

# coating

International

Anlagen und Verfahren **inklusive / included**  
**coating** **NANO PAGES**  
International  
www.coating.ch  
ab Seite 23 / **from page 23**

9-2008  
www.coating.ch

## Triple Curtain Coater

Drei Beschichtungen mit  
nur einem Auftrag!



 **Kroenert**  
Gruppe

**NANOTECHNOLOGIE IN DER BESCHICHTUNGSTECHNIK II / NANOTECHNOLOGY IN THE COVERING INDUSTRY II**

**STRALENHÄRTENDE LACKE, DRUCKFARBEN UND KLEBSTOFFE / ENERGY CURABLE PRINTING INKS, PRINT VARNISHES AND ADHESIVE**

**TROCKNUNG / STRAHLUNSHÄRTUNG / DRYING / RADIATION CURING**

**VORBEHANDLUNG / PRE-TREATMENT**

**HOTMELT-TECHNOLOGIE / HOTMELT TECHNOLOGY**

# Selektiv reinigen und beschichten mit atmosphärischem Plasma

## Selective cleaning and coating using atmospheric-pressure plasma

Sei es zum Korrosionsschutz, als Haftvermittler oder zur mikrofeinen Reinigung einer Oberfläche – eine neue Plasmatechnik bietet eine Fülle unterschiedlich funktionalisierter Schichten zum selektiven Beschichten der verschiedensten Materialien. Ob in der täglichen Fertigung oder bei der Entwicklung neuer Verfahren und Produkte: Oberflächen und ihre Eigenschaften spielen in fast allen Industriebereichen eine immer wichtigere Rolle. Dabei müssen die Oberflächen der verwendeten Materialien oft vorbehandelt werden, um ihnen zusätzliche Eigenschaften zu verleihen, die sie für weitere Anwendungsbereiche qualifizieren. Die von der deutschen Plasmatech GmbH, Steinhagen entwickelten und patentierten Plasmaverfahren Openair-Plasma und PlasmaPlus ermöglicht das Hinzufügen neuer Oberflächeneigenschaften und die Optimierung bestehender Fertigungsprozesse.

**PLASMA – DER 4. AGGREGATZUSTAND.** Plasma kennzeichnet eine Materie auf hohem instabilen Energieniveau. Der Energieeintrag erfolgt über die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig. Wird mittels elektrischer Entladung zusätzlich Energie in die gasförmige Materie eingekoppelt, entstehen elektronisch angeregte Zustände. Dabei können Elektronen die Schale von Atomen verlassen und es kommt zu Bindungsbrüchen. Dies führt zur Bildung von freien Elektronen, Ionen und Molekülfragmenten – es entsteht Plasma. Dieser Zustand ist jedoch unter Normaldruck aufgrund seiner Instabilität kaum zu verwenden. Erst das von Plasmatech 1995 entwickelte und patentierte Verfahren «Openair» machte die Anwendung unter Atmosphärendruck industriell nutzbar: Durch die Entwicklung und den Einsatz von speziellen Düsen gelang es, den bis dahin industriell kaum verwendeten Aggregatzustand erstmals in Produktionsprozessen und zudem auch in-line in Fertigungslinien einzusetzen

**ELEKTRISCH NEUTRALER PLASMASTRAHL.** Die auf einem Düsenprinzip basierenden Systeme arbeiten bei Atmosphärendruck und erzeugen mit Hilfe eines in der Düse gezündeten Lichtbogens und des Arbeitsgases Luft ein Plasma, das potentialfrei auf das zu behandelnde Produkt strömt. Es besitzt ausreichend angeregte Teilchen, um gezielte Effekte auf der Oberfläche einzuleiten. Die Düsen werden mit Luft, ggf. auch mit einem gewünschtem anderen Prozessgas, sowie mit Hochspannung betrieben. Als besonderes Merkmal ist der austretende Plasmastrahl elektrisch neutral, wodurch sich die Anwendbarkeit stark erweitert und vereinfacht. Seine Intensität ist so hoch, dass

Whether for corrosion protection, as a bonding agent or for the ultrafine cleaning of a surface, a new plasma technology affords an abundance of differently functionalised layers for the selective coating of the most varied materials. Whether the matter in hand is routine production or the development of new processes and products, surfaces and their properties play an ever more important role in almost all fields of industry. In doing so the surfaces of the materials used often need to be pre-treated to give them additional properties making them suitable for further fields of application. The Openair plasma and PlasmaPlus processes developed and patented by the German company Plasmatech GmbH, Steinhagen, allow the incorporation of new surface properties and the optimisation of existing manufacturing processes.

**PLASMA – THE FOURTH STATE OF MATTER.** Plasma is the name given to material at a high, unstable energy level. Energy is input via the solid, liquid and gaseous states of matter. If by means of electric discharge energy is additionally fed into gaseous matter electronically excited states are produced. When this occurs electrons can leave their atomic shells and chemical bonds may be broken. This results in the formation of free electrons, ions and molecular fragments, i.e. plasma is produced. This state, however, can hardly be used at normal pressure due to its instability. Only the Openair process developed



Abb. 1: Zur Nanobeschichtung eines Elektronikgehäuses im Openair-PlasmaPlus Verfahren wird dem Plasma eine siliziumorganische Verbindung zugeführt.

Fig.1: In the Openair-PlasmaPlus process the plasma is admixed with an organo-silicon compound in order to apply a nanoscale thin layer to the surface of an electronic housing

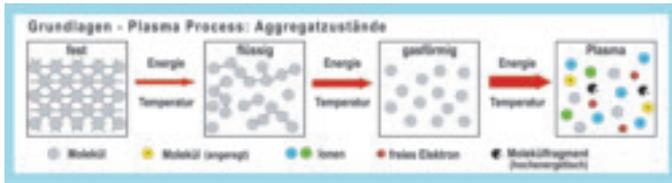


Abb. 2: Fraunhofer IFAM

Fig.2: Fraunhofer IFAM

Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 m/min erreicht werden können. Das Openair System ist durch eine dreifache Wirkung gekennzeichnet: Es aktiviert die Oberfläche durch gezielte Oxidationsprozesse, entlädt erstere gleichzeitig und bewirkt eine mikrofeine Reinigung und hohe Aktivierung der Oberflächen von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Glas. Zudem wird die Plasmaenergie dieses Systems zur Schichtabscheidung genutzt.

**PLASMAPOLYMERISATION UNTER NORMALDRUCK.** Bei der Plasma Beschichtung handelte es sich noch bis vor kurzem um einen Prozess, der ausschließlich im Vakuum realisiert werden konnte. In enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM, Bremen entwickelte Plasmatreat nun eine neue – unter dem Titel «Verfahren und Vorrichtung zur Plasmabeschichtung von Oberflächen» (WO 01/32949 A1) – patentierte Technologie, namens PlasmaPlus, welche die nanodünne Beschichtung von Materialoberflächen nun erstmals unter Atmosphäre ermöglicht.

Die Technik ist wirtschaftlich sehr effizient, da sie im Gegensatz zu Niederdruckverfahren ohne eine Unterdruckkammer auskommt. Im Vakuum behandelte Bauteile werden durch die erforderliche Kammer stück- und größenmäßig immer begrenzt, Produktionsprozesse müssen für die Vorbehandlung unterbrochen werden. Darüber hinaus ist die Openairtechnik uneingeschränkt robotertauglich und in-line fähig. Das System kann in neue oder bereits bestehende Fertigungslinien sehr einfach integriert werden, die Produktionsgeschwindigkeit wird damit um ein Vielfaches erhöht. Unter Ausnutzung des hohen Energiegehalts des Plasmas können bei der Plasmopolymerisation unter Normaldruck dünne Schichten auf den verschiedensten Materialien abgeschieden werden. Diese gehen zugleich eine sehr feste Bindung mit den Oberflächen ein, so dass deren Eigenschaften komplett verändert und die Verwendungsmöglichkeiten vielseitiger werden.

Zur Erzeugung einer Schicht wird dem hier eingesetzten atmosphärischen Plasma eine siliziumorganische Verbindung beige-mischt. Durch die hochenergetische Anregung im Plasma wird diese Verbindung fragmentiert und scheidet sich auf einer Oberfläche als glasartige Schicht ab. Die chemische Zusammensetzung kann je nach Anwendungsfall variiert werden, um auf den unterschiedlichen Materialien (wie Metall, Kunststoff, Glas, Keramik) die jeweils besten Resultate zu erzielen.

Zur Beurteilung der Schichtdicken wurden REM (Rasterelektronenmikroskop) Untersuchungen vorgenommen. Bei 50000-facher Vergrößerung zeigen die REM-Aufnahmen von beschichteten Probenquerschnitten einen homogenen und porenfreien Schichtaufbau. Dies ist beim Korrosionsschutz sehr wichtig, da es sich hier um eine passive Schutzschicht handelt, d. h. der Angriff korrosiver Medien wird aufgrund einer Barrierewirkung verhindert. Das Schichtmaterial selbst wird während des

and patented by Plasmatreat in 1995 made its use under atmospheric pressure industrially applicable. By developing and employing special jets it became possible for the first time to use this hitherto scarcely industrially exploited state of matter in production processes, and what's more in-line also in production lines.

**ELECTRICALLY NEUTRAL PLASMA BEAM.** The systems based on a jet principle operate at atmospheric pressure and by means of an electric arc ignited in the jet and the working gas, air, generate a plasma that flows at zero potential onto the product to be treated. It possesses particles that are sufficiently excited to initiate selective effects on the surface. The jets are operated by air, if necessary with another desired process gas also, and by high voltage. A special feature is that the emergent plasma beam is electrically neutral which greatly extends and simplifies its applications. It is of such high intensity that treatment speeds of several 100 m/min can be achieved. The Openair system is characterised by a threefold action: it activates the surface by selective oxidation processes, simultaneously discharges it and brings about ultrafine cleaning and high activation of the surfaces of metals, plastics, ceramics and glass. In addition the plasma energy of this system is utilised for depositing layers.

**PLASMA POLYMERISATION UNDER NORMAL PRESSURE.** Until recently plasma coating was a process that could only be carried out in vacuum. In close collaboration with the Fraunhofer IFAM Institute in Bremen Plasmatreat developed a new technology patented under the title «Process and device for plasma

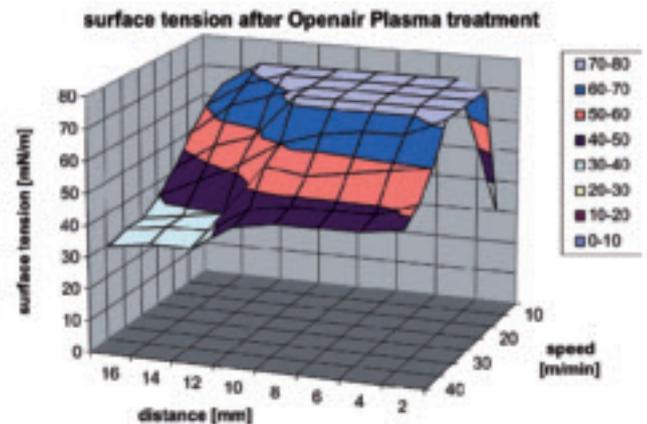


Abb. 3: Die Graphik zeigt eine Kunststoffoberfläche, die in Abhängigkeit von Abstand und Geschwindigkeit mit Plasma vorbehandelt wurde. Die Oberfläche wird nach der Behandlung polar und die Oberflächenspannung steigt auf > 72 mN/m bei großem Prozessfenster.

Fig. 3: The graph shows a plastic surface that was pretreated with plasma as a function of the spacing and speed. After treatment the surface becomes polar and its surface tension rises to > 72 mN/m with great processing latitude.

coating surfaces» (WO 01/32949 A1) and now called PlasmaPlus. This now allows for the first time at atmospheric pressure nanometre thick coatings on the surfaces of materials. The technique is very economically efficient since in contrast with low-pressure processes it does not need a low-pressure chamber. Parts treated in vacuum are always limited in number

Korrosionsvorganges nicht geopfert, wie es beispielsweise bei einer verzinkten Stahloberfläche der Fall wäre (aktiver Korrosionsschutz).

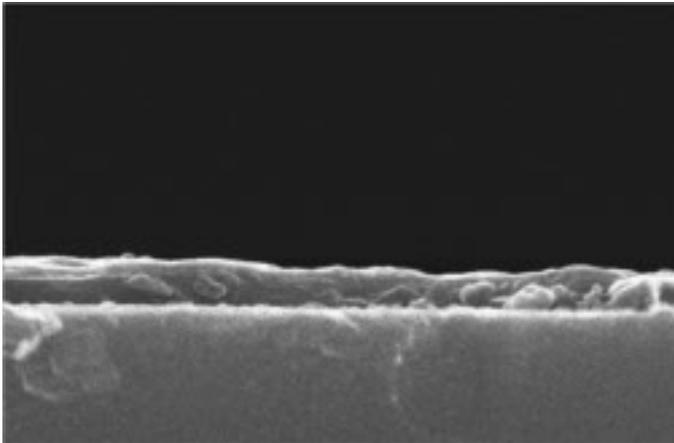


Abb. 4: Das Bild zeigt den Querschnitt durch eine ca. 100 nm dicke Openair-PlasmaPlus-Schicht (REM 50000-fache Vergrößerung)

Fig. 4: Cross-section through an approximately 100 nm thick Openair PlasmaPlus layer (50,000 times magnification by scanning electron microscope)

**VERFAHRENSTECHNIK.** Die von Plasmateat entwickelte Anlage besteht wie bei der Plasmaaktivierung aus Generator, Hochspannungstransformator und Plasmadüse. Zusätzlich wird die Prozessflüssigkeit (Precursor) über eine Verdampfereinheit in den austretenden Plasmastrahl eingespeist. Um gleichmäßige und reproduzierbare Schichten zu erzielen, sind sowohl die Plasmamparameter als auch die Parameter des Precursors in engen Grenzen zu überwachen. Hierzu bieten passende Generatoren aufgrund ihrer digitalen Ansteuerelektronik die Voraussetzungen. Der gesamte Prozess verläuft komplett  $\mu$ -Prozessor gesteuert.

**NEUE MATERIALEIGENSCHAFTEN.** Plasmapolymere Beschichtungen können neue Oberflächeneigenschaften generieren, wie:

- Permanentprimer, die eine langzeitstabile Lackierbarkeit und eine höhere Flexibilität in der Herstellung ermöglichen
- schmutzabweisende Oberflächen
- Antikorrosionsschichten auf Aluminium, die eine langzeitstabile Verklebung ermöglichen
- Entformungsschichten beim Kunststoffspritzen

Das neue System erlaubt plasmapolymere Beschichtungen in den unterschiedlichsten Anwendungsbereichen. So erweitert das Verfahren beispielsweise bei optischen Datenträgern den Einsatzbereich von Polycarbonat, indem die Wasseraufnahme stark herabgesetzt wird und die Compact Disc damit auch unter Einfluss hoher Luftfeuchtigkeit formstabil bleibt. Polypropylen-Folien werden durch eine im Plasma erzeugte Schicht dauerhaft bedruckbar, Fogging-Eigenschaften werden positiv beeinflusst. Durch die nachträgliche Modifizierung der Oberflächen entstehen auch neue Möglichkeiten der Compound-Zusammensetzung und ein größerer Anteil von recyceltem Material kann nun Verwendung finden. Plasmapolymere Beschichtungen auf metallisierten Kunststoffen ermöglichen nicht nur einen guten Korrosionsschutz, z. B. in den Abschirmungen in Telefongehäusen, sondern sorgen auch für eine starke Erweiterung der Anwendungsmöglichkeiten dieser Kunststoffe insgesamt.

and size by the chamber required and for pretreatment to take place production processes have to be interrupted.

Moreover, Openair technology is without restriction compatible

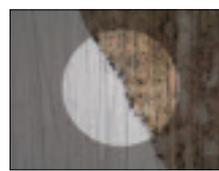


Abb. 5: Plasmateat: Die mikroskopische Aufnahme zeigt: der mit der PlasmaPlus Schicht geschützte Bereich (links) zeigt auch nach Einwirkung von 96 h Salzsprüh-test keine Anzeichen von Korrosion.

Fig. 5: Plasmateat: Under the microscope the region protected by the plasma layer (left) exhibits no sign of corrosion even after direct exposure to the salt spray test for 96 hours

with robots and capable of in-line implementation. The system can be integrated very simply into new or already existing production lines and in this way production speeds are increased by a significant factor. By exploiting the high energy content of the plasma thin layers can be deposited on the most varied materials in plasma polymerisation at normal pressure. At the same time these undergo very intimate bonding to the surfaces so that their properties are completely changed and possible uses become more diverse. To produce a layer an organosilicon compound is admixed with the atmospheric-pressure plasma employed here. Due to the high-energy excitation in the plasma this compound is fragmented and deposited as a vitreous layer on a surface. The chemical composition can be varied according to application to achieve the best result for each of the different materials (such as metal, plastic, glass, ceramic).

To evaluate the thicknesses of the layers SEM (scanning electron microscope) studies were undertaken. At 50,000 times magnification the scanning electron micrographs of the cross-sections of coated samples reveal a homogeneous and pore-free layer structure. This is very important in corrosion protection because the protective layer here is a passive one, i.e. the attack of corrosive media is prevented by a barrier effect. The material of the layer itself is not sacrificed during the corrosion process as would happen, for example, in the case of a galvanised steel surface (active corrosion protection).

**PROCESS TECHNOLOGY.** The installation developed by Plasmateat consists as in plasma activation of a generator, high-voltage transformer and plasma jet. In addition, the process liquid (precursor) is fed into the emerging plasma beam through an evaporator unit. In order to achieve uniform and reproducible layers the parameters for both the plasma and the precursor have to be monitored within narrow limits. Due to their digital control electronics suitable generators provide the prerequisites for this purpose. The entire process proceeds completely under microprocessor control.

**NEW PROPERTIES OF MATERIALS.** Plasma-polymeric coatings can generate new surface properties such as:

- permanent primers which allow durable paintability and greater flexibility in production;
- dirt-repellent surfaces;
- anticorrosive layers on aluminium which allow durable adhesive bonding;
- mould release layers in plastics injection moulding.

The new system allows plasma-polymeric coatings in the most varied fields of application. Thus, the process extends the field

**KORROSIONSSCHUTZ VON ALUMINIUM.** Die großen Vorteile gegenüber anderen Beschichtungstechniken liegen bei der PlasmaPlus Technologie neben dem In-line-Einsatz vor allem in der Technik der selektiven Beschichtung. Die Korrosionsschutzwirkung ist besonders effektiv bei Aluminiumlegierungen. Die Schicht vermag das Aluminium mehrere Tage lang gegenüber direktem Salzsprühnebel (DIN 50021) zu schützen, ohne dass das Metall optisch beeinflusst wird. Zur Demonstration der Wirkungsweise wurde ein Aluminiumblech (Al99,5) teilbeschichtet, der restliche Bereich verblieb in ungeschütztem Ausgangszustand. Die unbeschichtete Aluminiumoberfläche war nach einem 96 Stunden Salzsprühtest stark korrodiert (matte Fläche), wohingegen der beschichtete Bereich noch immer den ursprünglichen Glanz aufwies. Der Übergang zwischen dem korrodierten und nicht korrodierten Bereich ist in der lichtmikroskopischen Aufnahme bei 100-facher Vergrößerung deutlich erkennbar. Soll die Plasmabeschichtung als Korrosionsschutz eingesetzt werden, so ist eine dicke Schicht (mehrere hundert Nanometer) empfehlenswert, da diese beständiger gegenüber den korrosiven Medien – wie Elektrolytlösungen, Säuren und Laugen – ist. Als Haftvermittlerschicht reichen prinzipiell schon wenige Nanometer aus, da diese dünne Schichten schon alle wichtigen funktionellen Gruppen aufweist, mit denen der Klebstoff reagieren und eine feste Bindung eingehen kann. Die sehr gute Haftung der Beschichtung auf dem Grundmaterial verhindert wirkungsvoll eine Unterwanderung der Klebenaht (Bondline corrosion). Für ein verklebtes Bauteil, wie z. B. ein Motoren- oder Platinengehäuse in der Automobilindustrie, wäre eine Unterwanderung besonders schädlich, da dann die Kraftübertragung bei strukturellen Verklebungen nicht mehr gewährleistet wäre oder aber eine Leckage bei mit Dichtklebstoff versiegelten Gehäusen auftreten könnte.

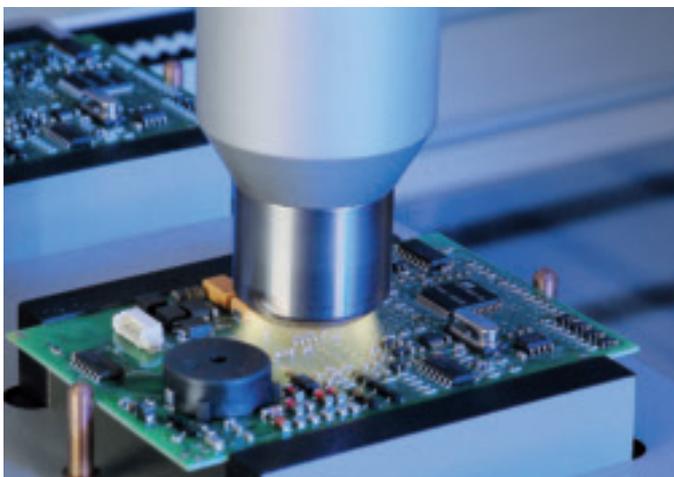


Abb. 6: Plasmatrete: Zur langfristigen Haftung des Hotmelts erfolgt vor dem Verguss die mikrofeine Reinigung und Aktivierung der Platine mittels atmosphärischem Plasma

Fig. 6: Plasmatrete: To ensure long-term adhesion of the hotmelt, microfine cleaning and activation of the printed circuit board by using atmospheric plasma is carried out before sealing.

**HOTMELT.** Elektronik im Außenbereich bedarf eines hohen Schutzes, da sie Witterungseinflüssen ständig ausgesetzt ist. Ganz besonderen Wert auf die atmosphärische Plasmatechnologie aus Steinhagen legt der weltweit renommierte Sicherungs-

of application of polycarbonate, for optical data media for example, in that absorption of water is greatly reduced and accordingly compact discs remain dimensionally stable even when exposed to high levels of atmospheric moisture. Polypropylene films are rendered permanently capable of accepting print by a plasma-generated layer and fogging properties are positively affected. Due to postproduction modification of surfaces new possibilities for combining compounds are also produced and a higher proportion of recycled material can now be used. Plasma-polymerised coatings on metallised plastics allow not only good protection against corrosion, e.g. in the electromagnetic shields in telephone housings, but also greatly extend the possible applications of these plastics.

**ANTICORROSIVE PROTECTION OF ALUMINIUM.** Apart from its in-line use the great advantages of PlasmaPlus technology in comparison with other coating techniques lie primarily in the technique of selective coating. The anticorrosive effect is particularly marked in aluminium alloys. The layer is able to protect the aluminium for several days against direct salt spray (DIN 50021) without the visual appearance of the metal being affected. To demonstrate the mode of action an aluminium plate (Al 99.5) was partially coated while the rest of the surface remained in the unprotected initial state. After 96 hours of the salt spray test the uncoated aluminium surface was highly corroded (matt area), whereas the coated region still exhibited its original lustre. The transition between the corroded and uncorroded region is distinctly discernable in the photomicrograph at 100 times magnification. If the plasma coating is to be used for corrosion protection a thick layer (several hundred nanometres) is recommended since this is more resistant to corrosive media, such as solutions of electrolyte, acids and alkalis. For a bonding agent layer, just a few nanometres suffice in principle since these thin layers already comprise all the important functional groups with which an adhesive can react and undergo strong bonding. The very good adhesion of the coating to the substrate is very effective in preventing infiltration of the bonded joint (bondline corrosion). For an adhesively bonded component, e.g. a motor housing or printed circuit board housing in the automotive industry, infiltration would be particularly harmful because then the transmission of force in structural bonded joints would no longer be ensured or alternatively leakages could occur in housings sealed with a sealing adhesive.

**HOT-MELTS.** Electronic systems in outdoor locations need a lot of protection since they are constantly exposed to the effects of weather. Very special value is attached to the atmospheric-pressure plasma technology from Steinhagen by the globally renowned circuit breaker manufacturer Novar based in Albstadt (Honeywell Security AG) in the production of its high-quality alarm systems.

At variance with the control elements in a motor car which must be readily accessible at all times and for that reason are packed in a sealed housing, here after the soldering process the electronics are encapsulated with the aid of hot-melt in order to protect the assembled printed circuit boards against moisture or mechanical damage. But what is to be done if the hot-melt adhesive does not adhere correctly to the substrate or becomes detached after a while? A cleaning pretreatment with atmospheric-pressure plas-

anlagenhersteller, Novar aus Albstadt (Honeywell Security AG) bei der Fertigung seiner hochwertigen Alarmsysteme.

Anders als bei den Steuerungselementen im Auto, die jederzeit wieder erreichbar sein müssen und deshalb in einem abgedichteten Gehäuse verpackt werden, erfolgt hier nach dem Lötprozess ein Elektronikverguss mit Hilfe von Hotmelt, um die bestückten Leiterplatten vor Feuchtigkeit oder mechanischer Beschädigung zu schützen. Doch was tun, wenn der Schmelzklebstoff auf dem Untergrund nicht richtig haftet oder sich nach einer Weile wieder löst? Hier hilft eine reinigende Vorbehandlung mit Atmosphärendruckplasma. Die mikrofeine Plasmareinigung führt dazu, dass nach dem anschließenden Aufbringen des Hotmelts dieser so gut haftet, dass die höchsten internationalen Schutzarten IP 68 und sogar die relativ neue IP 69K erreicht werden, wobei es bei letzterer vor allem um die Beständigkeit von elektrischen Betriebsmitteln gegen Hochdruckstrahl-Reinigung geht. Nach ihrer Fertigstellung wird eine solche Leiterplatte in ein zusätzliches Gehäuse eingesetzt und dient als Tastatur im Eingangs-Außenbereich einer kompletten, sehr komplexen Gebäude Einbruchsmeldetechnik. Ein Versagen dieser Tastatur könnte eine Störung der Sicherheitsanlage zur Folge haben, ein Grund warum Novar – weit über die Ansprüche der Norm hinaus – jede einzelne Platine einem zwölfstündigen Unterwasser-Funktionstest unterwirft.

**PLASMABESCHICHTUNG IM AUTOMOBILBEREICH.** Bei TRW Automotive, Weltmarktführer für Fahrzeug-Sicherheitssysteme wird seit kurzem die PlasmaPlus Technik bei Motor-Pumpengehäusen für Lenkeinheiten eingesetzt. Mit dem neuen Verfahren werden zur Vermeidung von Korrosion bei Klebenähten metallische Bauteiloberflächen im Atmosphärendruck selektiv in-line beschichtet. Die Beschichtung erfolgt in-line und gewährleistet einen höchstmöglichen Schutz vor eindringender Feuchte. Schon mikroskopisch kleine Leckagen infolge von Korrosion können zum Kurzschluss führen und zum Ausfall der Lenkunterstützung. Der Beschichtung mit Atmosphärendruck-Plasma kommt hier eine Schlüsselrolle zu. Das eingesetzte Beschichtungsverfahren wird anhand der Bilder einer Industrieanlage deutlich: Die über einen Drehtisch zugeführten Teile werden von den beiden Robotern zunächst einer Identifikation durch Barcode-Scanner und einer Kontrolle der Maßhaltigkeit unterzogen. Anschließend werden die zu verklebenden Flanschoberflächen mittels Plasma intensiv von organischen Verunreinigungen (z. B. feinste Reste von Fräs- und Bohremulsionen) gereinigt, damit sich die im Anschluss aufgebrachte siliziumorganische Schicht optimal mit dem Aluminiumgehäuse verbinden kann. Nach dem Auftragen einer dünnen Beschichtung werden die Gehäuseteile auf den Drehtisch abgelegt und können vom Bediener entnommen werden. Im weiteren Produktionsablauf wird dann der Klebstoff dosiert und der Gehäusedeckel befestigt. Durch diesen Prozessablauf ist die Klebenäht optimal gegen Unterwanderung und das Gehäusematerial im Flanschbereich vor korrosivem Angriff geschützt.

Die mechanische, aber vor allem auch die korrosive, Belastung, der das Bauteil während seiner Nutzungsdauer unterliegt, dürfen nicht zum Versagen der Klebeverbindung führen, da ansonsten der Elektromotor mitsamt der Elektronik nicht mehr geschützt wäre. Diese Umwelteinflüsse werden durch Auslagerung im SWAAT-Test (Sea Water Acetic Acid Test) simuliert. Gegenüber dem ursprünglichen Verfahren, bei dem nach dem Verkleben ein

ma helps here. The ultrafine plasma cleaning has the result that after the subsequent application of the hot-melt it adheres so well that the highest international protection categories IP 68 and even the relatively new IP 69K are achieved, the latter dealing primarily with the resistance of electric equipment to high-pressure jet cleaning. After its production such a printed circuit board is inserted in an additional housing where it serves as a keypad in the outer entrance area of a complete and highly complex building intrusion detection alarm system. Any failure of this keypad could result in unwanted impairment of the security system. For that reason Novar goes well beyond standard requirements and subjects each individual printed circuit board to a twelve-hour underwater performance test.

**PLASMA COATING IN THE AUTOMOTIVE SECTOR.** TRW Automotive, the world market leader for vehicle safety systems, recently started to use PlasmaPlus technology in motor pump housings for steering units. To prevent corrosion in bonded joints the new process is used to coat selectively the surfaces of metal parts in-line at atmospheric pressure. Coating ensues in-line and ensures the greatest possible protection against the penetration of moisture. Even microscopically small leaks due to corrosion can result in a short-circuit and failure of the power-assisted steering. Coating with atmospheric-pressure plasma assumes a key role here. The coating process employed is made clear with reference to pictures of an industrial plant. The parts fed via a rotating table are first subjected by the two robots to identification by barcode scanner and checked for dimensional accuracy. The flange surfaces to be bonded are then cleaned intensively of organic contaminants (e.g. very fine residues of milling and drilling emulsions) by means of plasma so that the organosilicon layer next applied can bond in optimum fashion to the aluminium housing. After a thin coating has been applied the housing parts are put down on the rotating table from where they can be removed by the operator. At a later stage in the production workflow the adhesive is then metered out and the housing lid is fastened in place. By means of this process sequence the bonded joint is given optimum protection against infiltration and the housing material in the flange region is protected against corrosive attack. The mechanical but above all the corrosive stresses to which the part is subjected during its service life must not give rise to failure of the bonded joint as otherwise the electric motor together with the electronics would no longer be protected. These environmental effects are simulated by weathering in the SWAAT test (sea-water acetic acid test). In comparison with the original procedure in which after adhesive bonding a fluoropolymer-based anticorrosive agent was

SWAAT test	Test duration [hours]			
	50	250	500	750
Without corrosion protection	sealed	leaky	leaky	leaky
Anticorrosive grease sprayed on	sealed	sealed	sealed	leaky
Coating by Openair plasma	sealed	sealed	sealed	sealed

Fig. 7: Leak-proofness check by the salt spray test (SWAAT test) Green: housing shows no leaks Red: housing is leaky (corrosion on flange with breakthrough towards the inside)

fluorpolymerbasiertes Korrosionsschutzmittel manuell von außen auf die Klebenaht aufgesprüht wurde, konnte mit der plasmapolymerten Schicht eine wesentlich bessere Dichtigkeit erreicht werden. Bei der Auslagerung wurde die Dauer bis zum «Durchbruch» (auftreten erster Korrosionserscheinungen im Gehäuseinnern) um ca. 50 % auf über 750 Stunden gesteigert (Tabelle).

SWAAT-Test	Prüfungsdauer [Stunden]			
	50	250	500	750
ohne Korrosionsschutz	dicht	undicht	undicht	undicht
Korrosionsschutzfett aufgesprüht	dicht	dicht	dicht	undicht
Beschichtung mit Openair-Plasma	dicht	dicht	dicht	dicht

Abb. 7: Dichtigkeitsüberprüfung nach Salzsprühstest (SWAAT-Test): grün: Gehäuse zeigt keine Leckagen Rot: Gehäuse ist undicht (Korrosion auf dem Flansch mit Durchbruch nach innen)

Die Beschichtung mit der neuen Plasmatechnik bietet somit nicht nur optimale Voraussetzungen für eine langzeitbeständige Klebstoffhaftung, sondern gewährleistet gleichzeitig die lange Lebensdauer des Bauteils.

**ZUSAMMENFASSUNG.** Plasmapolymere Schichten werden in naher Zukunft die Anwendungsmöglichkeiten der verschiedensten Materialien stark erweitern. Mit der hier beschriebenen Plasmatechnik steht nun ein Werkzeug zur Verfügung, das diese Schichten sehr effizient und selektiv unter atmosphärischen Bedingungen abscheiden kann. Das Openair-PlasmaPlus System ist uneingeschränkt in-line fähig und robotertauglich. Aufgrund der geringen Mengen und der Ungiftigkeit der bei der Beschichtung eingesetzten Chemikalien ist das Verfahren sehr umweltschonend. Es werden keine zusätzlichen Lösungsmittel benötigt. Das Entfernen der Schichten vor einem Recyclingprozess ist nicht

sprayed on from the outside, substantially better leak-proofing could be achieved with the plasma-polymerised layer. On weathering the time to «breakthrough» (occurrence of first signs of corrosion in the interior of the housing) was increased by about 50 % to over 750 hours (see Table).

Accordingly, coating by means of the new plasma technology affords not only optimum preconditions for durable adhesion of adhesive but also simultaneously ensures a long service life for the component.

**SUMMARY.** Plasma-polymerised layers will soon greatly extend the application possibilities for the most varied materials. The plasma technology described here now provides a tool which can deposit these layers very efficiently and selectively under atmospheric conditions. The Openair PlasmaPlus system is capable without restriction of in-line integration and is compatible with robots. On account of the low volumes and non-toxicity of the chemicals employed for the coating the process is very gentle on the environment. No additional solvents are needed. It is not necessary to remove the layers prior to a recycling process since no harmful compounds are present. The layers together with the substrate material can be passed on for recycling.

Inès A. Melamies – free journalist

---

erforderlich, da sie keine schädlichen Verbindungen enthalten. Die Schichten können zusammen mit dem Substratmaterial einer Wiederverwertung zugeführt werden.

Inès A. Melamies – freie Journalistin

**KONTAKT / CONTACT:**

Plasmatreat GmbH, Bisamweg 10, D-33803 Steinhagen  
Telefon +49 (0) 5204 9960-0, E-Mail mail@plasmatreat.de  
www.plasmatreat.de, www.plasmatreat.com

---