

Haftung aus der Plasmadüse

Noch vor 25 Jahren nur eine Vision, setzt das Plasma aus der Düse heute in nahezu allen Industriebereichen rund um die Welt Maßstäbe bei der Vorbehandlung von Materialoberflächen vor dem Verkleben. Von dem Atmosphärendruckplasma-Verfahren, das erstmals Mitte der 90iger Jahre in Serienprozesse eingeführt wurde, profitiert insbesondere der Fahrzeugbau.

Inès A. Melamies

Schon lange hatte die Industrie für ihre Serienfertigungen auf eine Alternative zu nasschemischen Reinigern und Haftvermittlern gewartet. Die in den neunziger Jahren stark anwachsenden Anforderungen an umweltfreundliche und gesundheitlich unbedenkliche Inline-Vorbehandlungsprozesse verlangten nach neuen Methoden, die ohne den Einsatz von Nasschemie auskamen und zudem prozesssicherer und kosteneffizienter sein sollten. Mit Entwicklung der Openair-Plasma-Technik im Jahr 1995 und der zehn Jahre später gemeinsam mit dem Fraunhofer IFAM in Bremen patentierten Plasma-Plus-Beschichtungstechnologie machte Christian Buske, Gründer des westfälischen Technologieentwicklers und Anlagenbauers Plasmatreteat, aus diesem Wunsch nicht nur Realität. Er schuf damit auch eines der wirkungsvollsten und gleichzeitig umweltfreundlichsten Verfahren zur Feinreinigung, simultanen Aktivierung und funktionalen Nanobeschichtung von Materialoberflächen. Heute baut das Unternehmen nach eigenen Angaben nicht mehr nur einzelne Düsensysteme, sondern ganze Hightech-Plasmazellen (Bild 1) für Anwender in allen Teilen der Welt.

Plasma-Düsenteknik

Mit der Plasma-Düsenteknik wurde ein trockenes, sehr schnell arbeitendes Vor-

behandlungsverfahren geschaffen, das die ortsselektive, also die für eine bestimmte Bauteilfläche definierte Vorbe-

handlung von Serienbauteilen im kontinuierlichen Fertigungsprozess ermöglicht. Das Verfahren ist umweltfreundlich, die



Bild 1 > Hightech in Westfalen: Plasmatreteat-Gründer Christian Buske in einer Plasmazelle der neuesten Generation zur Vorbehandlung der Kunststoff-Abdeckscheiben von PKW-Scheinwerfern

© Stefan Thomas Kröger / Plasmatreteat



Bild 2 > Düsenkombination: Inline integrierte Plasmabehandlung im kontinuierlichen Extrusionsprozess von EPDM-Profilen

Düsen werden einzig mit Druckluft, gegebenenfalls auch mit einem gewünschten Prozessgas sowie mit Hochspannung betrieben. Von einer intensiven gepulsten Bogenentladung im Inneren der Düsen erzeugt, wird das Plasma am Düsenaustritt konditioniert. Eine gezielte Luftströmung entlang der Entladungsstrecke separiert Teile des Plasmas und transportiert sie durch den Düsenkopf an die Oberfläche des zu behandelnden Materials. Der Düsenkopf bestimmt dabei die Geometrie des austretenden Strahls. Das Openair-Plasma steht je nach Düsengeometrie in einem Arbeitsbereich von 3 mm (bei statischen Düsen) bis hin zu ca. 100 mm Be-

handlungsbreite (bei rotierenden Doppeldüsen systemen) zur Verfügung. Bei großen Flächen, wie Verbundpaneelen oder beispielsweise im Extrusionsprozess von EPDM-Profilen (*Bild 2*), werden zur Vorbehandlung mehrere Düsen miteinander inline kombiniert.

Oberflächenenergie

Kommt es zu den Themen Benetzbarkeit und Haftung, ist „Oberflächenenergie“ (OFE) das Stichwort. Sie bestimmt maßgeblich mit darüber, ob die erstrebte Haftung auf dem Substrat auch tatsächlich erzielt wird. Voraussetzung für eine gute

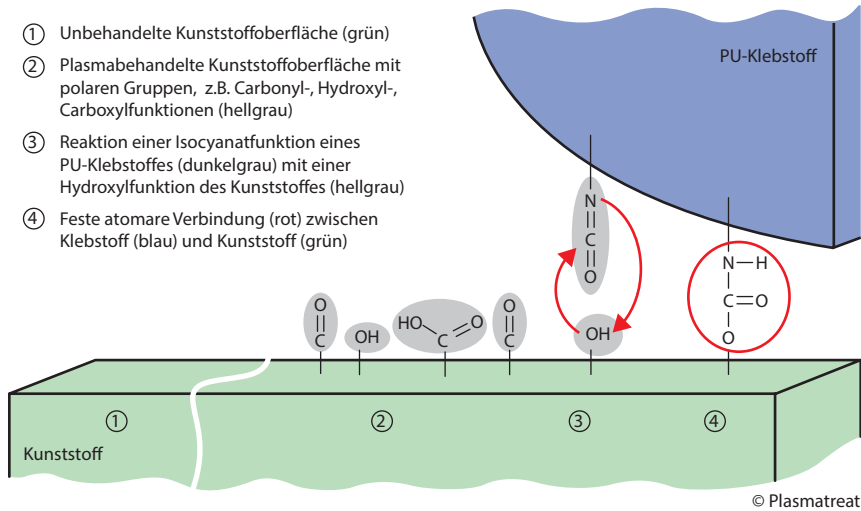


Bild 3 > Zur Aktivierung einer Oberfläche kommt es durch die chemische und physikalische Wechselwirkung des Plasmas mit dem Substrat. Trifft das Plasma auf eine Kunststoffoberfläche, so werden dabei Sauerstoff- und stickstoffhaltige Gruppierungen in die meist unpolare Polymermatrix eingebaut.



Bild 4 > Für die hohe Haltbarkeit und Dichtigkeit der Klebeverbindungen werden die Paneele des selbsttragenden Kühlkoffer-Systems im Bereich der Klebflächen umweltfreundlich mit Openair-Plasma vorbehandelt.

Benetzbarkeit ist, dass zum einen die Materialoberfläche feinstgereinigt ist, zum andern die Oberflächenenergie des Festkörpers größer ist als die Oberflächenspannung des flüssigen Klebstoffs oder Lacks. Bei Metallen oder Glas kann die schon vorhandene gute OFE häufig durch Schichten von Staubablagerungen, Fetten, Ölen oder anderen Kontaminationen im Hinblick auf eine gute Benetzbarkeit nicht zur Wirkung kommen. Eine Reinigung mit Plasma legt sie jedoch in Sekundenschnelle wieder frei. Bei haftungsunfreundlichen Kunststoffen wie Polypropylen oder Polyethylen, die aufgrund ihrer sehr niedrigen OFE zwingend einer Vorbehandlung bedürfen, kommt neben dem Reinigungseffekt vor allem die hohe Aktivierungskraft des Plasmas zur Wirkung.

Plasmaaktivierung

Aktivierung bedeutet eine reaktive Veränderung der Oberfläche auf molekularer Ebene, die zu völlig neuen Haftungseigenschaften führt. Hierzu kommt es durch die chemische und physikalische Wechselwirkung des Plasmas mit dem Substrat. Trifft das Plasma auf eine Kunststoffoberfläche, so werden dabei sauerstoff- und stickstoffhaltige Gruppierungen in die meist unpolare Polymermatrix eingebaut. Es entstehen funktionelle Gruppen, die an der Oberfläche den reaktiven Komponenten des Klebstoffs zur Verfügung stehen und sich mit diesem dauerhaft verbinden (Bild 3). Das zuvor unpolare Substrat wird durch den Prozess polar, und seine Oberflächenenergie steigt signifikant an, was eine homogene Benetzbarkeit und damit

eine bedeutend bessere Haftung des Klebstoffs ermöglicht.

Plasmabeschichtung

Bei der PlasmaPlus-Beschichtung handelt es sich um eine Technologie, die die punktgenaue Abscheidung funktionaler plasmapolymere Nanaoschichten unter Normaldruck (statt im Vakuum) im kontinuierlichen Produktionsprozess erlaubt. Mit ihr lassen sich für unterschiedliche Materialien produktspezifische Schichten generieren und in nur Millisekunden auf die Oberfläche abscheiden, wo sie sich stoffschlüssig mit dem Substrat verbinden. Zur Erzeugung einer solchen Schicht wird dem Plasma ein Präkursor in Form einer siliziumorganischen Verbindung beigegeben. Durch die hochenergetische Anregung im Plasma wird diese Verbindung fragmentiert und scheidet sich auf einer Oberfläche als glasartige Schicht ab. Wichtig für den Anwender: Die chemische Zusammensetzung kann je nach Anwendungsfall variiert werden, um auf den unterschiedlichen Materialien die jeweils besten Resultate zu erzielen. Das Verfahren wird heute weitgehend im Fahrzeugbau und in der Solartechnik als Haftvermittler und Korrosionsschutz bei Aluminiumbauteilen eingesetzt.

Plasma im Fahrzeugbau zur Vorbereitung struktureller Klebungen

Moderne Nutzfahrzeugaufbauten werden heute in ihrer Struktur meist vollständig verklebt – unter anderem, um eine höhere Eigenfestigkeit und Nutzlast sowie eine Gewichtsreduzierung der Aufbauten sicherzustellen. Die an das Strukturkleben gestellten Anforderungen sind hoch und nur mit einer zuverlässigen Vorbehandlung zu erfüllen.

Bei Schmitz Cargobull wird bei der Vorbehandlung der Sandwichpaneele für große Kühlkofferaufbauten (Bild 4) schon seit vielen Jahren auf organische Lösemittel verzichtet. Die gefertigten Kühlsattelaufleger sind selbsttragende Systeme, der gesamte modulare Aufbau erfolgt schrauben- und niefrei. Die selbsttragende Eigenschaft entsteht durch die Verklebung der Großpaneele in Aluwinkelschienen. Für die hohe Haltbarkeit und Dichtigkeit der Klebeverbindungen werden die Paneele im Bereich der Klebflächen umweltfreundlich mit Atmosphärendruckplasma

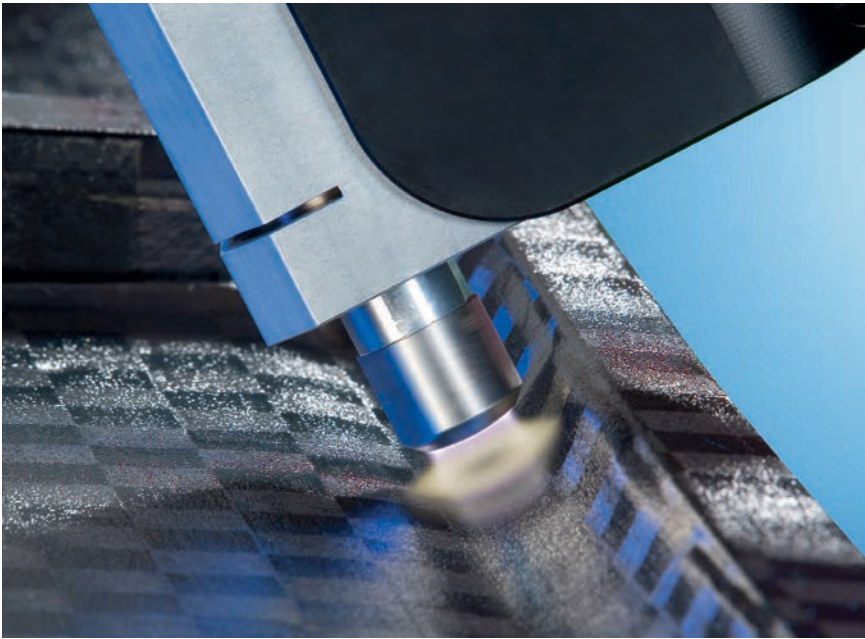


Bild 5 > Besonders effektive Lösungen liefert das Plasmaverfahren auch bei Faserverbund-Werkstoffen, wie bei der Vorbehandlung von CFK-Prepregs vor dem Verkleben.

vorbehandelt. Vier Openair-Plasma-Behandlungsstationen, die über insgesamt 32, teils rotierende, teils statische Plasmaerzeuger verfügen, ersetzen in diesem Bereich konventionelle Vorbehandlungen wie das mechanische Aufrauen und die Aktivierung mit umweltbelastenden Lösungsmitteln.

Plasma im Karosseriebau

Immer höhere Ansprüche an die Effizienz von Fertigungsprozessen, Ressourcenschonung und an eine leichte, energiesparende Bauweise stellt die Automobilindustrie vor Aufgaben, die mit der konventionellen Blechbauweise nicht mehr erfüllt werden können. So werden im Karosseriebau heute aus Gründen der Gewichtseinsparung einzelne Baugruppen aus miteinander verklebten Hochleistungskunststoffen gefertigt. Herkömmliche Vorbehandlungsverfahren auf SMC (Sheet Moulding Compound), wie das Anschleifen oder Reinigen mit Aceton, werden durch die Plasmabehandlung nicht nur ersetzt – die Klebresultate werden auch übertroffen. Besonders effektive Lösungen liefert das Plasmaverfahren auch bei Faserverbund-Werkstoffen, wie kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) oder glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) sowie bei den daraus gefertigten vorimprägnierten Faserhalbzeugen, den sogenannten Prepregs (*Bild 5*). Teile

wie Fahrzeugdächer, Kofferraumklappen oder Motorhauben werden immer häufiger aus CFK geformt. Um die komplexen Einzelteile nach der Herstellung sicher aus der Form lösen zu können, sind Trennmittel erforderlich. Bestandteile dieser Trennmittel befinden sich jedoch nach der Entformung noch auf der Oberfläche und müssen aufwändig entfernt werden. Mit der Plasmareinigung werden verbliebene Trennmittel dagegen in Sekundenschnelle vor dem Kleben vollständig aufgebrochen und eliminiert.

Verklebung von Autoscheinwerfern

Hella, einer der führenden Automobilzulieferer für Lichttechnik und Elektronikprodukte, setzt die Plasmatechnik aus Westfalen bereits seit über 20 Jahren für seine Scheinwerfer ein. Bei diesen Bauteilen muss die Verklebung der Polycarbonat-Linsen mit ihren Polypropylen-Gehäusen höchsten Dichtungsansprüchen genügen. Schon geringste Leckagen hätten das Eindringen von Feuchtigkeit und damit eine Beeinträchtigung der Linse zur Folge, was wiederum den Strahlungswinkel des Lichts negativ beeinflussen würde. Hella nutzt das Plasma, um die Nuten der Polypropylen (PP)-Gehäuse vor dem Aufbringen eines 2K-Silikonklebstoffs zu reinigen und das unpolare Material an genau definierter Stelle zu aktivieren (*Bild 6*). Die Oberflächenenergie des PP steigt da-



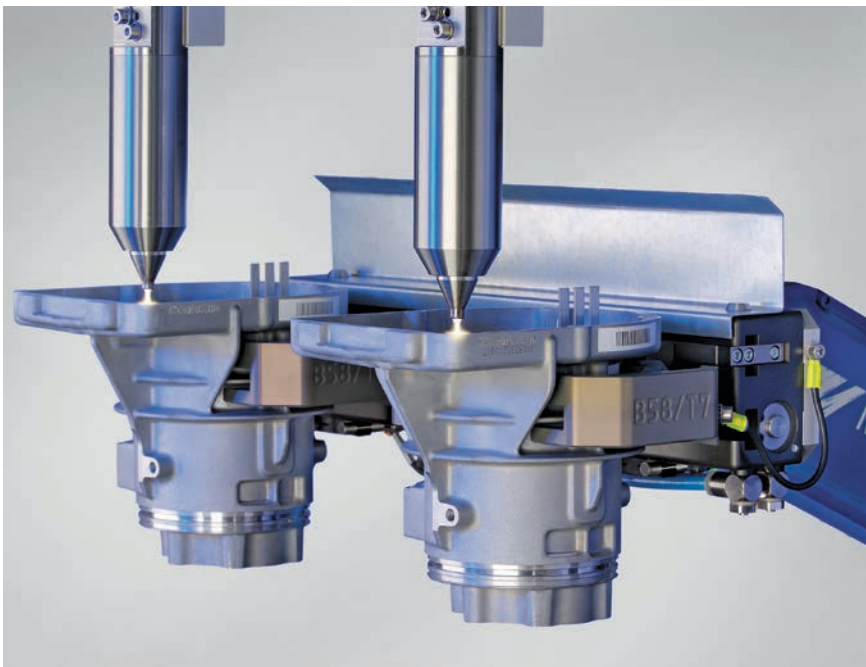
© Plasmatreat

Bild 6 > Seit über 20 Jahren wird bei Hella die Openair-Plasmathechnik im Klebprozess der Polycarbonat-Linsen mit ihren Polypropylen-Gehäusen eingesetzt.

bei von 35 mJ/m² auf über 72 mJ/m². Die nun erhöhten Haftungseigenschaften gewährleisten die sichere, diffusionsdichte Verklebung.

Blasenfreie Verklebung von Touchfolien

Informationen über das Fahrzeug, Navigationssystem, GSM-Daten und viele andere Informationen werden mit Touchscreens dem Fahrer bereitgestellt. Der Verguss zwischen Deckglas und TFT-Bildschirm muss absolut blasenfrei sein und eine gute Haftung aufweisen. Um diesen Prozess sicherzustellen, ist es notwendig, eine sehr saubere Oberfläche mit einer möglichst hohen Oberflächenenergie zu haben. Diese Anforderungen sichern patentierte Plasma-Rotationsdüsen bei Preh in Bad Neustadt a. d. Saale im Fertigungsprozess von Mittelkonsolen-Bediensystemen. Bei der im Spritzguss gefertigten Polycarbonat-Blende für den sogenannten Center-Stack wird die bereits mit einem Klebfilm versehene PET-Touchfolie mittels einer Laminiervorrichtung auf die Blendenrückseite geklebt. Auf der Folie befinden sich bereits mehrere übereinander im Siebdruck aufgebrachte Schichten mit gedruckter Elektronik. Eine im Klimatest aufgetretene Blasenbildung zwischen Folie und Trägermaterial konnte durch die Vorbehandlung der PC-Blende mit Openair-Plasma komplett beseitigt werden.



© Plasmatreat

Bild 7 > Bei TRW Automotive werden die Motor-Pumpengehäuse für Lenkeinheiten mit Openair-Plasma gereinigt und im nächsten Schritt mit PlasmaPlus funktional beschichtet.

Doppelte Funktionalität: Haftvermittler und Korrosionsschutz

Aluminiumdruckgussgehäuse werden in der Automobilindustrie häufig eingesetzt, um elektronische Bauteile wie Motorsteuerungen oder auch Elektromotoren vor korrosiven Angriffen zu schützen. Die Schwachstelle bildet die Klebfuge der in der Regel aus zwei Hälften zusammengesetzten Gehäuse. Hier kann es je nach Umwelteinflüssen zu einer korrosiven Unterwanderung der Verklebung und somit zu einer Undichtigkeit des Gehäuses kommen. Die Folge wäre der Ausfall der Elektronik. Bei TRW Automotive, Weltmarktführer für Fahrzeug-Sicherheitssysteme, werden die Motor-Pumpengehäuse für Lenkeinheiten zunächst mit Openair-Plasma gereinigt (Bild 7) und im nächsten Schritt mit PlasmaPlus funktional beschichtet. Die Schicht erfüllt die Anforderungen der DIN EN ISO 9227 und hat sowohl haftver-

mittelnde als auch korrosionsschützende Eigenschaften. Sie verbindet sich stoffschlüssig mit dem Metall und gewährleistet optimalen Schutz gegen eindringende Feuchte. Aktuell durchgeführte Salzsprühtests zeigen, dass mit ihr – abhängig von Legierung und Dichtkonzept – sogar 960 Stunden bis zum Durchbruch erreicht werden. Gleichzeitig bildet die plasmapolymere Schicht einen exzellenten Haftgrund sowohl für Flüssigdichtungen, wie den von TRW verwendeten Loc-tite-Klebstoff, als auch für Feststoffdichtungen, beispielsweise aus EPDM. Die Beschichtung mit Atmosphärendruckplasma hat hier eine Schlüsselrolle. Gegenüber dem ursprünglichen Verfahren, bei dem nach dem Verkleben ein fluorpolymerbasiertes Korrosionsschutzmittel manuell von außen auf die Klebenaht

aufgesprüht wurde, können mit der plasmapolymeren Schicht sowohl ein höherer Korrosionsschutz als auch eine wesentlich höhere Dichtigkeit erreicht werden.

Zusammenfassung

Die hier erläuterten Einsatzfälle zeigen, dass der Vielfalt der umweltfreundlichen Vorbehandlungsmethode kaum Grenzen gesetzt sind. Neben der Effektivität sind es Faktoren wie hohe Prozessgeschwindigkeit und Prozesssicherheit, Roboterkompatibilität und genaue Reproduzierbarkeit, die den Anwendern zu ihren Entscheidungen verholfen haben, die beschriebenen Plasmatreat-Techniken einzusetzen. Die einfache Integration in die Prozessabläufe und eine Signalverkettung zu über- oder untergeordneten Steuerungssystemen

lässt sich bei ihnen ebenso erfüllen wie die im Vergleich zu herkömmlichen Methoden höhere Wirtschaftlichkeit. //

Die Autorin

Inès A. Melamies

(info@facts4you.de)

ist als freie Fachjournalistin tätig

Kontakt

www.plasmatreat.de