

2017

Mit Special  
Oberflächentechnik

# Kunststoff + Verarbeitung

Rohstoffe | Maschinenbau | Fertigung

KUHN

# Nanoschichten aus der Plasmadüse sichern Kunststoff-Metall-Verbunde

Der Verbund von Thermoplast-Compounds und Metall ist im Spritzgießen Stand der Technik. Jedoch gilt die Grenzfläche, an der die unterschiedlichen Materialien aufeinandertreffen, bis heute als Risikofaktor. Sie stellt ohne spezielle Abdichtung eine konstante

Angriffsfläche für das Eindringen von Wasser, Luft oder anderen Medien dar. Ein neues Verfahren verhindert dies, indem es für einen langzeitstabilen mediendichten Verbund des Spritzgussbauteils sorgt.



Autorin:  
Inès A. Melamies  
Fachjournalistin

Das vorzeitige Haftungsversagen beruht in vielen Fällen auf einer Feuchtigkeitsaufnahme in Kombination mit Sauerstoff, die eine Unterwanderung der Grenzfläche mit sich bringt. Das Eindringen von Wasser im Grenzbereich führt zur Korrosion des Metalls und damit meist zum kompletten Versagen der Funktion. Für dieses Problem eine sichere Industrielösung zu finden, war das Ziel der Systempartner Plasmatreteat und Akro-Plastik. Dem Plasmaspezialisten und dem Kunststoff-Compound-Hersteller gelang es nach zweijähriger Forschungsarbeit, ein Verfahren mit dem Namen »Plasma-SealTight« zu entwickeln, bei dem die Zusammensetzung einer im Atmosphärendruck erzeugten plasmapolymere anti-korrosiv wirkenden Schicht, die Rezeptur der Kunststoff-Compounds und die Pro-

Mit dem »Plasma-SealTight«-Verfahren lassen sich in Millisekunden funktionelle Nanoschichten ortselektiv abscheiden und in Folge stoffschlüssige Verbindungen unterschiedlicher Materialien erzeugen.  
Bilder: Plasmatreteat

zessparameter so aufeinander abgestimmt wurden, dass ein langzeitstabiler mediendichter Verbund des Spritzgussbauteils entsteht. Mittlerweile wurde nicht nur das Verfahren selbst realisiert, sondern mit dem Bau der schlüsselfertigen, vollautomatischen Plasmazelle »PTU1212« auch dessen maschinelle Umsetzung. Die Zelle kann an jede handelsübliche Spritzgussmaschine angepasst werden.

Von den chemischen Eigenschaften einer Grenzflächenschicht zwischen zwei ungleichen Materialien wird verlangt, dass sie eine simultane Verbindung zwischen den unterschiedlichen Stoffen herstellt. »Plasma-SealTight« ist ein chemisch-physikalisches Verfahren, das durch Schichtabscheidung im Atmosphärendruck-Plasma die stoffschlüssige Verbindung der verschiedenen Materialien bewirkt. Die Schicht verbindet sich auf molekularer Ebene mit dem Metall und gewährleistet im Verbund mit den angepassten Kunststoffcompounds eine so hohe Haftung und Dichtigkeit, dass sie gleichzeitig die Funktion einer Antikorrosionsschicht übernimmt. Das Verfahren ist prozesssicher und genau reproduzierbar. Der trockene, umweltfreundliche Prozess ersetzt die beim Hybrid-Spritzgießen häufig angewandten Lösungsmittelhaltigen Reinigungs- und Primerverfahren. Arbeitsschritte wie Zwischenlagerung oder Trocknungsprozesse entfallen komplett, die Bauteile können sofort nach ihrer Beschichtung weiterverarbeitet werden.

## Multifunktionale Schicht

Zur Erzeugung einer Schicht wird dem Plasma ein Präkursor in Form einer siliziumorganischen Verbindung beigemischt. Durch die hochenergetische Anregung im Plasma wird diese Verbindung fragmentiert und scheidet sich auf einer Oberfläche als nanodicke glasartige Schicht ab. Die chemische Zusammensetzung kann je nach Anwendungsfall variiert werden, um auf den unterschiedlichen Materialien die jeweils besten Funktionalisierungsergebnisse zu erzielen. Ein weiterer Vorteil des Prozesses ist seine hohe Flexibilität. Insbesondere die Schichtstärke und die Prozessgeschwindigkeit können genau abgestimmt werden. Gegenüber anderen Beschichtungstechniken liegt ein ganz besonderer Vorteil des Verfahrens darin, dass die Schichtabscheidung aufgrund der Düsenteknik ortselektiv, das heißt im Millimeterbereich und an genau definierter Stelle, erfolgen kann und das bei sehr hoher Geschwindigkeit. Während hier eine 100 Nanometer dünne Schichtdecke in Millisekunden abgeschieden wird, dauert es beispielsweise beim Niederdruckplasma (Vakuummkammer) etwa ein bis zwei Minuten, und eine Ortsselektion ist nicht möglich.

Durch die Entwicklung neuer Präkursoren und die umfangreiche Anpassung der Plasmaparameter gelang der gezielte Einbau von gleichzeitig mehreren Funktionen in einer Schicht. Zu diesen Funktionen gehören die gute Bindung an die Metallober-

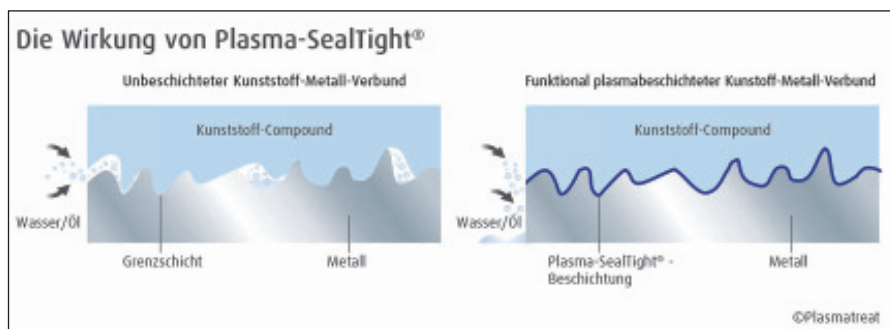
fläche, eine erhöhte Korrosionsbeständigkeit, die Wirkung als Medien- und Oxidationsbarriere sowie die haftvermittelnden Eigenschaften für Kunststoffe durch funktionelle chemische Gruppen. Während das in der Schicht enthaltene Silizium für die Haftung am Metall beziehungsweise Metalloxid sorgt, ist Siliziumoxid für die Barrierewirkung und Mediendichtigkeit verantwortlich. Die organischen Anteile in der Schicht (funktionelle Gruppen) bewirken die Haftung an das Polymer.

### Spezifische Kunststoffrezeptur

Bei der Rezeptur ihrer Kunststoffe haben die Hersteller viele vom Kunden verlangte Eigenschaften des späteren Produkts zu berücksichtigen: mechanische, elektrische, thermische und chemische, das Brandverhalten des Kunststoffs und seine allgemeinen Eigenschaften wie Dichte und Feuchtigkeitsaufnahme. Die jeweilige Modifizierung der Kunststoffmatrix erfolgt durch eine Additivierung sowie die Zugabe von Füll- und Verstärkungsstoffen. Erst diese Rezepturbestandteile machen aus dem Basis-Kunststoff einen anwendungsspezifischen Kunststoff-Compound.

Die Sicherstellung einer konstanten Produktqualität und damit der Funktion der späteren Bauteile setzt beim Hersteller eine hohe Präzision und Reproduzierbarkeit des Compoundierprozesses voraus. Akro-Plastic, auf komplexe, individuelle Anpassungen von Stoffeigenschaften spezialisiert und aufgrund einer im eigenen Hause entwickelten Compoundiertechnologie in der Lage, die vorgenannten Voraussetzungen in puncto Funktionserhaltung und Qualität unabhängig vom Produktionsstandort international zu erfüllen, stellt für das Verfahren Compounds mit gezielten Eigenschaften her. Die chemische Rezeptur muss dabei vor allem zwei Aspekte berücksichtigen, den unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten des Kunststoffs und jeweiligen Metalls auf der einen und den chemisch-physikalischen Haftverbund mit der plasmapolymere Schicht auf der anderen Seite.

Für das Basis-Compound in der Testphase konzentrierten sich die Entwickler auf einen glasfaserverstärkten Kunststoff des Typs PA6 GF30, der entsprechend dem Testverlauf modifiziert wurde. Getestet wurden bislang rund 3500 Prüfkörper mit verschiedenen Metallen und modifizierten Kunststoff-Compounds, wobei die Plasmanschicht ständig optimiert wurde, sowohl in Hinblick auf Haftung wie gleichzeitig auch auf den Schutz vor korrosiven Medien. Zum gewünschten kohäsiven Bruch des Kunststoffs kam es bei den Metallen Stahl, Edelstahl, poliertem Edelstahl und poliertem Kupfer. Die erreichten Zugscherfestigkeiten



**Dringt Wasser in die Grenzfläche des Kunststoff-Metall-Verbunds, kann es zu Korrosion, zum Versagen der Bauteilfunktion bis hin zur Delamination kommen (links). Die plasmapolymere Schicht (rechts) füllt dagegen alle Hohlräume und wirkt somit korrosionsschützend.**

lagen hier in einem hohen Bereich. Bei Aluminium und galvanisiertem Stahl erfolgte ein Mischbruch. Ein kohäsiver Bruch im Kunststoff wurde auch bei anderen Kombinationen, wie Stahl und Edelstahl, jeweils angespritzt mit den Thermoplasten PA66 GF30, PA6 GF50, PA66+PA6 GF30 und PBT GF 30 erreicht. Durchgeführte Auslagerungstests zeigten ebenfalls gute Festigkeiten. Mittlerweile konnte das gesammelte Knowhow auch auf langglasfaserverstärkte Kunststoffe übertragen werden. Im Fokus der Weiterentwicklung stehen auch Komposit-Werkstoffverbunde wie beispielsweise Organobleche.

### Mediendichtigkeit inklusive

Werden Materialien nicht stoffgebunden gefügt, so kann Wasser leicht in die Grenzfläche eindringen und sich auf der Materialoberfläche ausdehnen. Die Plasmaversiegelung verhindert diesen Effekt, indem die Schicht mikroskopisch kleine Hohlräume fein wie ein Nebel ausfüllt und sich korrosionsschützend mit der Metalloberfläche verbindet.

Ziel der bislang durchgeführten Versuche zur Mediendichtigkeit und Korrosionswiderstandsfähigkeit war zu erfahren, inwieweit die erlangte Verbundfestigkeit durch Auslagerungstests geschwächt wird. Bei den plasmabeschichteten Metallen konnte nachgewiesen werden, dass die Schicht eine Barriere gegen Wasser, Salzlösungen und Gase bildet und keine Unterwanderung durch diese Medien stattfindet. Ein Beispiel: Ein Edelstahlprüfkörper wurde zur Hälfte atmosphärisch plasmabeschichtet, komplett mit PA6 GF30 übergelassen und anschließend für mehrere Wochen in ein korrosives Medium gelegt. Nach Herausnahme wurde der Kunststoff mechanisch entfernt und das Metall geprüft. Zu erkennen war eine scharfe Trennung zwischen dem unbeschichteten, nun stark korrodierten Bereich und der plasmabeschichteten korrosionsfreien Metallfläche. Die Forschungen zur Öldichtigkeit und zu weiteren Medien sind derzeit noch im Gange, jedoch haben Vorversuche bereits gute Ergebnisse gezeigt.

Mit dem innovativen Beschichtungsprozess wurde eine zukunftsweisende Lösung zur Verbesserung von Kunststoff-Metall-Verbunden in der Spritzgussindustrie geschaffen. Die Systempartnerschaft der beiden Spezialisten bietet Anwendern ein besonders hohes Maß an Sicherheit bei der Erfüllung individueller Kundenanforderungen. Eine höhere Produktqualität kann gemäß Angaben der Hersteller durch das neue Verfahren ebenso gewährleistet werden wie ein sicherer, reproduzierbarer und wirtschaftlich effizienter Produktionsprozess – und dies bei völliger Verträglichkeit mit der Umwelt.

■ Info zu den Unternehmen im Beitrag:  
Plasmareat GmbH  
33803 Steinhagen  
[www.plasmareat.de](http://www.plasmareat.de)

AKRO-PLASTIC GmbH  
56651 Niederzissen  
[www.akro-plastic.com](http://www.akro-plastic.com)



**Mit »Plasma-SealTight« gefügtes Hybridteil aus Edelstahl und PA GF30: Die unterschiedlichen Längenausdehnungskoeffizienten der gegensätzlichen Materialien müssen bei der Kunststoffrezeptur berücksichtigt werden.**