Plasmapolymerisation unter Normaldruck – erster Einsatz im Industrieprozess

Steigende Anforderungen an die Korrosionsbeständigkeit von metallenen Bauteilen verlangen innovative Lösungen. Ein Global Player der Automobilzulieferbranche stand vor der Herausforderung, einen höheren Korrosionsschutz für ein Aluminiumbauteil nachträglich in die Fertigungslinie zu integrieren. Der Einsatz einer atmosphärischen Plasmabeschichtung machte dies möglich.

Sei es zum Korrosionsschutz, als Haftvermittler oder zur leichteren Reinigung einer Oberfläche – die von Plasmatreat, Steinhagen in Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM, Bremen, entwickelte Plasmatechnik PlasmaPlus bietet eine Fülle unterschiedlich funktionalisierter Schichten zum selektiven Beschichten. Basis des neuen Verfahrens ist die vom Unternehmen bereits 1995 patentierte und heute weltweit eingesetzte atmosphärische Plasmatechnologie Openair.

Plasmabeschichtung unter Atmosphäre

Bei der Plasmapolymerisation handelte es sich noch bis vor kurzem um einen Prozess, der ausschließlich im Vakuum realisiert werden konnte. In enger Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IFAM entwickelte und patentierte Plasmatreat eine Technologie, welche die nanofeine Beschichtung von Materialoberflächen erstmals unter Atmosphäre ermöglicht (Abb. 1). Bereits vor über drei Jahren gelang es dem Hersteller als erstem Unternehmen, die Technik der Plasmapolymerisation unter Normaldruck zum industriellen Einsatz zu bringen. Dr. Alexander Knospe – Leiter Forschung & Entwicklung bei Plasmatreat – zu dem Verfahren: 'Der Prozess ist wirtschaftlich sehr effizient, da er im Gegensatz zum Niederdruckverfahren

Abb. 1: Lange nur in der Vakuumkammer möglich: Die Atmosphärendruck Plasmatechnik PlasmaPlus beschichtet Aluminiumbauteile serienmäßig inline unter normalen Luftbedingungen.
Bild: Plasmatreat

ohne eine Unterdruckkammer auskommt. Zur Erzeugung einer Schicht wird dem hier eingesetzten atmosphärischen Plasma eine siliziumorganische Verbindung beigemischt. Durch die hochenergetische Anregung im Plasma wird diese Verbindung fragmentiert und scheidet sich auf einer Oberfläche als glasartige Schicht ab (Abb. 2). Die

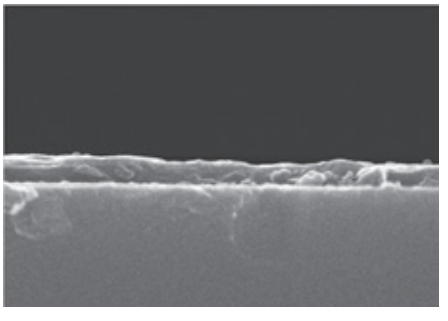

Abb. 2: Das Bild zeigt den Querschnitt durch eine ca. 100 nm dicke Openair-PlasmaPlus-Schicht (REM 50000-fache Vergrößerung)
Bild: Saint-Gobain

chemische Zusammensetzung kann je nach Anwendungsfall variiert werden, um auf den unterschiedlichen Materialien die jeweils besten Resultate zu erzielen.'

Korrosionsschutz von Aluminium

Knospe beschreibt die Vorteile des Verfahrens, welches den Namen PlasmaPlus trägt, beim Einsatz auf Aluminium: 'Die großen Vorteile gegenüber anderen Beschichtungstechniken liegen bei dieser Plasmatechnologie neben dem Inline-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 (Abb. 3).' Über das Plasma trägt das Düsensystem den Korrosionsschutz berührungslos auf die Aluminiumoberfläche auf. Da das Openair-PlasmaPlus Verfahren unter normalen Luftbedingungen arbeitet, erfordert es kein Vakuum zur Schichtabscheidung.
Dr. Alfred Baalmann, Mitarbeiter der Abteilung Plasmatechnologie beim Fraunhofer IFAM, hat die Entwicklung des Verfahrens auf Institutseite maßgeblich begleitet. Er kommentiert: 'Ein besonderer Vorteil des Prozesses ist seine hohe Flexibilität. Insbesondere die Schichtstärke und die Prozessgeschwindigkeit können bedarfsgerecht auf die notwendige Korrosionschutzwirkung abgestimmt werden.'
Die typischen Prozessgeschwindigkeiten variieren von 5 m/min bis 30 m/min. Das Bauteil kann sofort nach der Applikation weiter verarbeitet werden. Die Beschichtung bietet für Kleb- und Dichtstoffe einen haftfesten, stabilen Untergrund, einen hohen Korrosions-

schutz und ist zudem sehr umweltfreundlich, eine Entsorgung oder Aufbereitung von Chemikalien entfällt.

Einsatz in der Serienfertigung

Bei TRW Automotive wird seit Beginn 2007 die PlasmaPlusTechnik bei Motorpumpengehäusen (Abb. 4) zur Lenkunterstützung industriell eingesetzt. Die vom Hersteller in Kooperation mit Plasmatreat und dem Fraunhofer IFAM entwickelte Anwendung wird bei dem Automobilzulieferer zur Vermeidung von Korrosion bei diesem sicherheitsrelevanten Bauteil eingesetzt, wobei die Klebenähte metallischer Bauteiloberflächen im Atmosphärendruck selektiv inline beschichtet werden.

Die Beschichtung gewährleistet einen höchstmöglichen Schutz vor eindringender Feuchte. Schon mikroskopisch kleine Leckagen infolge von Korrosion können zum Kurzschluss führen und zum Ausfall der Lenkunterstuetzung. Gegenüber dem ursprünglichen Verfahren, bei dem nach dem Verkleben ein fluorpolymerbasiertes Korrosionsschutzmittel manuell von außen auf die Klebenaht aufgesprüht wurde, konnte mit der plasmapolymeren Schicht eine wesentlich bessere Dichtigkeit erreicht werden. Bei der Auslagerung wurde die Dauer bis zum 'Durchbruch' (Auftreten erster Korrosionserscheinungen im Gehäuseinneren) um ca. 50 % auf über 750 Stunden gesteigert (Abb. 5).

Der Beschichtung mit Atmosphärendruck-Plasma kommt hier eine Schlüsselrolle zu.

Nachträgliche Integration in Prozesskette

Sofern bei Neuentwicklungen alle Qualitätsanforderungen bekannt sind, ist eine Umsetzung mittels entsprechender Einflussparameter, wie z. B. Design, Prozesskettenplanung, Korrosionsschutzmaßnahmen etc., mit technisch gängigen Lösungen realisierbar. Ungleich schwieriger sind nachträglich auftretende Kundenanforderungen bei bereits bestehenden Projekten, mit existierenden globalen Prozessketten.

Abb. 3: Die mikroskopische Aufnahme zeigt: Der mit der PlasmaPlus Schicht geschützte Bereich zeigt auch nach Einwirkung von 96h Salzsprühtest keine Anzeichen von Korrosion.
Bild: Plasmatreat

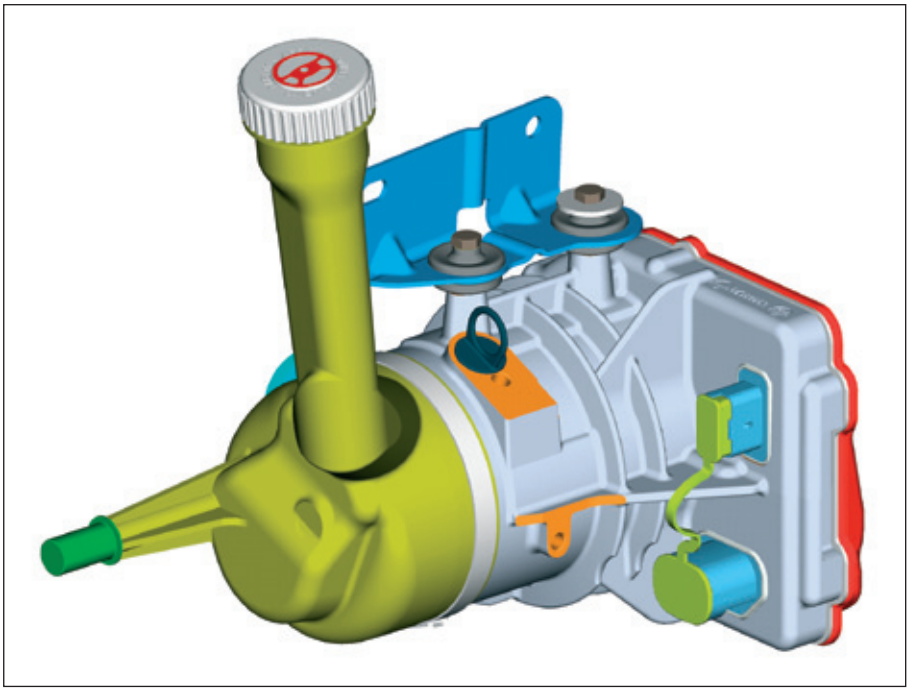

Abb. 4: Das Motorpumpenaggregat liegt in einem Aluminium-Druckgussgehäuse. Plasmareinigung und -beschichtung bewirken die leckagefreie Haftung des Klebstoffs.
Bild: TRW Automotive

Technisch gängige Lösungen sind in solchen Fällen häufig nicht mehr bzw. nur durch massive Änderungen, in Verbindung mit hohen Investitionskosten, integrierbar. Darüber hinaus sind Änderungen von Produktionsprozessen inklusive Umbaumaßnahmen mit Stillstandszeiten der Produktion verbunden. Durch neue Anforderungen eines Kunden und namhaften Automobilherstellers stellte sich TRW im Jahr 2006 einer solchen Herausforderung. Die Möglichkeiten, ein aktuelles TRW Generation C Motor Pumpen Aggregat mit Aluminium Druckguss Gehäuse gegen Umwelteinflüsse beständiger zu gestalten, beschränkte sich auf die Optionen: Verbesserung des Werkstoffs, Eloxieren, Passivieren, Niederdruck- sowie Atmosphärendruck Plasma-Beschichten.

Bei der Werkstoffverbesserung, d. h. einem Eingriff in die Aluminiumwerkstoffqualität, ist eine massive Veränderung, da typischerweise auch andere Effekte einhergehen, wie z. B. eine Abnahme der Zugfestigkeit. Dies hätte eine vollständig neue Produktvalidierung mit sehr hohem Aufwand und Kosten zur Folge.

Oberflächenbearbeitung

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

Abb. 5: Dichtigkeitsüberprüfung nach Salzsprühtest (SWAAT-Test): Grün: Gehäuse zeigt keine Leckagen, rot: Gehäuse ist undicht (Korrosion auf dem Flansch mit Durchbruch nach innen)
Tabelle: Plasmatreat

Ähnlich verhält es sich beim Eloxieren. Die prinzipbedingte Schichtbildung an der Oberfläche führt zu nennenswerten Aufmaßen und damit zu einer Beeinflussung des Passungs-Systems. Die Lamellenstruktur birgt darüber hinaus auch Risiken im Hinblick auf Kontamination des Hydraulischen Lenksystems, sowie kritische Reibwertänderungen an hoch belasteten Schraubverbindungen. Auch Eloxieren würde daher eine umfangreiche Produktvalidierung erforderlich machen.

Passivieren ist ein guter Korrosionsschutz und bietet den Vorteil, keine nennenswerte Schichtdicke zu bilden. Allerdings war bei TRW Automotive die Temperaturbeständigkeit für Anwendungen und interne Produktionsprozesse nicht ausreichend und damit auch nicht anwendbar.

Die Möglichkeit der Niederdruck Plasma Beschichtung setzt die Bereitschaft voraus, in entsprechende Enklaven zu investieren. Bei großem Kapazitätsbedarf und je nach Bauteilgeometrie sind die Investitionskosten entsprechend umfassend.

Allen drei bisher betrachteten Möglichkeiten ist eines gemeinsam: Sie sind sehr kostenaufwendig und müssten so in die Prozesskette integriert werden, dass die Qualität in der Verantwortung globaler Lieferanten liegen würde. Eine spätere Qualitätskontrolle an fertigen Komponenten im Lieferzustand ist extrem aufwendig und reduziert die Prozesssicherheit dadurch erheblich.

'Die Atmosphärendruck PlasmaPlus Beschichtung bietet dagegen entscheidende Vorteile', vergleicht Bertram Schwanitz, Entwicklungsingenieur und Technical Project Manager im TRW Automotive Tech Center in Düsseldorf. 'Eine Integration in die TRW Endmontage war mit geringem Aufwand und ohne Produktionsstörungen möglich. Gleichzeitig bot das Verfahren eine ideale Gelegenheit zur Einbindung in TRW eigene Qualitätssicherungsprozesse.' Durch die Möglichkeit lokal Plasmaschichten aufzutragen, bleiben kritische Bereiche unbeeinflusst (Abb. 6). Neue Validierungen sind nicht erforderlich. Auch sind laut Schwanitz die Investitions- und Unterhaltskosten niedrig. Der geringe Platzbedarf und Wartungsaufwand sowie niedrige Taktzeiten waren weitere Kriterien für die Integration des Plasmatreat Verfahrens bei TRW. Schwanitz: 'Der Einsatz dieser Beschichtungstechnologie bei Aluminium Druckgussgehäusen hat bei TRW Automotive neue Qualitätsmaßstäbe geschaffen.'

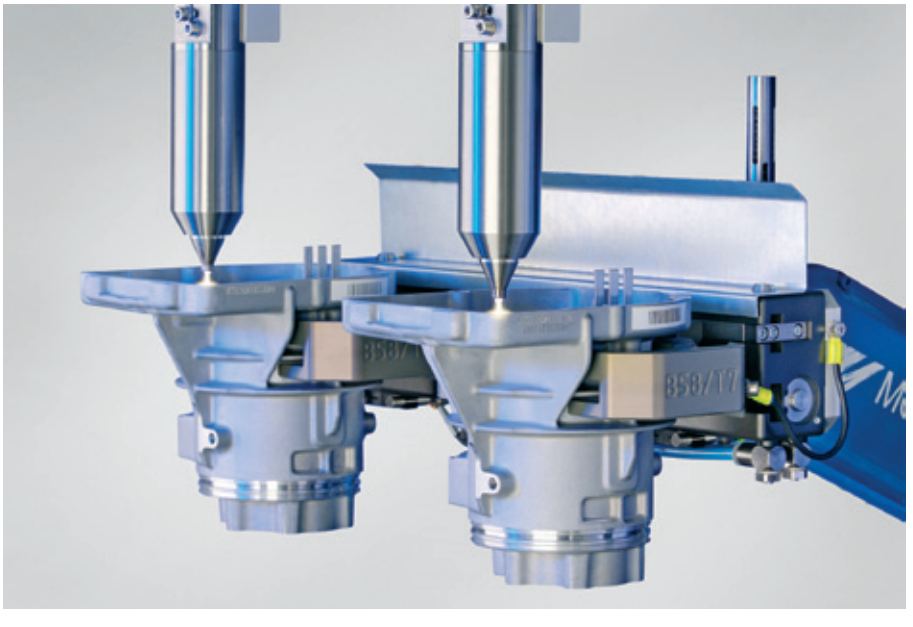

Abb. 6: Vor der Plasmabeschichtung werden die Klebenähte der Motorpumpengehäuse zunächst mit Openair-Plasma ortsselektiv vorgereinigt und aktiviert.
Bild: Plasmatreat

Autorin:
Inès A. Melamies
Unternehmensberatung
Blue Rondo International e.K.
53586 Bad Honnef · Tel.: 02224 989 7588
E-Mail: im@bluerondo.de
www.bluerondo.de

Kontakt:
- Dr. Alexander Knospe
  Plasmatreat GmbH
  33803 Steinhagen · Tel.: 05204 9960-0
  E-Mail: mail@plasmatreat.de
  www.plasmatreat.de
- Dipl.-Ing. Bertram Schwanitz
  TRW Automotive GmbH
  Tech Center Düsseldorf
  Tel.: 0211 584-0 · www.trw.de
- Dr. Alfred Baalmann
  Fraunhofer IFAM, Bremen
  Tel.: 0421 2246-0
  E-Mail: info@ifam.fraunhofer.de
  www.ifam.fraunhofer.de