den Prüfstämmen konnte allerdings nur durch eine Wirkstoffkombination erzielt werden. Die Beschichtungen wiesen eine gute Beständigkeit gegenüber mechanischen Einflüssen auf (in sogenannten „Washability Tests“ geprüft) und zeigten auch nach 10.000 Zyklen eine deutliche antimikrobielle Wirkung. Die antimikrobielle Wirkung war auch nach Auslaugversuchen (14-tägige Wasserlagerung mit täglichem Wasserwechsel) nachweisbar. Weitere Forschungsarbeiten beinhalten auch die Entwicklung von hydrophoben Beschichtungen für Holz, z.B. durch Einbringen von Polydimethylsiloxan.

#### **Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt Weßling**

Am DLR wird Forschung im Bereich kalter, atmosphärischer Plasmen für die Sterilisation von Raumfahrtbauteilen betrieben. Diese Sterilisation ist sehr wichtig, da keine Bakterien von und zur Erde gebracht werden dürfen („Planetary Protection“). Die ESA und NASA benutzen hauptsächlich trockene Hitze zur Inaktivierung von Bakterien, was Nachteile bei der Sterilisation von wärmeempfindlichen Materialien hat. Daher wurden Versuche zur Sterilisation mittels Plasma unternommen. Die Ergebnisse zeigten, dass eine Inaktivierung der Bakterien durch das bei der Plasmabehandlung entstehende Ozon erfolgen kann.

#### **Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, AG Plasmatechnologie**

Analysiert wurde der Einsatz von Atmosphärendruckplasmen für Anwendungen in der Druckindustrie. Dabei ging es aber nicht primär um die Plasmabehandlung des zu bedruckenden Materials sondern vielmehr um die Aktivierung von elastomeren Flexodruckplatten, die mittels Lasertechnik graviert wurden. In Versuchen konnte erreicht werden, dass die auf EPDM basierten Druckplatten für eine optimale Druckqualität durch eine Plasmabehandlung benetzbarer wurden. Auch nach vielen Stempelvorgängen (ca. 10.000) war noch eine deutlich bessere Benetzbarkeit der Druckplatten nachweisbar.

### **Fraunhofer IST Braunschweig**

Forschungsthema ist die ortsselektive Funktionalisierung und Beschichtung von Oberflächen mittels Plasma-Printing, bei dem die Plasmabehandlung der Oberfläche in der Art eines Stempel- oder Druckverfahrens unter Verwendung einer geeigneten Maske erfolgt. Die Strukturierungsinformation dieser Maske wird durch lokalisierte Mikroplasmen als strukturierte Oberflächenfunktionalisierung oder –beschichtung auf das Substrat (z.B. Wafer) übertragen. Einsatzgebiet ist die Mikrosystemtechnik (z.B. in der Automobilbranche). Des Weiteren wird an einem zweistufigen Verfahren gearbeitet, dass eine lokale Metallisierung auf flexiblen Materialien (z.B. Polymerfolie) ermöglichen soll. Zunächst werden die Polymeroberflächen in einem Rolle-zu-Rolle-Prozess plasmaunterstützt und ortsselektiv funktionalisiert und das Druckbild der Walze auf die Folie übertragen, welches anschließend ortsselektiv und nasschemisch metallisiert werden kann.

### **TIGRES GmbH Marschacht**

Es wurden Möglichkeiten der Feinstreinigung von Aluminiumprofilen untersucht, die mit Atmosphärendruck-Plasma für eine nachträgliche Bedruckung mittels Inkjet-Druck vorbehandelt wurden. Der spezifische Anwendungsfall war die Bedruckung von Wasserwaagen aus Aluminium. Vorteile der Plasmabehandlung sind die hohe Prozesssicherheit sowie die Verkürzung der Reinigungszeit (Behandlungsgeschwindigkeiten von 20m/min).

### **Fraunhofer IFAM Bremen**

Es wurde die Vorbehandlung und Beschichtung von Polypropylen mit 30% Glasfasern mittels Atmosphärendruckplasmen sowie die Auswirkung der thermischen Intensität durch das Plasma untersucht. Des Weiteren wurden die Möglichkeiten der Abscheidung von Haftvermittlerschichten (Abscheidung mittels HMDSO, TEOS etc.) sowie von hydrophoben Schichten als Alterungsschutz und permanente Trennschichten analysiert (anstelle des Trennlacks für Werkzeugformen; dauerhaft für mindestens 10.000 Zyklen). Dafür wurde die Atmosphärendruck-Plasmabeschichtung am Institut weiterentwickelt. Die Haftvermittlerschichten (100nm) könnten z.B. in der Automobilindustrie als Ersatz der Primerbeschichtung für die nachträgliche Lackierung eingesetzt werden. Die Lackformulierung muss dabei nicht modifiziert werden.

### **Jožef Stefan Institut Ljubljana**

Das Jožef Stefan Institut untersucht die Plasmafunktionalisierung von Polymeren und Polymer-Matrix-Composites, insbesondere die Anwendung reaktiver Plasmen unter Atmosphärendruckbedingungen mit hoher Selektivität der Interaktion zwischen Plasma und dem Material. Der Plasmaprozess ist ein schrittweiser Prozess, bei dem zunächst neue Bindungen auf der Oberfläche erzeugt werden (Funktionalisierung). Weitere Interaktionen führen dann zum Bindungsbruch und dem Entfernen chemischer Elemente und Moleküle (Ätzen = Etching). Die Untersuchungen sind vor allem für Polymersubstrate mit hoher Komplexität im

Aufbau interessant, die auch viele unterschiedliche, chemische Bindungen aufweisen (z.B. Isolatoren aus mit Glaskugeln gefülltem Kunststoffmaterial).

### **INOCON Technologie GmbH Attnang-Puchheim**

Die INOCON entwickelt Plasmaquellen mit Argon als inertem Prozessgas, um temperatursensible Substrate wie Kunststoffe, Papier, etc. aktivieren zu können. Eine weitere Entwicklung stellen die inline-fähigen Plasmaanlagen zur Metallabscheidung und für die Abscheidung von SiO<sub>x</sub>-Schichten dar, u.a. für Textilien. Damit sind hohe Beschichtungsbreiten von 7 bis 10cm sowie Abzugsgeschwindigkeiten bis 400mm/s bei einer homogenen Schichtdickenverteilung realisierbar. Beispiele sind hydrophobe Schichten für Textilien (hohe Stabilität in „Washability Tests“ nachgewiesen), biozide Beschichtungen (Zink auf ABS, Zink auf Verbandsmaterial), leitfähige Schichten, Antihaft- und Haftvermittlerschichten sowie antibakterielle und tribologische Schichten. Der entwickelte Plasmaplotter ist eine Anlage, mit der die verschiedensten Beschichtungsvarianten durchgeführt werden können. Sämtliche Schichten können damit abgeschieden werden, von Pulverschichten bis hin zu Antihaft- und Haftvermittlerschichten.

### **KRÜSS GmbH Hamburg**

Die Fa. KRÜSS entwickelte ein Kontaktwinkelmessgerät zur Kontrolle des Benetzungsverhaltens von Papieroberflächen. Papierbasierte Sensoren sind in der Medizinanalytik weit verbreitet (Urin-Teststreifen, Schwangerschaftstests) und sind daher nach wie vor Gegenstand der aktuellen Forschung. Die Benetzbarkeit der aktivierten Papierproben wurde mit Hilfe eines Kontaktwinkelmappings untersucht, wobei ein von KRÜSS neu entwickeltes Tropfenkonturanalysesystem in Kombination mit einem Rotations-Vakuumentisch, softwarekontrollierter y- und z-Achsen sowie der „Liquid Needle“ Dosierung eingesetzt wurde. Mit Hilfe eines Konturplots können dann Unterschiede in der Benetzung der Papieroberfläche orts aufgelöst dargestellt werden, eine wichtige Voraussetzung für den Einsatz von Papier in Lab-on-a-Chip und Sensoranwendungen.

### **INNOVENT e.V. Jena**

Für Sonden, die in bildgebenden und diagnostischen Verfahren der Medizin und Biowissenschaften eingesetzt werden, ist eine hohe Bildqualität und Reproduzierbarkeit sowie Langzeitstabilität wesentlich. Die dafür verwendeten GRIN-Linsen (Gradientenindex-Linsen) mit spezieller Geometrie (für leichte Miniaturisierung; Einsatz in der Faseroptik) benötigen Antireflexschichten, die zumeist mittels Sputterverfahren oder ionengestützten Bedampfungsverfahren unter Hochvakuum hergestellt werden. Dies führt allerdings meist zu einer Verminderung der optischen Transmission. Hier wurde versucht, eine Barrierschicht mittels Flammpyrolyse (CCVD) von SiO<sub>x</sub> unter Atmosphärendruck aufzubringen. Es wurde eine entsprechende Prototypenanlage konzipiert und es konnten wirksame Barrierschichten abgeschieden

werden. Der für großflächige Beschichtungen wirtschaftlich unrentabel hohe zeitliche Aufwand von bis zu 100 Brennerdurchläufen spielt bei den vergleichsweise kleinen Linsenarrays keine Rolle.

#### **Leibniz-Institut für Plasmaforschung und Technologie e.V. Greifswald**

„Plasma-Spraying“ (Atmosphärendruck-Plasmasprühen, APS) ist thermisches Spritzen unter einer elektrischen Lichtbogen-Gasentladung und ein etabliertes Verfahren der Oberflächenmodifikation, wobei große Werkstücke in kurzer Zeit mit einer bis zu einigen Millimeter dicken Schicht versehen werden können. Anwendungsbereiche finden sich in der Medizin für Implantate mit/ohne antimikrobielle Wirkung und auch in technischen Anwendungen von z.B. Turbinenschaufeln (Verschleißschutzschicht). Beim APS werden Partikel in ein ca. 16.000°C heißes Plasma eingesprüht. Diese werden dabei teilweise oder komplett aufgeschmolzen und auf das zu beschichtende Substrat geschossen (Bauteiloberfläche wird dabei nicht aufgeschmolzen). Es können hohe Beschichtungsraten erzielt werden. Nachteilig ist die Prozesslautstärke von bis zu 180 dB.

#### **Plasmawerk Hamburg GmbH**

Die Fa. Plasmawerk ist Großanlagenhersteller für die Plasmabehandlung von Verpackungsfolien, z.B. für BOPP Homopolymerfolien, die nachträglich bedruckt werden. Mit deren Anlagen können Behandlungsbreiten von 10m und Abzugsgeschwindigkeiten bis zu 600m/min realisiert werden. Das entwickelte FLAIR-System arbeitet mit speziell aufgebauten Elektroden, wodurch eine „andere Art von Plasma“ erzeugt werden kann. Dieses Verfahren führt auch nach höherer Behandlungsintensität nicht zur Sättigung der Oberflächenenergie, wie es z.B. bei einer Corona-Behandlung der Fall ist.

#### **Hegwein GmbH Stuttgart**

Mikrowellen-Atmosphärendruckplasmen können als Quelle in der Feuerungstechnik eingesetzt werden (Plasma-Zündsystem, wobei Brennstoff abhängige und Brennstoff unabhängige Zündsysteme zu unterscheiden sind). Die Zündzuverlässigkeit ist sehr gut (7500 Plasma-Zündungen ohne Zündfehler) und ebenso die Betriebszuverlässigkeit im Dauerbetrieb.