

Die sanfte Art der Vorbehandlung

The gentle Art of Pretreating

Das im Allgemeinen sehr geringe Haftvermögen von Polymeren wie z.B. PP, PE, PET, PVC, PC und PU gestaltet die Verarbeitung, insbesondere die Verklebung, Lackierung und Bedruckung von Kunststoffen oft schwierig. Zuverlässige Haftung zwischen Kunststoff und Beschichtung ist in vielen Fällen nur durch den Einsatz eines haftvermittelnden Primers zu erreichen. Benetzbarkeit ist die Grundvoraussetzung für Haftung auf Kunststoffen. Die Benetzbarkeit bestimmt das Spreiten einer Flüssigkeit auf einer Festkörperoberfläche, wie z.B. einer zu bedruckenden Kunststoffplatte. Auf einer hydrophilen Oberfläche spreitet Wasser als dünner Film, wohingegen auf einer hydrophoben Oberfläche die gleiche Wassermenge Tropfen ausbildet. Der Winkel zwischen der Tropfenoberfläche und der Materialoberfläche charakterisiert die Benetzbarkeit. Die Benetzbarkeit von zu veredelnden Oberflächen muss höher sein als die Oberflächenspannung der netzenden Flüssigkeit. Üblicherweise verwendete Druckfarben-Lösungsmittel wie Ethanol (22 mN/m) oder Ethylacetat (24 mN/m) benetzen unbehandelte Polymeroberflächen, wohingegen Wasser (72 mN/m) solche Oberflächen nicht benetzt. Ausreichend hohe und angepasste Netzung ist die Voraussetzung von Spreitung, Transfer und Haftung einer Druckfarbe. Dies gilt insbesondere für die Verwendung von Druckfarben auf Wasserbasis, welche aus Gründen des Umweltschutzes zunehmende Verwendung finden. Entsprechendes gilt für Kleber und andere Beschichtungen.

INDUSTRIELLE BARRIEREENTLADUNGEN. Physikalische Grundlage des Koronaverfahrens ist eine dielektrische Barriereentladung bei Atmosphärendruck. Das Prinzip dieser Entladung wurde bereits durch Werner von Siemens (1857) zur Ozonerzeugung entwickelt. Barrierenentladungen sind dielektrisch behinderte Entladungen und entstehen bei ausreichend hoher Spannung im Gasraum einer Anordnung mit mindestens einer Isolierstoffbarriere zwischen zwei Elektroden. Bild 1 zeigt eine häufig verwendete Prinzipanordnung mit zwei dielektrischen Barrieren. Die Entladung bei Atmosphärendruck tritt bei zunächst homogenem Ausgangsfeld im allgemeinen in Form von zahlreichen, zeitlich nicht stationären, örtlichen filamentierten Mikroentladungen auf, die sich auf der Barriere als Gleitentladungen ausbilden. Die Gleitentladungen entstehen durch die tangentielle Feldstärke auf der Barrierenoberfläche. Diese wird nur bei Vorhandensein eines Oberflächenwiderstands der Isolierstoffbarriere möglich. Eine leitende Oberfläche würde keine Potentialunterschiede zulassen und den Strom im Material führen, so dass keine Gleitentladungen entstünden. Die leitfähige Oberfläche würde als Äquipotentialfläche die Ladungshäufung durch eine ausreichende Elektronenzufuhr ver-

The generally very low adhesive capacity of polymers like PP, PE, PET, PVC, PC and PU often makes working with plastics difficult, especially bonding, varnishing or printing. In many cases, reliable adhesion between plastic and coating can only be achieved by using an adhesion-mediating primer. Wettability is the basic prerequisite for adhesion of plastics. The wettability determines the spread of a fluid on a solid surface, such as a plastic plate to be printed. Water spreads on a hydrophilic surface as a thin film, while the same quantity of water forms droplets on a hydrophobic surface. The angle between the drop surface and the material surface characterizes the wettability. The wettability of the surface to be finished must be higher than the surface tension of the wetting fluid. The printer's ink solvents usually used, like ethanol (22 mN/m) or ethylacetate (24 mN/m) wet untreated polymer surfaces, while water (72 mN/m) does not wet such surfaces. Adequately high and suitable wetting is prerequisite to the spread, transfer and adhesion of printer's ink. This applies especially for the use of water-based inks, which are increasingly used for reasons of environmental protection. The same applies for adhesives and other coatings.

INDUSTRIAL BARRIER DISCHARGE. The physical basis of the corona process is a dielectric barrier discharge in atmospheric pressure. The principle of this discharge was developed by Werner von Siemens (1857) to produce ozone. Barrier discharges are dielectrically-impeded discharges and arise with adequately high tension in the gas space of a configuration with at least one isolator barrier between two electrodes. Figure 1 shows a frequently-used principle configuration with two dielectric barriers.

The discharge under atmospheric pressure occurs in an initially homogeneous baseline field generally in the form of numerous,

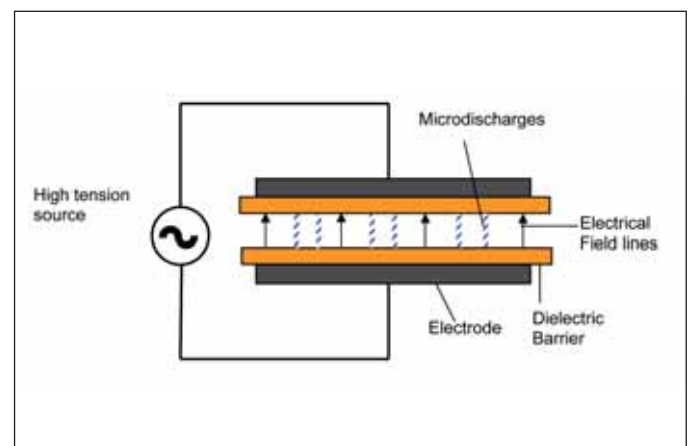


Abb. 1: Mikroentladungen in der Barriereentladung.

Fig. 1: Microdischarges in Barrier discharge.

*Softal electronic GmbH, D-21107 Hamburg, www.softal.de

hindern und damit eine Verlängerung der Entladungsdauer bewirken.

Mikroentladungen sind transiente (Dauer ca. 10 ns), stromschwache Entladungen, die einen Durchmesser von etwa 10 bis 100 μm aufweisen, und die nicht im thermischen Gleichgewicht stehen. Die Gastemperatur in den Mikroentladungskanälen unterscheidet sich nur wenig von der Umgebungstemperatur, die Temperatur z.B. der freien Elektronen in der Entladung beträgt aber viele tausend Grad. Während der Ausbreitung der Entladung werden die dielektrischen Oberflächen der Barrieren in der Umgebung des Filamentes aufgeladen. Bei einer Stromdichte von bis zu 1000 A/cm^3 und einer Entladungsdauer von einigen Nanosekunden wird die Barriere mit einer Ladung im Bereich von 10^{-9} Coulomb aufgeladen. Die Energiedichte in der Mikroentladung beträgt etwa $10 \text{ mJ}/\text{cm}^3$.

Der Ladungstransport während der kurzen Entladung erfolgt in erster Linie durch die Elektronen, weil diese eine um den Faktor 100 grössere Beweglichkeit als die Ionen aufweisen. Aufgrund der geringen Energieaufnahme der Ionen werden 90% der eingespeisten Energie den Elektronen zugeführt. Diese stoßen mit Luftmolekülen zusammen, die ihrerseits Licht ausstrahlen und teilweise zu Ozon und Stickoxyden reagieren.

Die Temperatur der Elektronen erreicht Werte von 50.000 Kelvin, entsprechend einer Elektronenenergie von 5 eV. Die im Elektrodenspalt sinkende Feldstärke führt zur raschen Beendigung der Mikroentladung und verhindert ihren Übergang zum Lichtbogen. Obwohl Mikroentladungen nach kurzer Zeit verlöschen, bricht das elektrische Feld am Ort der Entladung nicht zusammen. An anderen Stellen entstehen in rascher Folge neue Entladungen. Die Entladungen werden nicht niederohmig. Durch die Aufladung der Barriere fällt der grösste Teil der Spannung im Elektrodenspalt direkt vor der Barrierenoberfläche ab.

Für eine möglichst gleichmässige Oberflächenbehandlung eines auf der Barriere aufliegenden Substrates, sollten die Mikroentladungen im räumlichen und zeitlichen Mittel möglichst homogen im Entladungsspalt verteilt sein. Über die Gestaltung der Elektroden und der Barrieren, über die Spannung, Leistung und die Wahl des Arbeitsgases kann auf Intensität, Gleichverteilung der Mikroentladungen Einfluss genommen werden. Die Entwicklung einer Mikroentladung ist an das Entstehen von Elektronenlawinen im Elektrodenspalt gebunden. Diese werden bei ausreichend hoher Feldstärke durch ein zufällig vorhandenes Ausgangselektron eingeleitet. Bild 2 zeigt schematisch die Entwicklung von Mikroentladungen, die zu unterschiedlichen Zeiten eingeleitet werden.

Die Entwicklung des Entladungskanals 2 sei zum Zeitpunkt t_1 am weitesten fortgeschritten. Zum Zeitpunkt t_2 hat der Entladungskanal 2 bereits die Barrierenoberfläche erreicht und Gleitentladungen beginnen sich auf dieser auszubilden, während der Entladungskanal 3 gerade auf die Barrierenoberfläche gelangt. Zum Zeitpunkt t_3 haben sich die Gleitentladungen vom Entladungskanal 2 weiter ausgeweitet und der Entladungskanal 1 erreicht die Barrierenoberfläche. Die vom Fusspunkt 3 ausgehenden Gleitentladungen sind im Vergleich zu denen vom Entladungskanal 2 weniger stark entwickelt. Dies ist durch die zeitliche Differenz in der Kanalentwicklung begründet. Gleitentladungen vom Kanal 3 können sich nicht mehr in Gebiete hinein entwickeln, die bereits von Gleitent-

temporal nicht stationären, lokal-filamentierten Mikroentladungen, die sich als Gleitentladungen auf der Barriere bilden. Dies ist nur möglich in der Gegenwart der Oberflächenwiderstände der Isolierbarriere. Eine leitende Oberfläche würde keine Potentialdifferenzen ermöglichen und würde die Ladung in das Material leiten, so dass keine Gleitentladungen entstehen würden. Die leitende Oberfläche, als eine Äquipotentialfläche, würde die Ladungssammlung durch ausreichende Elektronenlieferung verhindern und würde somit die Entladungsdauer verlängern.

Mikroentladungen sind transient (Dauer ca. 10 ns), schwachstromige Entladungen mit einem Durchmesser von etwa 10 bis 100 μm , die sich nicht im thermischen Gleichgewicht befinden. Die Gastemperatur in den Mikroentladungskanälen unterscheidet sich nur geringfügig von der Umgebungstemperatur, die Temperatur der freien Elektronen in der Entladung ist jedoch mehrere tausend Grad. Während der Ausbreitung der Entladung werden die dielektrischen Oberflächen der Barrieren um das Filament herum aufgeladen. Bei einer Stromdichte von bis zu 1000 A/cm^3 und einer Entladungsdauer von mehreren Nanosekunden wird die Barriere mit einer Ladung in der Größenordnung von 10^{-9} Coulomb aufgeladen. Die Energiedichte in der Mikroentladung beträgt etwa $10 \text{ mJ}/\text{cm}^3$. Der Ladungstransport während der kurzen Entladung verläuft hauptsächlich über die Elektronen, da diese beweglicher als die Ionen sind. Aufgrund der geringeren Energieaufnahme der Ionen wird 90% der aufgewandten Energie den Elektronen zugeführt. Diese kollidieren mit Luftmolekülen, die wiederum Licht abstrahlen und teilweise zu Ozon und Stickstoffdioxid reagieren.

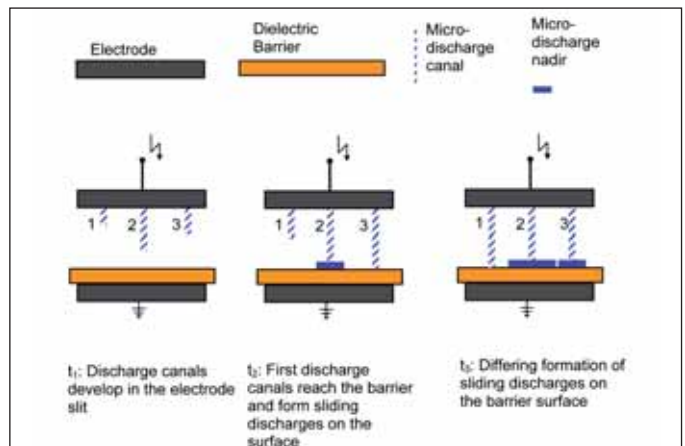


Abb. 2: Schematische Entwicklung von Mikroentladungen bei zeitlich unterschiedlichem Beginn der Entladungsentwicklung.

Fig. 2: Schematic development of microdischarges with temporally different onset of discharge development.

Die Temperatur der Elektronen erreicht Werte von 50.000 Kelvin, entsprechend einer Elektronenenergie von 5 eV. Die sinkende Feldstärke in der Elektrodenrinne führt zur raschen Beendigung der Mikroentladung und verhindert ihren Übergang zum Lichtbogen. Obwohl Mikroentladungen nach kurzer Zeit verlöschen, bricht das elektrische Feld am Ort der Entladung nicht zusammen. An anderen Stellen entstehen in rascher Folge neue Entladungen. Die Entladungen werden nicht niederohmig. Durch die Aufladung der Barriere fällt der grösste Teil der Spannung im Elektrodenspalt direkt vor der Barrierenoberfläche ab. In order to obtain the most even surface treatment possible of a substrate applied to the barrier, the microdischarges should be

ladungen des Kanals 2 erfasst wurden, so dass deren räumliche Ausweitung behindert wird. Aufgrund der unterschiedlichen zeitlichen Entwicklung sind die Eigenschaften der Mikroentladungskanäle (z.B. Kanalaufweitung und -aufheizung, Strahlungsemission, Ladungstransport) verschieden. Die Fusspunkte auf der mit der Hochspannung verbundenen Elektrode (Metall) sind bei allen drei Entladungskanälen lokal eng begrenzt. Das Metall bildet eine Äquipotentialfläche, die die Ausbildung von Gleitentladungen verhindert. Die Energiezufuhr ist daher auf den Bereich des Fusspunktes begrenzt. Mit Barriere wird dagegen Energie in einem von Gleitentladungen erfassten grösseren Bereich zugeführt.

Je grösser der von der Gleitentladung einer Mikroentladung erfasste Bereich ist, desto mehr Ladung wird über den Mikroentladungskanal transportiert; die Mikroentladung wird intensiver. Gleitentladungen bilden sich in der Grenzschicht von Barrierenoberfläche und Gas im Elektrodenspalt aus. Die Eigenschaften beider Medien bestimmen daher die Ausbildung von Gleitentladungen und nehmen Einfluss auf die Intensität einer Mikroentladung. Demzufolge kann die Intensität einer Mikroentladung grundsätzlich durch Wahl des Gases beeinflusst werden. Anzahl und Intensität der Mikroentladungen können ferner durch Änderung der Elektrodenspaltweite und der Barrierendicke beeinflusst werden. Eine geringere Elektrodenspaltweite oder die Erhöhung der Barrierendicke führen zu einer Anzahl von schwächeren Mikroentladungen.

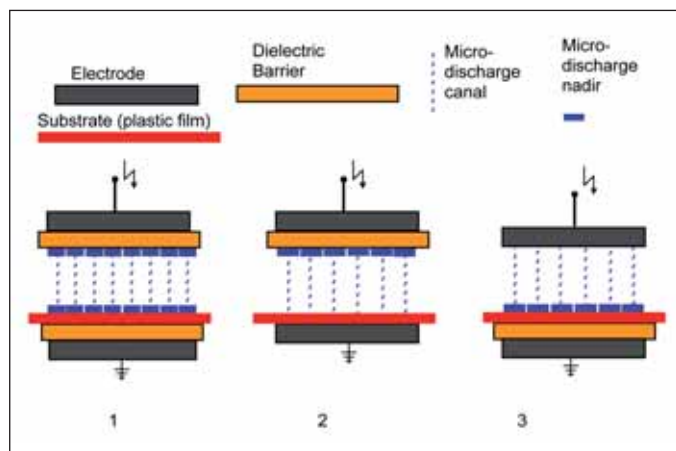


Abb. 3: Barrierenanordnungen in der industriellen Anwendung (Korona-Technik).

Fig. 3: Barrier configurations in industrial applications (Corona technique).

Für die Oberflächenbehandlung stellen die Entstehung der Mikroentladungen und ihre Einwirkung in unmittelbarer Nähe der Substratoberfläche sowie die Begrenzung des Energieeintrages in die Entladungen durch die Barriere wesentliche Vorzüge dar. Wenn die Elektronen auf ein Polymersubstrat treffen, haben sie soviel Energie, dass sie die Bindung zwischen Kohlenstoff und Wasserstoff aufbrechen können. An dabei entstehenden Radikalen finden Reaktionen mit der Gasatmosphäre statt, in Luft überwiegend in Richtung Oxidation. Endresultat ist die chemische Bindung von funktionellen Gruppen wie Hydroxiden, Ketonen, Ethern, Carbonsäuren und Estern an die Polymeroberfläche. Diese Gruppen sind polar und erhöhen damit die Oberflächenenergie und folglich die Haftung von Druckfarben, Lacken etc. Bei den hier gezeigten Anordnungen liegt das zu behandelnde Substrat

distributed as homogeneously as possible in the spatial and temporal agents in the discharge slit. The intensity, equilibrium of microdischarges can be influenced by the configuration of the electrodes and the barriers by means of the current, power and choice of working gas. The development of a microdischarge is bound to the formation of electron avalanches in the electrode slit. These are initiated in sufficiently high field force by a starting electron which is present by chance. Figure 2 shows the development of microdischarges, initiated at various times.

The development of discharge canal 2 is furthest at time t_1 . At time t_2 , discharge canal 2 has already reached the barrier surface and sliding discharges begin to form, while discharge canal 3 is just reaching the barrier surface. At time t_3 , the sliding discharges from discharge canal 2 have spread further and discharge canal 1 reaches the barrier surface. The gliding discharges from nadir 3 are less strongly-developed than those from discharge canal 2. This is due to the temporal difference in the canal development. Sliding discharges from canal 3 can no longer develop in areas already covered by the sliding discharges from canal 2, so that their spatial spread is impeded. Due to the different temporal development, the properties of the microdischarge canals (such as canal dilation and heating, radiation emission, charge transport) are different. The nadirs of all three discharge canals have narrow local limits on the electrode (metal), which is coupled to high current. The metal forms an equipotential area which prevents formation of sliding discharges. The energy supply is therefore limited to the area of the nadir. By contrast, barriers supply energy to a larger area covered by sliding discharges.

The larger the area covered by the sliding discharges of a microdischarge, the more current is transported via the microdischarge canal; the microdischarge becomes more intense. Sliding discharges form in the border layer of barrier surface and gas in the electrode slit. The properties of the two media thus determine the formation of sliding discharges and influence the intensity of a microdischarge. Therefore, the intensity of a microdischarge can basically be influenced by the selection of the gas. The number and intensity of microdischarges can also be influenced by altering the width of the electrode slit and the barrier thickness. A smaller electrode slit or increasing the barrier thickness leads to a number of weaker microdischarges. For surface treatment, the formation of microdischarges and their effects in the immediate vicinity of the substrate surface and the limitation of energy uptake in the discharges by the barrier offer considerable advantages. When the electrons hit a polymer substrate, they have so much energy that they can cleave the bond between carbon and hydrogen. Reactions with the gas atmosphere occur on the radicals formed, in air mostly in the direction of oxidation. The final result is a chemical binding of functional groups like hydroxides, ketones, ethers, carboxylic acid and esters to the polymer surface. These groups are polar and thus increase the surface energy and consequently the adhesion of printer's ink, lacquers, etc. In the configurations shown here, the substrate to be treated lies on the grounded electrode, which in practice is a roller, and the air slit between the high-tension and the grounded electrode is ca. 1-2 millimeters. Usually, the current is ca. 10 kilovolt and the frequency 20-30 kilohertz, supplied by a generator with trans-

auf der geerdeten Elektrode auf, die in der Praxis als Walze ausgeführt ist, und der Luftspalt zwischen der mit Hochspannung verbundenen Elektrode und der geerdeten beträgt ca. 1–2 Millimeter. Üblicherweise beträgt die Spannung ca. 10 Kilovolt und die Frequenz 20–30 Kilohertz, die von einem Generator mit Transformator bereitgestellt werden. Das Substrat, z.B. eine Kunststofffilmbahn, wird mit bis zu mehreren hundert Metern pro Minute über die Walze transportiert.

BISHERIGE ANWENDUNGSTECHNISCHE LIMITATIONEN. Die im vorigen Abschnitt erläuterten physikalischen Grundprinzipien der Koronatechnik bedingen einige anwendungstechnische Limitationen, die zwar den industriellen Siegeszug des Verfahrens nicht aufhalten konnten, bisher aber den Zugang zu einer Reihe von Anwendungsgebieten verwehrt haben.

Kernproblem ist dabei die erhebliche elektrische Feldstärke im Inneren des zu behandelnden Materials. Diese kann, insbesondere bei inhomogenen Materialien wie beispielsweise Schaumstoffen, zu lokalen Veränderungen führen, beispielsweise unerwünschten Perforationen auf Grund elektrischer Durchschläge von der Elektrode, durch den Elektrodenspalt und durch das zu behandelnde Material zur Gegenelektrode.

Eine Reduzierung der Hochspannung an der Elektrode, die z.B. durch eine Verringerung der spezifischen Elektrodenbelastung (Kilowatt pro Elektrodenlänge) erreicht werden kann, kann die Problematik nur abmildern, da eine stabile, gleichmässige Entladung eine minimale Spannung an der Elektrode voraussetzt. Diese minimale Spannung reicht in einer Reihe von Anwendungsbereichen bereits für das Eintreten unerwünschter Effekte. Mit zunehmender Dicke des zu behandelnden Materials steigt die genannte minimale Zündspannung weiter an und die Problematik verschärft sich zunehmend.

LINEAR PLASMA FÜR EMPFINDLICHE MATERIALIEN. Mit dem Linear Plasma Verfahren der Firma Softal werden nun erstmals die lang bewährten Vorzüge der Koronatechnik auch für besonders empfindliche Materialien zugänglich, ohne die oben genannten Beeinträchtigungen des Materials riskieren zu müssen. Insbesondere können inhomogene Materien, wie beispielsweise Schaumstoffe, bis hin zu sehr hohen Materialdicken garantiert perforationsfrei und ohne lokale Vorzugsentladungen behandelt werden. Basis des Linear Plasma Verfahrens sind zwei neue Technologien aus dem Hause Softal. LVBL (Low Voltage Break Down and Limit) ermöglicht mit einer speziellen Regelungsschaltung auf Generatorseite, unterstützt durch Detailoptimierungen der Linear Plasma Elektrode, das Herabsenken der Feldstärke im Elektrodenspalt um fast eine Grössenordnung gegenüber der herkömmlichen Koronatechnik. Ergänzt wird die LVBL-Technologie beim Linear Plasma Verfahren durch SFC (Softal Field Compensation). Mit SFC kann insbesondere bei dicken Materialien mit speziellen Ausgleichsfeldern die Gesamtfeldstärke entlang der Materialnormale ins Materialinnere hinein so reduziert werden, dass gemeinsam mit LVBL Entladungen innerhalb des Materials garantiert verhindert werden.

Alternative Atmosphärendruck-Plasmaverfahren, die Feldfreiheit auf dem zu behandelnden Material garantieren, indem die in einem Plasma erzeugten angeregten Spezies auf das zu behandelnde Material blasen (z.B. Plasmadüsen), vermeiden

former. The substrate, such as a plastic film sheet, is transported over the roller at speeds of up to several hundred meters per minute.

APPLICATION-TECHNICAL LIMITATIONS TO DATE. The basic physical principles of the corona technique discussed in the section above result in some application-technical limitations, which didn't stop the triumphant march of the process in the industry, but which has prevented its entering several areas of application.

The core problem is the considerable electrical field force inside the material to be treated. Especially in inhomogenous materials like foams, this can lead to local changes, such as undesired perforations due to electrical penetration from the electrodes, through the electrode slit and through the material to be handled to the counter-electrode.

Reduction of the high current on the electrode, which can be achieved for example by reducing the specific electrode charge (kilowatt per electrode length), can only ameliorate the problem, since a stable, uniform discharge requires minimal current on the electrode. This minimal current is enough, in several areas of application, to cause undesired effects. With increasing thickness of the material to be treated, the minimal ignition current increases further and the problem becomes increasingly worse.

LINEAR PLASMA FOR SENSITIVE MATERIALS. With the Linear Plasma process from Softal, the long-proven advantages of the corona technique have now become accessible for the first time, even for particularly sensitive materials, without having to risk the detriments to the materials cited above. In particular, inhomogeneous materials, such as foams, and very thick materials can be treated, guaranteed without perforations and without local superior discharges. The Linear Plasma process is based on two new technologies from Softal. LVBL (Low Voltage Break Down and Limit), with a special regulator on the generator side, supported by detail optimization of the Linear Plasma electrode, enables reduction of the field potential in the electrode slit by nearly one power compared to the standard corona technique.

The LVBL Technology in the Linear Plasma process is supplemented by SFC (Softal Field Compensation). With SFC, the total field potential can be so reduced with special equalizer fields along the material normal into the inner material, especially for thick materials, that in combination with LVBL, there are guaranteed no discharges within the materials.

Alternative atmospheric pressure plasma processes, which guarantee the field freedom on the material to be treated by blowing a stimulated species created in a plasma onto the material to be treated (e.g. plasma jets) also prevent discharges through the material, but they are hardly used in industrial applications for the treatment of wide materials, since scaling to large widths is very difficult or extremely expensive. Moreover, the extreme energy densities of more than one kilowatt per square centimeter which are sometimes needed are not only a cost factor, but also mean that the applied energy is converted to heat, leading to process-technical thermic problems. Thus these processes usually are not considered, especially in finishing sensitive materials.

zwar auch Entladungen durch das Material, für die Behandlung breitflächiger Materialien kommen sie jedoch praktisch nicht zum industriellen Einsatz, da eine Skalierung auf grosse Behandlungsbreiten nur sehr schwierig bzw. sehr kostspielig möglich ist. Darüber hinaus sind die zum Teil extremen notwendigen Leistungsdichten von mehr als einem Kilowatt pro Quadratzentimeter nicht nur ein Kostenfaktor, sondern führen dadurch, dass die eingesetzte Energie letztlich in Wärme umgesetzt wird, zu prozesstechnischen Problemen auf thermischer Seite. Dadurch scheiden diese Verfahren insbesondere bei der Behandlung empfindlicher Materialien üblicherweise aus.

Linear Plasma kombiniert die Vorteile der klassischen Koronatechnik mit denen der Plasma-Düsenverfahren und bietet so erstmals die praxistaugliche Möglichkeit einer breitflächigen Behandlung sehr empfindlicher und auch dicker Materialien. Aufgrund der hohen Effizienz von Linear Plasma kann gegenüber den Düsenverfahren mit um Grössenordnungen geringeren Leistungsdichten gearbeitet werden. Behandlungsbreiten von vielen Metern sind damit nicht nur technisch, sondern jetzt auch ökonomisch möglich.

Die kompakte Bauweise ermöglicht eine leichte Integration von Linear Plasma Systemen in vorhandene Extrusions- und Veredelungslinien. Linear Plasma Systeme werden zusammen mit allem erforderlichen Zubehör für eine schnelle Installation und einen sicheren Betrieb spezifiziert. Die Hauptkomponenten sind die eigentliche Atmosphärendruck-Plasmaelektrode sowie ein Mittelfrequenzgenerator samt angepasstem Transformator für die Spannungsversorgung. Linear Plasma Systeme können für unterschiedliche Einbausituationen ausgelegt werden.

In Anlehnung an das Aldyne-Verfahren von Softal und Air Liquide, ermöglicht auch die Linear Plasma Technologie die Verwendung kontrollierter Gasatmosphären im Behandlungsbereich. Damit ist es möglich, die chemischen Vorgänge im Plasma und letztlich an der zu behandelnden Oberfläche gezielt zu steuern. Das Ergebnis sind funktionale Beschichtungen von der Stärke einer Monolage, typischerweise 0,3 bis 0,4 nm, aus beispielsweise Amido-, Imido- oder Aminogruppen, die kovalent chemisch an die obersten Polymerketten gebunden sind. Diese Gruppen ermöglichen Verbundhaftung des Polymeren zu Klebern und anderen Beschichtungen, die weit über die Möglichkeiten einer herkömmlichen Koronabehandlung hinausgehen (siehe «Primer aus der Gasphase», Coating 2/2005).

Linear Plasma combines the advantages of the classical corona technique with those of plasma jet processes and thus offers for the first time the practicable possibility of broad-area finishing of very sensitive and also thick materials. Thanks to the high efficiency of Linear Plasma, energy densities factors lower than for jet processes are possible.

Working widths of several meters are thus not only technically, but now also economically possible.

The compact construction enables easy integration of Linear Plasma systems into existing extrusion and finishing lines. Linear Plasma systems and all required attachments are specified for rapid installation and safe, reliable operation. The main components are the atmospheric pressure electrode itself, and a medium frequency generator with adapted transformer for current supply. Linear Plasma systems can be designed for various installation situations.

Following the Aldyne process from Softal and Air Liquide, the Linear Plasma technology also enables the use of controlled gas atmospheres in the treatment area. It is thus possible to specifically control the chemical processes in the plasma and finally on the surface to be treated. This results in functional coatings with the thickness of a monolayer, typically 0.3 to 0.4 nm, of, for example amido-, imido- or amino groups, which are bound covalently chemically to the top polymer chains. These groups enable bond adhesion of the polymer to adhesives and other coatings, which far exceed the possibility of a standard corona treatment (see «Primer aus der Gasphase», Coating 2/2005).