

Aktiviertete Oberfläche

Plasmatechnik in der Herstellung von Leichtbaupaneelen

Recycelte Kunststoffe und Holz-Kunststoff-Verbunde haben überwiegend schwer zu verklebende Oberflächen, was ihre Nutzung vor allem für industrielle Prozesse bislang kaum möglich machte. Der Einsatz einer Inline-Plasmaanlage der in diesem Beitrag beschriebenen Art gilt als Durchbruch für eine zukünftig kostengünstige Herstellung von Verbundpaneelen. Ein neues Rotationsdüsen-Verfahren hat erstmals die Vorbehandlung von großflächigen Leichtbau-Verbundpaneelen mit potenzialfreiem Atmosphärendruckplasma bei hoher Geschwindigkeit im kontinuierlichen Prozess ermöglicht.

Bei der Herstellung moderner Kunststoffpaneele stand die Biologie schon bei der Entwicklung Pate. Honigwaben (englisch „Honeycomb“) dienen hier als Vorbild aus der Biologie **Bild 1**, Polypropylen als Errungenschaft der Kunststofftechnik. Honeycomb-Platten werden immer öfter bei Leichtbau-Verbundpaneelen als Kernschicht eingesetzt, denn sie sind generell wasserresistent und besitzen eine hohe Widerstandskraft und Steifigkeit **Bild 2**. Das wichtigste jedoch ist zweifellos ihr geringes Gewicht. Die Plasmatechnologie bedient sich eines weiteren Naturphänomens, indem sie technische Plasmen nach dem Vorbild natürlicher

Entladungen in der Atmosphäre erzeugt. Plasma beruht auf einem einfachen physikalischen Prinzip. Durch Energiezufuhr ändern sich die Aggregatzustände: aus fest wird flüssig, aus flüssig gasförmig, **Bild 3**. Wird einem Gas nun weitere Energie zugeführt, so wird es ionisiert, das heißt die Elektronen erhalten eine höhere kinetische Energie und verlassen die Schale. Es entstehen freie Elektronen, Ionen und Molekülfragmente, und das Gas geht in den Plasmazustand über, der auch als „vierter Aggregatzustand“ bezeichnet. Dieser Zustand war jedoch früher unter Normaldruck aufgrund seiner Instabilität nur sehr eingeschränkt zu verwenden.



»Die Plasmatechnologie bedient sich eines Naturphänomens, indem sie technische Plasmen nach dem Vorbild natürlicher Entladungen in der Atmosphäre erzeugt.«

Inès A. Melamies ist freie Journalistin in Bad Honnef.

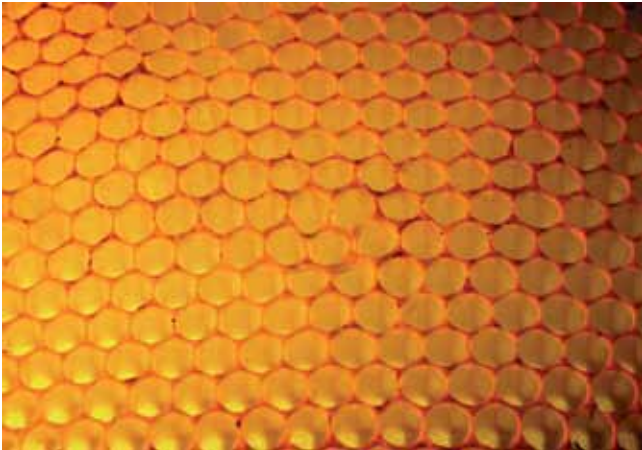


BILD 1 Natürliche und meisterhafte Struktur der Honigwabe dient der Industrie als Vorbild für Kernschichten von Verbundpaneelen

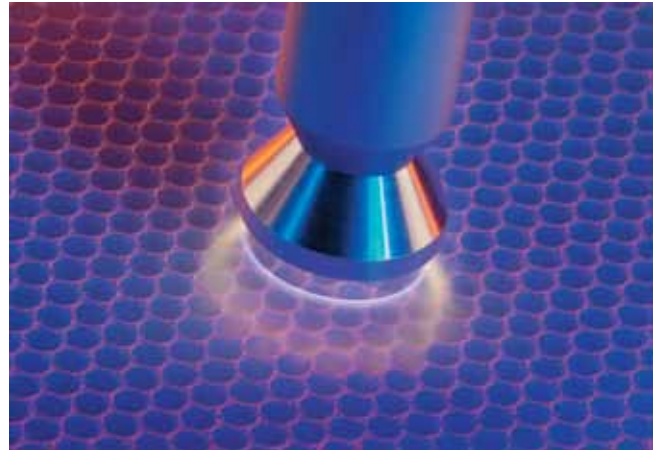


BILD 2 Die Plasmabehandlung der feinen Stege der PP-Wabenkernschicht gewährleistet die langzeitstabile Verklebung der Deckschichten

Die 1995 von Plasmatec in Steinhagen entwickelte und patentierte Atmosphärendruck (AD)-Plasmatechnologie Openair schuf neue Möglichkeiten: Erst durch die Entwicklung und den Einsatz von Plasmadüsen gelang es, den bis dahin industriell kaum genutzten Aggregatzustand „inline“ in Produktionsprozesse zu integrieren und damit Plasma unter ganz normalen Luftbedingungen für die Vorbehandlung von Materialoberflächen in großem Umfang nutzbar zu machen. Es wurde damit eine Technik realisiert, bei deren Anwendung allein Luft als Prozessgas und elektrische Energie benötigt werden.

Das heute in der Industrie weltweit genutzte Verfahren ist durch eine dreifache Wirkung gekennzeichnet: Der Plasmastrahl aktiviert die Oberfläche durch gezielte Oxidationsprozesse, entlädt erstere gleichzeitig und bewirkt eine mikrofeine Reinigung der Oberflächen von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Glas.

AKTIVIERUNG VON OBERFLÄCHEN

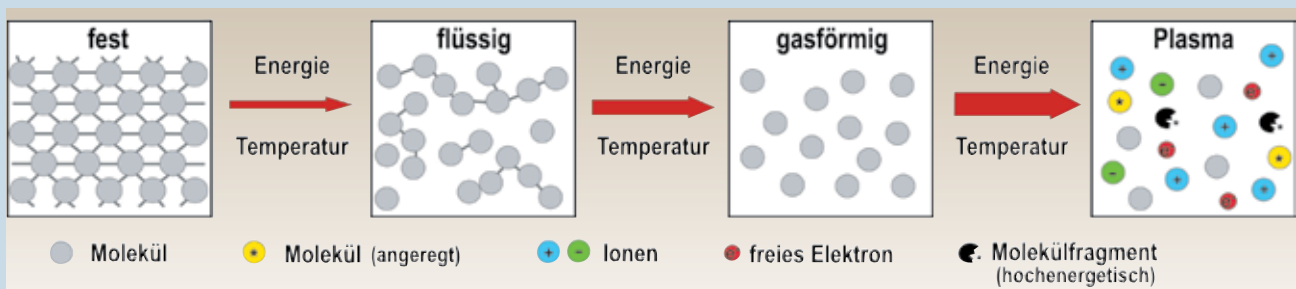
Trifft das AD-Plasma auf eine Kunststoffoberfläche, so werden dabei Sauerstoff- und stickstoffhaltige Gruppierungen in die meist unpolare Poly-

mermatrix eingebaut. Die Oberfläche wird somit modifiziert. Möglich wird diese Wirkung durch die im Plasma vorhandenen energiereichen Radikale, Ionen, Atome und Molekülfragmente, die ihre Energie an die Oberfläche des zu behandelnden Materials abgeben und dadurch chemische Reaktionen initiieren. Die entstandenen funktionellen Hydroxyl-, Carbonyl-, Carboxyl-, und Ethergruppen (aber auch Sauerstoffverbindungen des Stickstoffs) gehen mit Klebstoffen und Lacken teils sehr feste chemische Bindungen ein und tragen so zur Verbesserung der Haftung bei, Bild 4. Die typischen Erwärmungen der Kunststoffoberflächen während der Behandlung betragen weniger als 30 °C. Aufgrund der speziellen Düsenkonstruktion bleibt der Behandlungsraum an der Substratoberfläche nahezu elektrisch potenzialfrei, sodass neben Kunststoffen und Metallen auch sensible elektronische Komponenten aktiviert werden können.

OBERFLÄCHENERGIE

Mit Oberflächenenergie (mJ/m²) bezeichnet man das Maß für die Energie, die bei der Erzeugung neuer Materialoberflächen zum Aufbrechen der chemischen Bindungen notwendig ist. Sie ist das wichtigste Maß für

BILD 3 Grundlagen Plasmaprozess: Aggregatzustände



die Beurteilung der voraussichtlichen Haftung einer Klebschicht oder einer Oberflächenbeschichtung. Kunststoffe haben meist eine geringe Oberflächenenergie zwischen < 28 und 40 mJ/m^2 . Aber erst Oberflächenenergien ab 38 bis 42 mJ/m^2 erlauben erfahrungsgemäß gute Haftungsvoraussetzungen.

Durch die Plasmabehandlung wird die Oberflächenenergie deutlich erhöht, indem polare Gruppen, wie Hydroxylfunktionen, auf der Oberfläche erzeugt werden. Dadurch wird zum einen die Benetzung mit einem gegebenen Lack oder Klebstoff verbessert und zum anderen eine kovalente Bindung, das heißt eine sehr stabile Atombindung, an die Oberfläche ermöglicht.

Bei Flüssigkeiten ist die Oberflächenenergie gleich der Oberflächenspannung, und jede Flüssigkeit, jede Farbe, jeder Klebstoff hat eine Eigenspannung. Die sichere Haftung einer Beschichtung setzt voraus, dass die Oberflächenenergie des Festkörpers größer ist, als die Oberflächenspannung (mN/m) des flüssigen Klebstoffs. Versuche bei Plasmatrete haben ergeben, dass durch die Vorbehandlung mit Openair-Plasma Energiewerte über 72 mJ/m^2 möglich werden, Bild 5. Die Folge: Es können nicht nur bislang inkompatible Substrate verbunden werden, auch die Haftung von wasserbasierenden Klebstoff- oder Lacksystemen auf sehr klebstoffunfreundlichen Oberflächen, wie unpolarem Kunststoff, wird in den meisten Fällen möglich.

ENTLADUNG

Im technischen Sinne bezeichnet man einen Plasmazustand als elektrisch leitfähiges Gas. Wenn der potenzialfreie Plasmastrahl auf die Oberfläche auftrifft können die elektrischen Ladungsträger des statisch aufgeladenen Werkstücks gegen Erde abfließen, das heißt die elektrostatisch geladenen Materialoberflächen können vollständig neutralisiert werden.

BILD 4 Verbindungsprozess einer plasmaaktivierten Kunststoffoberfläche mit PU-Klebstoff

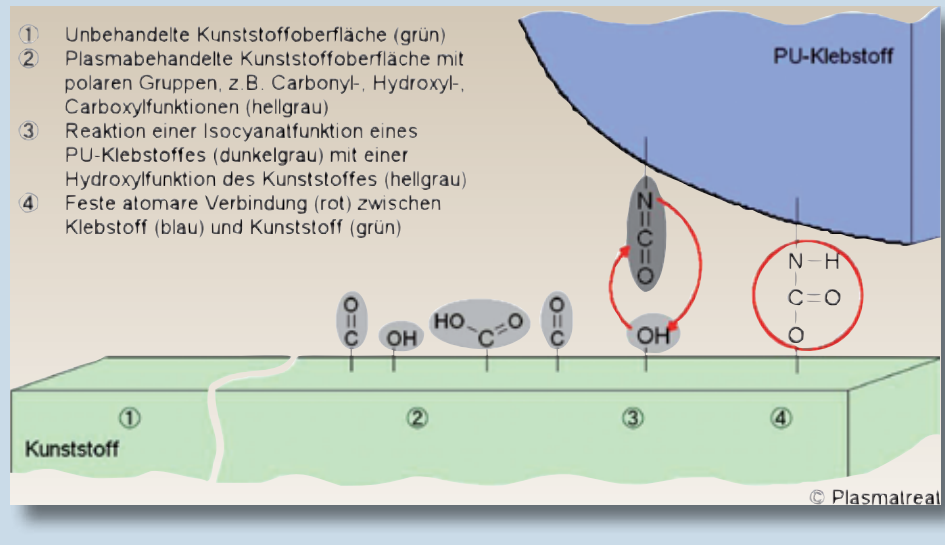
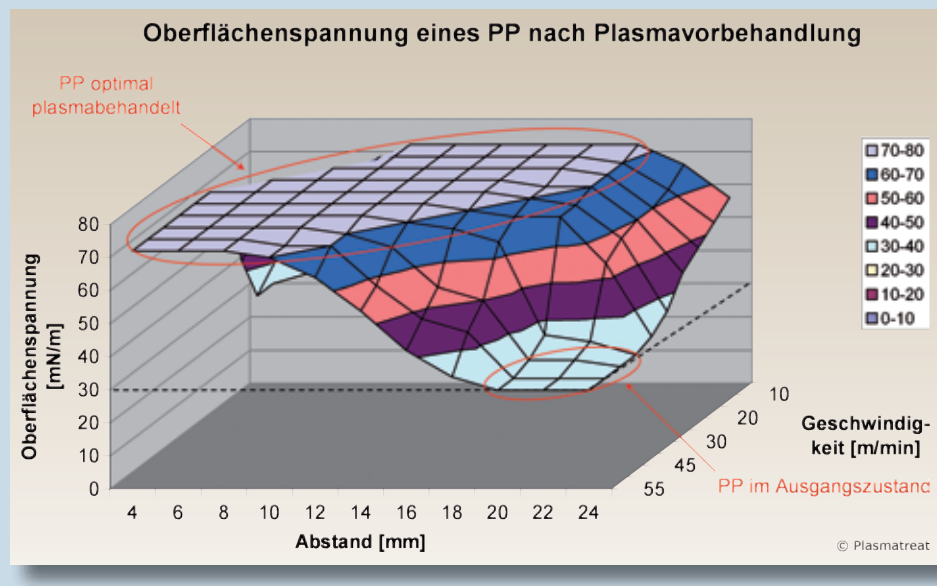


BILD 5 Darstellung einer Kunststoffoberfläche, die in Abhängigkeit von Abstand und Geschwindigkeit mit Plasma vorbehandelt wurde; die Oberfläche wird nach der Behandlung polar und die Oberflächenenergie steigt auf $>72 \text{ mJ/m}^2$ bei großem Prozessfenster



FEINSTREINIGUNG

Plasmatrete ist es gelungen, Prozesse wie das Entfernen von oberflächlich anhaftenden Stäuben, Formtrennmitteln oder Additiven auf Polymerwerkstoffen durch den Einsatz der atmosphärischen Plasmatechnik gegenüber herkömmlichen Verfahren entscheidend zu rationalisieren. Auch Metalle werden mit dem Plasmaverfahren feinstgereinigt. Dabei

werden organische Kontaminationen wie Fette und Öle verdampft, fragmentiert und teilweise zu Kohlendioxid und Wasser oxidiert.

FLAT-LAMINATION

Bei der großflächigen Verklebung mehrerer Materialschichten spricht man von „Flat-Lamination“. Problemlos ist im Allgemeinen das Verkleben von Holzwerkstoffen oder PUR-Schaumplatten. Ganz anders sieht es aber bei den immer mehr auf den Markt kommenden Kunststoffträgerplatten aus, die meist aus PP oder PVC bestehen. Sie sollen einerseits große Vorteile bieten, wie hohe Stabilität und Festigkeit neben niedrigem Gewicht und Wasserbeständigkeit. Auf der anderen Seite weisen diese Kunststoffe aber immer auch Nachteile in puncto Verarbeitung auf. Als unpolare Kunststoffe verfügen PP und PVC über eine besonders niedrige Oberflächenenergie, das heißt ohne eine zusätzliche Aktivierung der Oberfläche sind sie praktisch nicht verklebbar. Bei PVC verbleiben die Weichmacher an der Oberfläche und müssen vor dem Verkleben unbedingt entfernt werden.

HAFTUNG BEI HONEYCOMB-VERBUNDEN

Für die Herstellung großer Polypropylen-Verbundplatten hat Plasmatreat ein System entwickelt und zum industriellen Einsatz gebracht, das es weltweit erstmals ermöglicht, die PP-Platten für nachfolgende Klebe- oder Beschichtungsprozesse im kontinuierlichen Inline-Prozess mit Plasma vorzubehandeln. Mit der neuen Openair-Großpaneelanlage kann nun auch die Wabenkernschicht eines Verbundpaneels – genauer gesagt die schmalen Stege der Kunststoffwaben – ohne jeglichen Einsatz von Primer großflächig aktiviert werden. Für die unter- wie oberhalb der Waben aufgeklebten Deckschichten ist die langzeitstabile Haftung auf den feinen Stegen der Wabenstruktur von höchster Bedeutung. Nach der Plasmabehandlung ist neben anderen Materialien auch der feste Verbund der Waben-PP-Kernschicht mit Deckschichten aus Stahl möglich.

PLASMA STATT PRIMER

Der volle Nutzen einer neuen Paneltechnik kann erst zur Geltung kommen, wenn Bauteile auch gleichermaßen effektiv wie umweltfreundlich und kostensparend hergestellt werden können.

Bis heute erfolgt die Vorbehandlung von PP oder PVC Verbundpaneelen im Grunde durchweg im nass-chemischen Verfahren mithilfe von lösemittelhaltigen Primern, die durch ihre große VOC-Absonderung deutliche Probleme für Mensch und Umwelt mit sich bringen. Sie werden in der Regel manuell auf die Kernschicht aufgetragen. Man sprüht oder walzt sie auf, jedoch folgt aus diesen Methoden immer eine Unregelmäßigkeit des Auftrags, der nie wirklich konstant ist. Hinzu kommt noch ein Problem, denn beim Einsatz von Primern muss die Temperatur des zu behandelnden Materials berücksichtigt werden.

Der Einsatz lösemittelfreier Primer wäre im Prinzip möglich, aber für diese wasserbasierenden Haftgründe muss bei der Verarbeitung sehr viel mehr Energie aufgewandt werden. Das enthaltene Wasser tritt nach Auftrag des Primers an die Oberfläche und muss dann großflächig wieder entfernt werden. Das erfolgt mit Heizstrahlern oder



BILD 6 Für große Behandlungsbreiten und einen hohen Durchsatz wurde die neue Inline-Plasma-Paneelanlage konzipiert



BILD 7 28 Rotationsdüsen mit einer Behandlungsbreite von je 100 mm wurden in zwei Reihen hintereinander versetzt angeordnet. Platten bis zu 3 m Breite können hiermit feinstgereinigt und aktiviert werden (alle Abbildungen: Plasmatreat)

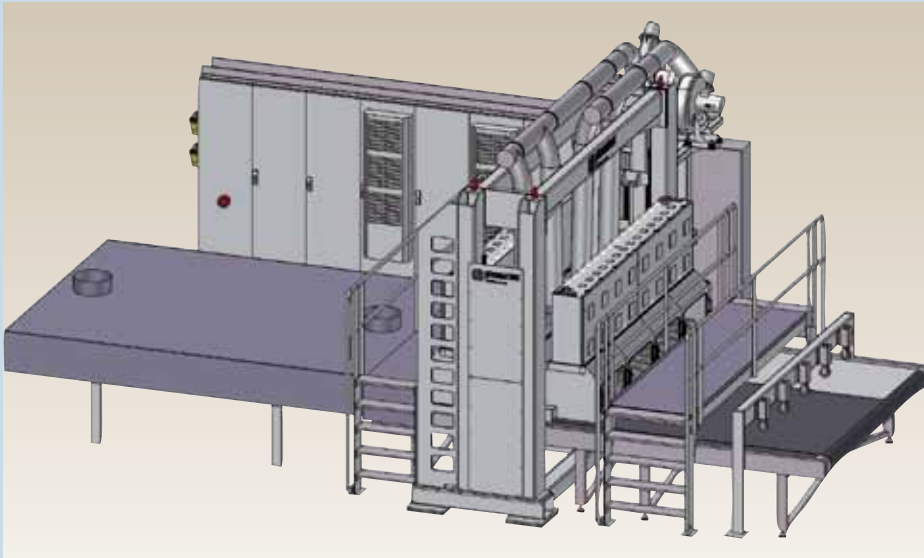
Heißluft, was eine Menge teurer Energie benötigt. Zudem entsteht eine Begrenzung des Vorschubs in der Produktionslinie, die Anlagen müssen langsamer gefahren werden.

Sämtliche vorgenannten Probleme treten beim Plasmaverfahren nicht auf. Bei dem reproduzierbaren und umweltfreundlichen Prozess wird die Oberflächenenergie durch die Plasmabehandlung nicht nur um ein Vielfaches erhöht, sie lässt sich auch genau definieren. Die Reinigung oder Aktivierung der Oberflächen verläuft immer gleichmäßig, unabhängig von der jeweiligen Temperatur des Materials. Und da die Oberflächenenergie konstant bleibt, wird eine schnellere Produktion möglich. Dabei werden die Betriebszustände des Plasmas durch eine Vielzahl in die Anlagentechnik integrierter Sensoren (Prozesskontrollfunktion) überwacht. Auch das Bedienungspersonal an der Fertigungslinie ist keiner Gesundheitsgefährdung mehr ausgesetzt.

HIGH-TECH-LÖSUNG

Die neu entwickelte Rotationsdüsenteknik ist in der Lage, erstmals Plasma-Inline-Vorbehandlungen auf einer Breite von zirka 3 m bei

BILD 8 Die drei Hauptelemente der neuen Anlage sind die Generatoren (links), das Plasma-Vorbehandlungssystem (mitte) und eine höhenverstellbare Wartungsbühne (rechts)



einer sehr hohen Bearbeitungsgeschwindigkeit von 25 m/min inline in kontinuierlichem Durchlauf vorzunehmen. Die Anlage wurde so konzipiert, dass durch die nebeneinander in zwei Reihen versetzt angeordneten 28 Plasmadüsen des Typs RD 1010 Platten in einer Breite bis zu 3 m vorbehandelt werden können. Das Gesamtsystem kann dabei vorab auf die vorzubehandelnde Höhe eingestellt werden. Die Paneele werden auf einem Förderband durch das Vorbehandlungssystem transportiert, wobei in der Plasmaanlage Höhenunterschiede von 1 mm präzise eingestellt werden können. Das System erkennt dabei automatisch, in welcher Breite Paneele vorbehandelt werden sollen und schaltet nur die entsprechenden Plasmadüsen für den aktuellen Bedarf in der Vorbehandlung frei. Servicefreundlich wurde das Gesamtsystem so ausgelegt, dass die Plasmadüsen auf eine gewünschte Wartungs-Arbeitshöhe gefahren und über zwei begehbare Brücken erreicht werden können.

FAZIT

Der weltweit erste Einsatz einer Inline-Plasmaanlage der hier beschriebenen Art und Dimension gilt gleichzeitig als Durchbruch für eine zukünftig kostengünstige Herstellung von PP-Verbundpaneelen. Neben dem hohen Durchsatz wird es in Zukunft aufgrund der großflächigen Plasmabehandlung nun auch möglich, das Kernmaterial von Paneelen mit weit günstigeren Materialien, wie recycelten Kunststoffen, zu variieren. Gerade recycelte Kunststoffe und Holz- / Kunststoff-Verbunde (WPC) besitzen überwiegend schwer zu verklebende Oberflächen, was ihre Nutzung vor allem für industrielle Prozesse mit hoher Geschwindigkeit bislang kaum möglich machte. ●

Die Autorin:

INÈS A. MELAMIES ist freie Journalistin in Bad Honnef.
