

POTENZIALFREIES ATMOSPÄRENPLASMA IN BELIEBIGER BREITE

AD-Plasmaquellen, die unter atmosphärischen Bedingungen ein offenes, frei zugängliches und potentialfreies Plasma erzeugen, waren bisher auf einige Zentimeter Breite begrenzt. Eine neue Elektrode von TIGRES stellt nun dieses Plasma in beliebiger Breite zur Verfügung. Da eine Gegenelektrode nicht benötigt wird, eignen sich diese Plasmaquellen zur Vorbehandlung beliebig dicker Substrate. Aufgrund der Potentialfreiheit können elektrisch inhomogene Substrate zerstörungsfrei behandelt werden.

Die Vorbehandlung von Kunststoff- und Metalloberflächen vor der Weiterverarbeitung wie z.B. Verkleben, Beschichten, Bedrucken und Lackieren mit einem elektrisch erzeugten offenen Plasma ist eine industriell etablierte Technologie. Allgemein bekannt ist die in der folienverarbeitenden Industrie seit 5 bis 6 Jahrzehnten übliche direkte Korona-Behandlung. Hierbei werden Folienbahnen an offener Luft durch einen von einer Elektrode und einer Walze als Gegenelektrode gebildeten Entladungsspalt hindurchgeführt. Das „Entladungsgewitter“ im ca. 1,5 mm weiten Entladungsspalt erzeugt ein stark oxidierendes Plasma, das bei moderaten Temperaturen in einer kalten Verbrennung von metallischen Oberflächen störende dünne Schichten entfernt und Kunststoffe zusätzlich bis in eine Tiefe von einigen wenigen Atomlagen oxidiert. Bekanntermaßen kann diese Oberflächen-Modifikation ohne jede Änderung der elektrischen, mechanischen oder optischen Eigenschaften der Folie erfolgen. Behandlungsanlagen für Bahnbreiten über 10 m sind möglich. Für typische mittlere Anwendungen und eine Bahngeschwindigkeit von 150 m/min wird die Entladung mit einer Leistung von 3 kW pro Meter Bahnbreite gespeist.



Dickere Kunststoffteile, die nicht in den Entladungsspalt eingebracht werden können, werden einer indirekten Korona-Behandlung ausgesetzt. Ein Luftstrom lenkt hierbei die Stromfäden einer mittelfrequenten, elektrisch gesteuerten Entladung, die in einem Elektrodenkopf vor dem Werkstück stattfindet, auf die zu behandelnde Oberfläche. Bei der Korona-GUN® von TIGRES überschreitet die Kerntemperatur der Entladung 50°C nicht, so dass auch die

Behandlung thermisch empfindlicher Substrate möglich ist. Für die Behandlung von Platten sind Multi-GUN-Elektroden z.B. mit 2 m Breite erhältlich. Die Entladungen werden mit einer Leistung von 10 kW/m betrieben.

Elektrisch inhomogene Substrate, wie z.B. elektrische Leiterplatten, RFID-Strukturen und in beliebigen Strukturen partiell metallisch beschichtete Verpackungen können weder mit einer direkten noch mit einer indirekten Korona-Entladung zerstörungsfrei behandelt werden.

Potenzialfreies Atmosphärenplasma in beliebiger

Leitfähige Strukturen sind Kurzschlussbrücken für die Stromfäden der Korona-Entladung, so dass sie mit Spannungen in der Größenordnung 10.000 V beaufschlagt werden, die sich an der Substratoberfläche parasitär entladen.

AD-Plasma-Düsen liefern ein potenzial-freies Plasma ohne Stromfäden, das durchaus „angefasst“ werden kann. Das Plasma hat analoge Eigenschaften zu den bekannten Niederdruck-Plasmen, ist jedoch offen, d.h. es ist ohne Rezipient frei zugänglich.



Aufgrund der hohen Effizienz des AD-Plasmas können mit indirekten Behandlungen hohe Behandlungsgeschwindigkeiten in der Größenordnung der für die „klassischen“ Korona-Anwendungen

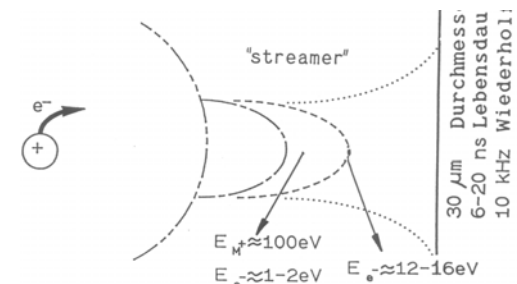
typische Bahngeschwindigkeiten von 100 - 150 m/min realisiert werden. Die Behandlungsbreite einer einzelnen mit 200 W gespeisten Plasma-BLASTER-Düse von TIGRES liegt bei knapp einem Zentimeter, die für viele Anwendungen, z.B. als Vorbehandlung vor einer Klebstoffraupe ausreicht.

Im Kopf der Plasma-BLASTER-Düse werden zwischen einer zentrischen, metallischen Stiftelektrode, die auf Hochspannung liegt, und einer rotationssymmetrischen metallischen Außenelektrode, die sich elektrisch auf Masse-Potenzial befindet, eine gesteuerte elektrische Entladung gezündet. Diese Entladungsform ist weder eine Korona-Entladung, da in dieser Metall-Metall-Anordnung die dielektrische Barriere fehlt, noch eine selbstständige Bogenentladung, da der Strom elektrisch begrenzt wird. Das erzeugte Plasma wird mit Druckluft derart auf die Substratoberfläche ausgeleitet, dass die Stromfäden die Düsenelektrode nicht verlassen: Ein potenzialfreies, zeitlich und räumlich homogenes Plasma tritt aus der Düse aus.

Das mit dieser Entladungsform erzeugte Plasma ist sehr effizient und mit nur einer geringen Wärmeerzeugung verbunden. Die Abbildung zeigt schematisch die zeitliche Abfolge der Entwicklung eines Entladungs-kanals zwischen einer spannungs-führenden Elektrode und einer geerdeten Gegenelektrode. Am Kopf des sich ausbildenden

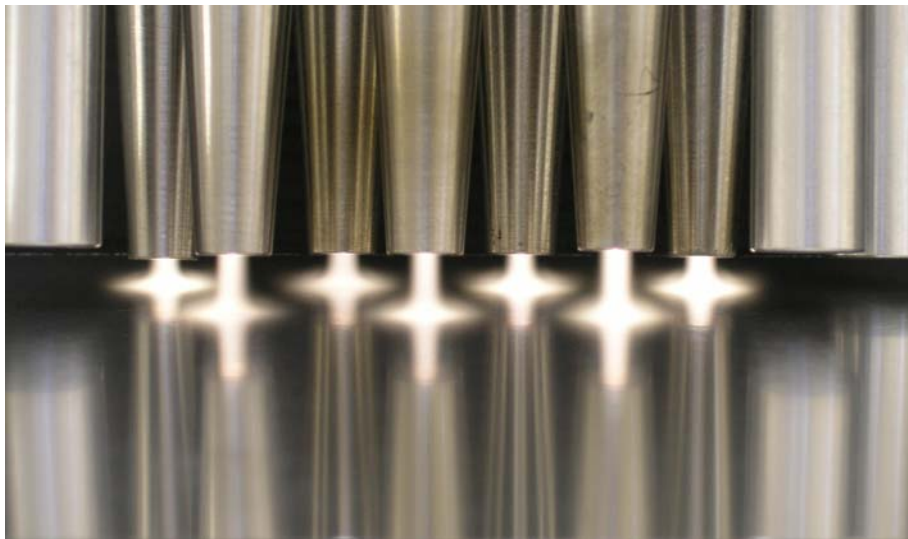
Entladungskanals haben die Elektronen mit 12-16 eV eine so hohe energetische Anregung, dass sie Moleküle der umgebenden Luft ionisieren und anregen können, und die Luft wird chemisch aktiv. Im weiteren Verlauf der Entwicklung des Entladungskanals fällt die Elektronenenergie um eine Größenordnung ab, und die Temperatur der Luft erhöht sich.

Da eine hohe Konzentration hochenergetischer Elektronen eine hohe chemische



Wirksamkeit des Plasmas bedeutet, sollte die von außen zugeführte elektrische Leistung möglichst viele, kurze Entladungsstreamer erzeugen. Im Plasma-BLASTER wird dies auf elektrischem Wege erreicht, während in anderen Vorrichtungen Bogenentladungen entweder mit der Druckluft ausgeblasen oder im kHz-Bereich getaktet werden. Plasma-Jets dieser Bauweise benötigen so hohe Leistungen, dass nicht an die Kombination vieler Düsen gedacht werden kann, um Substrate mit größeren Breiten zu behandeln. Außerdem erscheint die Wärmebelastung hierbei problematisch. Der geringe Leistungsbedarf von 200 W des Plasma-BLASTERs jedoch bietet es an, viele Düsen nebeneinander zu betreiben.

Im Plasma-BLASTER-MULTI werden die Düsen so kombiniert, dass alle zusammen mit einer gemeinsamen Luft- und Stromzuführung betrieben werden. Diese kompakte Anordnung ist wartungsarm, da sie ohne mechanisch bewegliche Teile und keramische Isolierstoffe auskommt.



Das Bild zeigt die Plasmen zweier Düsenreihen, in denen die Düsen einen Abstand von 10 mm untereinander haben, die zur Darstellung der Überlappung der einzelnen Plasmazonen gegen eine polierte Metallfläche brennen. Die Überlappung ist für die homogene Behandlung vor dem Verkleben und Bedrucken ausreichend. Für gesteigerte Anforderungen an die Homogenität werden auch Anordnungen mit Düsenabständen von 7 mm geliefert. Das Bild zeigt eine 300 mm breite Elektrode mit 44 Düsen bei der Behandlung von Leiterplatten, die mit einer Anschlussleistung von 7 kW betrieben wird.



In Vorbereitung sind 1 m breite Vorrichtungen mit einem Anschlusswert von ca. 20 kW.

Kontakt:

Dr. Gerstenberg, TIGRES GmbH, Mühlenstraße 12, D-25462 Rellingen *bei Hamburg*,
T 04101 - 7778 - 88, gerstenberg@tigres.de, www.tigres.de