

# Ab in die Kammer Off to the chamber

Dipl.-Ing. (FH) Jörg Eisenlohr, Geschäftsführer plasma technology GmbH, im Gespräch mit Frau Fischer über die Aktivierung und Modifizierung von Bahnware durch Niederdruckplasma  
Mr Dipl.-Ing. (FH) Jörg Eisenlohr, Managing Director of plasma technology GmbH, discusses low-pressure plasma to activate and modify web-based substrates with Mrs Fischer.

## 1. HERR EISENLOHR, VORBEHANDLUNG VON ROLLENWARE – IST DAS NICHT EINE DISZIPLIN DER BEI ATMOSPHÄRENDRUCK ARBEITENDEN VERFAHREN?

Im Prinzip haben Sie Recht, dass traditionell die Coronatechnik die Vorbehandlungsmethode für Bahnware ist. Das Verfahren ist kostengünstig, in der Regel direkt in der Extrusions- und/oder Weiterverarbeitungslinie integriert und kann durch die Anzahl der Elektroden sowie die eingekoppelte Leistung in schnelllaufenden Anlagen eingesetzt werden. Durch die Form der Hochspannungsentladungen entstehen jedoch gewisse Inhomogenitäten bei der Aktivierung, so dass es nicht für alle Anwendungen die Methode der Wahl ist.

Die atmosphärische Plasmatechnik, die ebenfalls für die Aktivierung von Rollenware eingesetzt wird, sorgt als Düsenblock oder als Einzeldüsen für eine deutlich gleichmäßigere Aktivierung als die Coronavorbehandlung. Allerdings limitiert hier die Anlagentechnik die Einsatzbreite, denn abhängig von der Behandlungsbreite sind mehrere Blöcke bzw. eine Vielzahl von Düsen notwendig. Die Anzahl der versorgenden Generatoren muss der Düsen- bzw. Blockzahl angepasst werden und der Druckluftverbrauch steigt mit jeder Düse, so dass Investitions- und Betriebskosten einer atmosphärischen Plasmaanlage sehr schnell die einer Niederdruckplasmaanlage übersteigen. Erst recht dann, wenn die Bahn beidseitig aktiviert werden soll.

## 2. WAS HAT SIE VERANLASST FÜR ROLLENWARE EIN ANLAGENKONZEPT ZU ENTWICKELN?

Die Anfragen vom Markt nach einem langzeitstabilen, das heißt lagerfähigen Aktivierungseffekt gaben den Ausschlag für die Entwicklung der Rolle-zu-Rolle-Anlage. Die Homogenität des Plasmas und seine hohe Energiedichte sorgen für eine gleichmäßige und beständige Modifizierung. Die freie Weglänge der reaktiven Spezies im Vakuum ist deutlich höher als bei atmosphärischen Prozessen. Dies sorgt dafür, dass diese beim Wechselwirken mit der Oberfläche energiereicher sind und daher tiefer eindringen sowie mehr funktionelle Gruppen eingebunden werden. Weiterhin erfährt die aktivierte Bahnoberfläche im Rolle-zu-Rolle-Betrieb bei einer Wickelgeschwindigkeit von 15 m/min keine bzw. nur eine geringe mechanische Belastung, die die Modifizierung beeinflussen könnte.

Einer unserer Kunden muss sicherstellen, dass die Oberflächenenergie der aktivierten Folie auch nach einem Jahr noch über 56 mN/m liegt, denn die Wickel können beim Endkunden bis zu ihrer Weiterverarbeitung bis zu einem Jahr zwischengelagert werden. Mit einer Coronavorbehandlung, die in der Extrusionslinie durchgeführt wurde, konnte er der Forderung nicht nachkommen.

## 1. MR EISENLOHR, PRE-TREATING ROLLED GOODS – IS THIS NOT A DISCIPLINE OF PROCESSES OPERATED AT ATMOSPHERE PRESSURE?

In principle you are right. Traditionally corona technology was the main way to pre-treat web-based goods. The process is low-cost and can generally directly be integrated into extrusion- and/or converting lines. Due to the number of electrodes as well as the coupled energy it can be employed in high-speed lines. However, this type of high-voltage discharge causes a certain inhomogeneous activation. Accordingly, it is not the process of choice for all applications.

Atmospheric plasma technology, which is also used to activate rolled goods, provides significantly more homogenous activation via a nozzle block or via a single nozzle than corona treatment does. However, here the line technology limits the width of application, as different widths call for either several nozzle blocks or several nozzles. The number of alimenting generators must be adapted to the number of blocks or nozzles. Compressed air consumption rises with each added nozzle, so that investment and running costs of an atmospheric plasma plant quickly rise above the costs for a low-pressure plasma line. This is especially the case when the web needs to be treated on both sides.

## 2. WHAT INDUCED YOU TO DEVELOP A CONCEPT FOR A PLANT?

Market demand for a long-term stable, i.e. storable activating effect turned the balance in favour of developing a roll-to-roll line. Plasma's homogeneity and its high energy density provide uniform and stable modification. The reactive specie's free path length in



Blick in die Vakuumkammer bei einer Rolle-zu-Rolle-Aktivierung. © plasma technology GmbH.

View of a vacuum chamber during roll-to-roll activation. © plasma technology GmbH.

Mit der Aktivierung im Niederdruckplasma ist es ihm endlich gelungen diese Vorgabe zu erfüllen. Nach einem Jahr hat der Kunde die Folie erneut verklebt und den klassischen Schälversuch durchgeführt. Die ermittelte Haftfestigkeit des Klebstoffsystems lag noch um das 200fache über der im unbehandelten Zustand und die Forderung war somit mehr als erfüllt.

**3. BIS ZU WELCHEN KAMMERGRÖßEN IST DIE MODIFIZIERUNG IM NIEDERDRUCKPLASMA MÖGLICH BZW. WIRTSCHAFTLICH?** Ob eine Vorbehandlung in einer Vakuumkammer wirtschaftlich ist oder nicht, hängt nicht allein von der Kammergröße ab, sondern in erster Linie vom Durchsatz pro Stunde. Ich komme nochmal auf das bereits erwähnte Projekt, für das wir von unserem Kunden eine klare Zielvorgabe erhielten: Der Preis pro Quadratmeter sollte unter 50 Cent liegen. Dieser Quadratmeterpreis wird bei dieser Anwendung mit einem Kammervolumen von rund 10 m<sup>3</sup> erreicht. Der Schwerpunkt der Prozessoptimierung bei Rolle-zu-Rolle-Anwendungen liegt ganz klar auf der Zeit, das heißt auf möglichst kurzen Prozessen. Somit steigt mit der Kammergröße der Durchsatz und nicht zwangsläufig der Quadratmeterpreis. Für die Vorbehandlung von Stückgütern haben wir Anlagen mit 50 m<sup>3</sup> Kammervolumen am Markt platziert. Selbst bei diesen großen Anlagen sind für Aktivierungsprozesse Taktzeiten von rund 15 Minuten üblich, so dass mit Be- und Entladezeiten 3 Durchgänge pro Stunde realisiert werden.



Niederdruckplasmaanlage mit einem Kammervolumen von rund 10 m<sup>3</sup> zur Aktivierung von Folien. © plasma technology GmbH.

Low-pressure plasma line with a chamber volume of roundabout 10m<sup>3</sup> to activate films. © plasma technology GmbH.

**4. AUS WELCHEN BRANCHEN STAMMEN DIE MATERIALIEN UND WIE WERDEN DIESE ANSCHLIEßEND WEITERVERARBEITET?** Die derzeit in Serie funktionalisierte Bahnware stammt aus der Bau- und der Beschichtungsbranche sowie verschiedene Anwendungen technischer Textilien. Beispielsweise werden Abdeckfolien anschließend verklebt und Dekorfolien mit unterschiedlichen Farbsystemen beschichtet. Bei den technischen Textilien wird das Verfahren verschiedenartig zum Einsatz gebracht. Diese werden aktiviert, um die Haftfestigkeit von speziellen Ausrüstungen sicherzustellen oder auch die Verkleb- und Beschichtbarkeit von Airbagluftsäcken sowie von Bahnen, die zu Fesselballonen weiterverarbeitet werden, zu ermöglichen.

**5. WELCHE POTENTIALE SEHEN SIE FÜR DIE ROLLE-ZU-ROLLE-MODIFIZIERUNG DURCH EINEN VAKUUMPROZESS?** Die größten Potentiale sehe ich darin, dass das Plasma noch viel mehr kann. Damit

a vacuum is significantly higher than for atmospheric processes. This makes them more energy laden when interacting with the surface so that they can penetrate deeper and more functional groups can be integrated. Furthermore, at a winding speed of 15m/min in the roll-to-roll process, the activated web surface is barely subject to mechanical stress, which could influence the modification.

One of our customers needs to make certain that the surface energy of the activated film still lies above 56mN/m, as his customer sometimes stores the rolled goods up to one year before they are further processed. Corona treatment in an extrusion line did not permit him to fulfil this demand. Finally, he could only meet his customer's requirements by activating the film in low-pressure plasma. A year later the customer again laminated the film and carried out the usual peel tests. The adhesion determined was still superior by a factor 200 to adhesion of untreated films. In other words, the demand was more than fulfilled.

**3. UP TO WHICH CHAMBER SIZE IS MODIFICATION USING LOW-PRESSURE PLASMA POSSIBLE OR ECONOMIC?** Whether pre-treatment in a vacuum chamber is economic or not is not alone a question of the chamber size. Rather, it is dependent on the throughput per hour. I will come back to the project I have already brought up: the customer had given us a clear benchmark: the price per square meter was to be less than 50 cents. For this application this price per square meter can be reached with a chamber volume of around 10m<sup>3</sup>. The focus of process optimization in the roll-to-roll process is clearly on the factor time, meaning processes as short as possible. This means that raising the chamber size raises the throughput, but does not necessarily also raise the price per square metre.

To pre-treat piece goods we have placed plants with a chamber volume of 50m<sup>3</sup> on the market. Even for such large plants activation time of 15 minutes is customary, so that three passes including loading and unloading are possible per hour.

**4. FROM WHICH BRANCHES DO THE MATERIALS COME AND HOW ARE THEY THEN FURTHER PROCESSED?** Currently web based substrates functionalized in series come from the construction or the coating industry as well as various technical textile applications. For example, protective sheeting is subsequently laminated and decorating film is coated with various colour systems. For technical textiles there are different ways to use the process. They are activated to ensure the adhesive force of special finishes or to make coatability and glueability of airbag fabric or webs converted into captive balloons possible.

**5. WHICH POTENTIAL DO YOU SEE IN ROLL-TO-ROLL MODIFICATION IN VACUUM?** I see the greatest potential in the plasma's capacity to do much more. With this I mean that aerosols can be introduced into the process, which function as adhesion promoters for special coatings or completely modify the surface properties of a material. This means that a hydrophilic, a hydrophobic or a super hydrophobic final layer is deposited and fine-tuned. In this manner in one process step properties can be generated which are currently achieved by wet-chemical treatment or solvent-based systems. Dry-chemical pre-treatment in plasma can replace multi-step processes that are often energy intense.

meine ich, dass dem Prozess Aerosole zugeführt werden können, die als Haftvermittler für spezielle Beschichtungen fungieren oder die Oberflächeneigenschaften des Materials komplett modifizieren, das heißt eine hydrophile, hydrophobe oder superhydrophobe Endschrift abgeschieden und eingestellt wird. Auf diese Weise können in einem Prozessschritt Eigenschaften generiert werden, die derzeit noch durch nasschemische Behandlung oder lösemittelhaltige Systeme realisiert werden. Durch die trockenchemische Vorbehandlung im Plasma lassen sich vielstufige und in der Regel energieintensive Prozesse ersetzen.

Für Folien aus Hochleistungsmaterialien, wie PTFE oder PEEK, bietet die Vorbehandlung im Vakuum weiteres Potential. Gerade die beständigen PTFE-Folien stellen bei Verklebe- oder Beschichtungsprozessen den Verarbeiter vor Herausforderungen. Durch eine spezielle Plasmamodifizierung kann eine Schicht generiert werden, durch die die Folie dauerhaft verklebbar ist.

**6. WELCHE HERAUSFORDERUNGEN STELLT DAS UMWICKELN IN EINER PLASMAATMOSPHERE AN DEN ANLAGENBAUER?** Die größte Herausforderung bringt das Vakuum, sprich der herrschende Unterdruck, mit sich. Alle beweglichen Komponenten, die sich in der Kammer befinden, müssen trocken geschmiert sein, da vorhandenes Schmiermittel vom Plasma umgesetzt würde. Daher werden soweit als möglich alle aktiven Komponenten, wie beispielsweise die benötigten Motoren zum Umwickeln der Ware, außerhalb montiert und die Welle ins Kammerinnere mit Drehdurchführungen aufwändig abgedichtet. Sensoren, die für die Erfassung der Bahntemperatur, -geschwindigkeit und -zugspannung im Inneren angebracht werden, müssen vakuumtauglich sein. Über eine SPS werden die Daten erfasst und ggf. gegengeregelt. Mittlerweile gibt es ein optisches Messsystem, das es ermöglicht durch ein Quarzfenster in der Kammer den Rollendurchmesser in Echtzeit zu erfassen und zu dokumentieren. Auf diese Weise kann der kontinuierliche Betrieb der Anlage überwacht werden. Das eingesetzte Warenträgersystem, das ein wirtschaftliches Wechseln der Rollen ermöglicht, wurde ebenfalls für den Dauereinsatz unter Vakuum konzipiert. Je nach Rollengröße und -gewicht wird mit einem Wechselsystem gearbeitet, so dass die Stillstandszeit der Anlage kurz gehalten werden kann.

**7. WO LIEGEN DIE GRENZEN EINER VORBEHANDLUNG IM NIEDERDRUCKPLASMA?** Die Limitierung liegt derzeit in der Wickeltechnik von dünnen oder auch elastischen Folien. Diese Typen erfordern eine besondere Sorgfalt beim Wickeln. Die für die Umsetzung benötigten Komponenten, für beispielsweise faltenfreies Wickeln oder zur Spurkorrektur, sind derzeit noch nicht in vakuumtauglicher Ausführung zu beziehen. Dadurch ist es noch nicht möglich alle Folienarten im Vakuum zu behandeln. Die Betonung liegt auf noch, denn bei den Herstellern solcher Systeme läuft die Entwicklungsarbeit bereits.

**HERR EISENLOHR, WIR DANKEN IHNEN FÜR DAS KONSTRUKTIVE GESPRÄCH.**

plasma technology GmbH  
D-71083 Herrenberg,  
www.plasmatechnology.de

For films made of heavy duty materials such as PTFE or PEEK, pre-treatment in a vacuum provides further advantages and further potential. Especially durable PTFE-films challenge converters looking to glue or coat them. A special plasma modification can provide them with a layer, which makes the film permanently glueable.

**6. WHICH CHALLENGES DO WRAPPING IN A PLASMA ATMOSPHERE POSE TO A PLANT MANUFACTURER?** The vacuum, meaning the prevalent under-pressure, poses the greatest challenge. Lubrication of all moveable components of the chamber must be dry, as the plasma would transform any lubricant. Accordingly, so far possible, all active components, such as the motors required to wind the goods, are mounted outside of the chamber and the shaft inserted into the chamber is elaborately sealed with rotary joints. Sensors inside the chamber indicating web temperature, -speed and tension must be vacuum-compatible. An SPS records data and regulates, if appropriate. Meanwhile an optical system with a quartz window is available through which the roller diameter can be determined and recorded in real time. In this manner continuous operation of the plant can be supervised. The product carrier system, which permits economic roller changes, was also conceived for continuous use in a vacuum. Depending on the roller size and -weight a roller changing system is employed to keep down time of the plant low.

**7. WHAT ARE THE LIMITS TO PRE-TREATMENT AT LOW-PRESSURE PLASMA?** Currently winding technology for thin or also elastic films presents a limit. This type of film requires special care in winding. The components necessary for example for crease-free winding or gauges are currently not yet available as vacuum-compatible. Accordingly, we cannot yet treat all films in vacuum. The emphasis is, however, on yet, as the producers of such systems are currently in the process of developing a solution.

**MR EISENLOHR, THANK YOU FOR THE CONSTRUCTIVE DISCUSSION.**

plasma technology GmbH  
D-71083 Herrenberg  
www.plasmatechnology.de