

32. Workshop des Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (ak-adp)

14. und 15. November 2018, Dresden

„Atmosphärendruckplasma: Haftungsspezialist für breite Anwendungen“

Der vom Anwenderkreis Atmosphärendruckplasma (ak-adp) organisierte zweitägige Workshop zum Thema „Atmosphärendruckplasma: Haftungsspezialist für breite Anwendungen“ fand am 14. und 15. November im Deutschen Hygiene-Museum in Dresden/Sachsen statt. Im Workshop mit mehr als 60 Teilnehmern und Teilnehmerinnen aus Deutschland, Österreich, Belgien, der Schweiz und Luxemburg wurde der Einsatz atmosphärischer Plasmen zur Aktivierung und Beschichtung von lokalen bis großflächigen Anwendungen behandelt und diskutiert. In den Vorträgen wurden sowohl Grundlagen und Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung erläutert als auch geeignete industrielle Anlagentechnik vorgestellt und Anwendungsbeispiele aus der Praxis präsentiert.

Die thematischen Schwerpunkte der 12 Vorträge aus Forschung und Industrie umfassten:

- Haftungsverbesserung durch Plasmavorbehandlung bzw. Abscheidung von haftvermittelnden Nanobeschichtungen
- Anwendungen für Druckprozesse, Lackierung, langzeitstabile Klebungen und Grundierungen auf verschiedenen Materialien
- Vorstellung neuer Plasmaanlagentechnik und deren Anwendungspotenzial
- Oberflächenvorbehandlung von lokal bis großflächig
- Integration von Plasmaprozessen in automatisierte Fertigungsprozesse
- Plasmaanalytik zur Prozesskontrolle und Prozessoptimierung
- Konkrete Beispiele für Haftungsverbesserung durch den Einsatz atmosphärischer Plasmen

Nachfolgend sind alle Vorträge kurz zusammengefasst.

SURA Instruments GmbH

Das vorgestellte Forschungsthema befasste sich mit unterschiedlichen Verfahren zur Haftungsverbesserung für Digitaldruckanwendungen. In einer Versuchsreihe wurde vorbehandeltes Polypropylen-Plattenmaterial mittels UV-Tinten digital bedruckt, wobei unterschiedliche Vorbehandlungen (Fluorierung, Beflammung, Pyrosil®-Verfahren und Atmosphärendruckplasma) verwendet wurden. In den nachfolgend durchgeführten Gitterschnittprüfungen auf den bedruckten Platten konnte eine optimale Haftung nur bei der Beflammung und der Pyrosil®-Vorbehandlung erzielt werden. Beim Digitaldruck auf Flachglas wurde als Vorbehandlungsmethode nur mehr die Beflammung und das Pyrosil®-Verfahren eingesetzt, danach

wiederum Haftungsüberprüfungen mittels Gitterschnitt und ergänzend Stirnabzugstests zur Quantifizierung durchgeführt. In letzterem Fall zeigten die Ergebnisse, dass nur eine Kombination aus Pyrosil®-Behandlung und Haftvermittler einen ausreichend haftfesten UV-Digitaldruck auf Glas gewährleisten kann.

Leibniz Institut für Polymerforschung Dresden

In einem Vortrag wurden Studien zum Thema Atmosphärendruckplasma zur Vorbehandlung von PP/EPDM-Oberflächen vor dem Beschichten präsentiert. In den Arbeiten wurden die Beflammung sowie die Plasmabehandlung mittels Plasmadüse als Vorbehandlungsmethode von Compounds aus Polypropylen/Ethylen-Propylen-Dien Kautschuk (PP/EPDM) für Anwendungen in der Automobilbranche getestet und anschließend verschiedene Charakterisierungsprüfungen (Kontaktwinkelmessung, Bestimmung des Zetapotentials, Konfokalmikroskopie, REM, XPS, Haftfestigkeitsprüfungen und Spültests) durchgeführt. Die Prüfergebnisse zeigten, dass die Aktivierung durch Plasma zu höheren Oberflächenenergien als bei der Beflammung führte und eine höhere Zahl funktioneller Gruppen auf der Oberfläche eingebaut wurde (Sauerstoff, Stickstoff). Die Aufräumung der Oberfläche war hingegen bei der Plasmabehandlung stärker. Bei Messung des Zetapotentials wurde durch die Plasmabehandlung (nur mit statischer Düse) eine starke Verschiebung des isoelektrischen Punktes (IEP) in den sauren Bereich beobachtet. Auch der Anteil löslicher Bestandteile an der Oberfläche erhöhte sich und es waren bereits PP-Abbauprodukte nachweisbar. Die besten Haftwerte wurden durch Vorbehandlung mittels Rotationsplasma erzielt. Bei der Beflammung bestand tendenziell die Gefahr eines Haftversagens durch zu schwacher Aktivierung während bei der statischen Plasmadüse ein Haftversagen durch Überbehandlung nicht ausgeschlossen werden konnte.

Institut für Holztechnologie Dresden (IHD)

In dem Vortrag zum Thema Plasmabeschichtungen als vollwertige Grundierung auf harzreichen Hölzern wurden Forschungsergebnisse über die Plasmabeschichtung von unterschiedlichen Hölzern als Witterungs- und Bläueschutz präsentiert. Bei der vorgestellten Plasmagrundierung handelte es sich um eine dünne SiO₂-basierte Plasma-Funktionsschicht (Dicke zwischen 50 und 100nm), welche die Holzoberflächen vor Witterungseinflüssen und mikrobiellen Befall schützen soll. Der Schutz vor mikrobiellen Befall wurde durch Modifizierung der Precursorsubstanzen mit bioziden Additiven erreicht. Die Langzeitbeständigkeit der funktionellen Eigenschaften wurde durch künstliche und natürliche Bewitterung getestet. Die Ergebnisse der Versuche zeigten deutlich, dass durch die Plasmabeschichtung ein vollwertiger Ersatz für den Bläueschutz erzielt werden konnte und dass die Funktion des Lackes bzw. der Lasur durch das Plasma nicht beeinträchtigt wurde.

Tantec Vertrieb GmbH Flensburg

Es wurden Möglichkeiten sowie Praxisbeispiele der Anwendung von Atmosphärendruckplasmabehandlungen in automatisierten Fertigungsprozessen präsentiert. Die Fa. Tantec vertreibt Plasmaeinzeldüsen, die sehr kompakt gebaut, wartungsfreundlich und robotertauglich sind sowie in einer Produktionslinie integriert werden können. Behandlungsgeschwindigkeiten bis 300m/min sind möglich (Standard: 20m/min). Es wurde auch gezeigt, dass eine Überbehandlung mit Atmosphärendruckplasma zu Kohäsionsbrüchen unter der Oberfläche des Substrates führen kann. Die Oberfläche scheint zwar in Ordnung und es können keine Änderungen in den Oberflächenenergiewerten mittels Kontaktwinkelmessung festgestellt werden, jedoch ist mitunter die Haftung schlecht. Des Weiteren wurde auch erwähnt, dass Oxidgase als Nebenprodukt der Plasmabehandlung freigesetzt werden (NO, NO_x, NO₂, N₂O₅, Ozon und andere). Die behandelte Oberfläche kann je nach Material ebenfalls Gase freisetzen. Daher sollte jede Plasmaanlage mit einer ausreichend dimensionierten Absaugung ausgestattet werden, um Gesundheitsprobleme und Korrosion von Maschinenteilen zu vermeiden.

Molecular Plasma Group (MPG)

Die Präsentation enthielt eine Vorstellung des Plasmaanlagenkonzepts von MPG, das in erster Linie der Plasmabeschichtung von unterschiedlichen Materialien (Metall, Kunststoff, Holz, Papier, etc.) und Substratgeometrien (Platten, Folien, 3D-Bauteile, Garne, etc.) mit funktionellen Nanoschichten dient. Als Precursoren können alle nicht zu hoch viskosen Flüssigkeiten verwendet werden, aus denen mittels Atomizer ein Aerosol gebildet werden kann. Der Vortrag enthielt des Weiteren einen Überblick über die kritischen Parameter des Plasmaabscheidungsprozesses. So spielen zwei Faktoren für die Kinetik der Plasmabeschichtung eine wesentliche Rolle: die Plasmaleistung (Input Plasma Power) und der Massefluss des Precursors. Eine Erhöhung beider Faktoren führt zu höheren Abscheideraten, jedoch werden prinzipiell die Plasmaleistung durch Ätzeffekte und der Massefluss durch Kondensationsvorgänge limitiert. Auch die Chemie des Precursors bestimmt die Depositionsrate – je mehr Doppelbindungen umso höher die Reaktivität, umso höher die Abscheiderate (exponentiell). Um qualitativ hochwertige Plasmabeschichtungen zu erzielen, muss die Abscheiderate jedoch verringert werden. Dies ist durch Optimierung der Parameter Plasmaleistung, Massefluss des Precursors und Substrattemperatur möglich.

SOFTAL Corona & Plasma GmbH Hamburg

SOFTAL baut Anlagen zur Corona- und Plasmavorbehandlung für Behandlungsbreiten von 260mm bis 11m (z.B. für Polyethylen-Folien). In der ALDYNE™-Baureihe erfolgt die Vorbehandlung mit einem präzise dosierten Prozessgasgemisch. Diese wird hauptsächlich für den Ersatz von nasschemischen Primern auf bahnförmigen Materialien eingesetzt. Für groß dimensionierte Behandlungsbreiten sind modulierte Generatoren mit hohen Leistungen erforderlich sowie eine Wasserkühlung der Elektroden. Eine neu

entwickelte Technologie zur gleichmäßigen Oberflächenbehandlung beliebig dicker und besonders sensibler Substrate ist die LinearPlasma™-Baureihe. Diese ist ohne Gegenelektrode konzipiert und wird beispielsweise für die Vorbehandlung von Schäumen oder Hohlkammerplatten eingesetzt (keine Entladungsspuren). LinearPlasma™-Anlagen können auch potentialfrei ausgeführt werden, um elektrisch sensible Materialien zu behandeln, wie z.B. TCO oder ITO-beschichtete Folien, Solarzellen, Schaltungen und dergleichen.

Fraunhofer IFAM Bremen

Es wurden Forschungsergebnisse über mittels Atmosphärendruckplasma abgeschiedene Haftvermittlerschichten für langzeitstabile Klebungen vorgestellt. Mittels Rotationsplasmadüse wurden Haftvermittlerschichten auf Kunststoff-, Kupfer- und Aluminiumsubstrate durch Verwendung von Silizium basierten und organischen Precursoren aufgebracht. Während sich Haftvermittlerschichten mit Silizium basierten Precursoren bereits im industriellen Einsatz befinden, werden organische eher selten eingesetzt. Diese bieten aber interessante, neue Anwendungsmöglichkeiten vor allem in Richtung Lagerstabilität. Die Versuchsergebnisse zeigten, dass ein Ersatz von Lackprimern möglich ist und auch eine Verbesserung der Stabilität unter erhöhten Belastungen (hot-wet exposure) erzielt werden kann.

Fraunhofer IST – Anwendungszentrum für Plasma und Photonik & HAWK Göttingen

In einem Vortrag wurde die neu entwickelte „Disc-Jet“-Plasmaquelle präsentiert, die auf einer Jet-induzierten DBD (Dielectric Barrier Discharge)-Gleitentladung basiert. Diese wurde speziell für Plasmabehandlungen von Hinterschneidungen, z.B. T-Nuten, Kavitäten oder 3D-Konturen, konzipiert. Die Gleitentladung kann in Relation zum Quellenabstand stufenweise angepasst werden und ein sich ausbildendes „Gas-Kissen“ sorgt für eine homogene Ausbreitung der Gleitentladung über die gesamte Quellenfläche. Nachteilig ist die starke Erwärmung der Plasmaquelle bereits nach kurzer Betriebsdauer, die auch zu Schädigung des Substrates führen kann. Im Zuge der Weiterentwicklung der Plasmaquelle wurden der Fluidstrom durch den Kühlkörper und die Kühlleistung simuliert sowie strömungsmechanische Untersuchungen mittels CFD durchgeführt. Auf Basis der Ergebnisse wurde eine Flüssigkeitskühlung der Elektrode für den Dauerbetrieb integriert und die Innenelektrode für besseren Gasstrom strömungsoptimiert umgestaltet.

In einem zweiten Vortrag wurde der Einsatz der Plasmaanalytik an der „Disc-Jet“ zur Optimierung der Polymeroberflächenmodifikation mit Hilfe der optischen Emissionsspektroskopie (OES) präsentiert. Mittels OES können reaktive Spezies, relative Konzentrationen, Plasmatemperaturen und Elektronendichten ermittelt werden. Die Ergebnisse der Analysen zeigten, dass bis zu einem Elektrodenabstand von 4mm kaum reaktive Stickstoffspezies im Spektrum erkennbar waren und auch XPS-Messungen auf einer behandelten Polypropylen-Folie zeigten keine Stickstoffgruppen. Bis zu einem Elektrodenabstand von 10mm waren kaum

Veränderungen bei den untersuchten Plasmatemperaturen ermittelbar; ab 4mm wurde eine zunehmende Filamentierung der Entladung detektiert.

Ahlbrandt System GmbH

In einer Präsentation wurde ein Plasma- & Sprühsystem für die effiziente Behandlung von Rollenware vorgestellt. Damit werden Folien-, Vlies-, Papier- und Textilware zunächst mittels DBD (Dielectric Barrier Discharge) inline plasmabehandelt. Dann erfolgt der Sprühauftrag mittels Rotor-Spraysystem bevor die beschichtete Ware getrocknet wird. Das Verfahrensprinzip beruht auf einer Corona-Behandlung (DBD Luft-Plasma), wobei 8 Elektroden auf der Walze nebeneinander angeordnet sind. Das Rotor-Spraysystem besteht aus Sprühtellern, die rotieren und Fluidtropfen aufbringen. So werden beispielsweise Anti-Fog-Beschichtungen auf Polyethylenterephthalat-Folien oder Hydrophobbeschichtungen auf Papier/Vlies-Verbunde aufgebracht. Eine integrierte Glättwalze sorgt für eine homogene Durchdringung der Beschichtungstoffe.

PlaToS Consulting

In einer Präsentation wurde zunächst ein Überblick über industriell eingesetzte Atmosphärendruckplasmatechnik (DBD-Corona vs. Plasma-Jet), die fundamentale Bauweise von Plasmaanlagen, die Plasmareaktion und Interaktion mit der Substratoberfläche sowie über die wesentlichen Plasmaprozessparameter präsentiert. Als Repräsentant der Fa. Tigres GmbH wurden anschließend deren unterschiedliche Plasmakonzepte vorgestellt. Einerseits werden DBD-Corona-Anlagen für großflächige Anwendungen sowie für Drähte, Garne, Kabel, Filamente und Rovings hergestellt (keine Druckluft nötig, aber nicht für elektronische Bauteile geeignet) und andererseits Corona Jets (Freistrah) für die Behandlung von z.B. PET-Flaschen. Die „Plasma MEF“-Bauweise (Einzeldüse – Plasmajet) arbeitet potentialfrei und ist für thermisch sensible Oberflächen geeignet, während die Produktfamilie „Plasma CAT“ leistungsstarke Vorbehandlungen bei Behandlungsgeschwindigkeiten bis zu 400m/min garantiert.

Plasmatreat GmbH

Die Fa. Plasmatreat präsentierte die Openair-Plasma® Technologie (Rotationsdüse - Plasmajet) und deren Anwendungen. Mit der Openair-Plasma®-Anlage können Oberflächen gereinigt werden, z.B. Metall-, Glas- und Kunststoffoberflächen. Es können gute Reinigungsleistungen gegenüber Kohlenwasserstoffen (Feinreinigung) durch gezielte Prozessführung sowie eine Modifikation der Oberfläche für nachfolgende Klebe-, Druck- und Lackierprozesse (Verbesserung der Adhäsionseigenschaften) erzielt werden. Mittels PlasmaPlus®-System ist auch eine Plasmabeschichtung für z.B. im Spritzguss verarbeitete Thermoplast/Elastomer- oder Metall/Thermoplast-Verbindungen möglich.