

Umweltfreundlich und prozesssicher

Plasma für die Luft- und Raumfahrtindustrie

Für den erforderlichen Korrosionsschutz und die langzeitstabile Haftung der Schutzlackierung auf der Oberfläche von Flugzeugen gibt es eine umweltfreundliche und prozesssichere Methode. Flugzeugbauer testen derzeit den Einsatz von Atmosphärendruckplasma.

Die leuchtenden Hochglanzlackierungen und -beschichtungen von Passagierflugzeugen dienen nicht nur der Optik. Ihr wahrer Zweck ist der Schutz der starken Aluminiumstruktur vor den rauen Umweltbedingungen, denen das Flugzeug über viele Dienstjahre ausgesetzt sein wird. Der Lack muss das Flugzeug vor Korrosion sowie gegen Erosion durch Regen, Hagel und Schmutz auf Landebahnen schützen. Der Trend zur Verwendung moderner Verbundwerkstoffe in Flugzeugen stellt zahlreiche neue Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung und Beschichtung.

Die Vorbehandlung von Aluminium ist generell der erste Schritt eines bis heute mehrstufigen Beschichtungsprozesses, bestehend aus Säureätzungen, Konversionsbeschichtungen, Primern und Decklacken. Diese Prozesse sind üblich und werden durch Hunderte von Prozessspezifikationen geregelt. Der erste Schritt umfasst häufig das Waschen mit Lösungsmitteln, das Strahlen mit unterschiedlichen Medien (Media Blasting) oder das manuelle Schleifen. Doch der Druck, Lösemittel, toxische Materialien und die Schwankungen manueller Arbeiten in der Produktion zu vermeiden oder zu minimieren, wächst ständig. Eine umweltfreundliche Alternative ist der Einsatz von Atmosphärendruckplasma; ein Verfahren, das sowohl für großflächige Flugzeugbauteile als auch für die präzise Behandlung kleiner Bereiche geeignet ist.

Reinigung und Aktivierung

Die vom Anlagenbauer Plasmateat, Steinhagen, entwickelte Plasmatechno-



Korrosionsschutz und Lackhaftung: Eine Plasmabehandlung ist sowohl für großflächige Flugzeugbauteile als auch für die präzise Behandlung kleiner Bereiche geeignet.

logie Openair ist ein Prozess, der darauf abzielt, die vorgenannten Probleme zu beseitigen. Die Technik – ein robustes Hochdurchsatzverfahren – wirkt auf dreifache Weise: Das atmosphärische Plasma aktiviert die Oberfläche in hohem Maße durch selektive Oxidationsprozesse, beseitigt statische Ladungen und bewirkt ihre mikrofeine Reinigung. Damit schafft sie die Voraussetzung für die optimale Haftung von Lacken und Beschichtungen. Das System kann in bestehende Fertigungslinien implementiert werden und gilt als uneingeschränkt robotertauglich.

Zudem ist das Verfahren wirtschaftlich im Betrieb und umweltfreundlich, da die Düsen einzig mit Luft und Strom betrieben werden. Es

produziert keine toxischen Emissionen oder Abfallstoffe und kann die Verwendung von Lösungsmitteln stark minimieren beziehungsweise komplett überflüssig machen.

Als besonderes Merkmal ist der austretende Plasmastrahl elektrisch neutral, wodurch sich die Anwendbarkeit bedeutend erweitert und vereinfacht. Seine Intensität ist so hoch, dass beim Einsatz feststehender Einzeldüsen Bearbeitungsgeschwindigkeiten von mehreren 100 m/min erreicht werden können. Der Plasmastrahl wird am Düsenaustritt erzeugt, dabei fokussiert er und gibt seine Energie beim Kontakt an die Oberfläche ab.

Ein einzelner Plasmastrahl kann, abhängig von der Leistung der Plas-



Rotationsdüse zur großflächigen Reinigung und Aktivierung. Der Plasmastrahl trifft mit hoher Geschwindigkeit auf die zu behandelnde Kunststoffoberfläche, deren Erwärmung dabei weniger als 30°C beträgt.

madüse, bis zu 50 mm lang sein und eine Behandlungsbreite von 25 mm erzielen. Die Plasmaquelle wird je nach erforderlicher Behandlungsleistung im Abstand von 10 bis 40 mm mit einer Geschwindigkeit von 6 bis 600 m/min relativ zur Oberfläche des Behandlungsmaterials bewegt. Durch den Ein-

satz von rotativen Plasmadüsen kann sogar eine Wirkbreite bis 130 mm pro Düse, bei Behandlungsgeschwindigkeiten bis 40 m/min, erreicht werden.

Zur Vorbehandlung größerer Flächen stehen neben den Einzeldüsen auch ganze Rotationssysteme zur Verfügung. Sie beinhalten je nach Anwendung mehrere Plasmaerzeuger, die mit sehr hoher Drehzahl rotieren. Je nach Durchmesser und Anordnung der Plasmadüsen können in einem Durchlauf bis zu 3000 mm breite Flächen behandelt werden.

Die Kunststoffoberflächen in Verbundwerkstoffen sind häufig chemisch inert, da ihre langen Polymerketten einen niedrigen Oberflächendruck aufweisen und keine oder nur wenige funktionelle Gruppen besitzen. Infolgedessen können sie nur schwer Lacke oder Beschichtungen haftend binden. Die Ionen und freien Elektronen im Plasmastrahl bewirken die Anbindung von Stickstoff und Sauerstoff an die Oberfläche des Polymers, so dass sich funktionelle Gruppen wie -OH und -NH bilden.

„Die Erwärmung der Kunststoffoberflächen während der Behand-



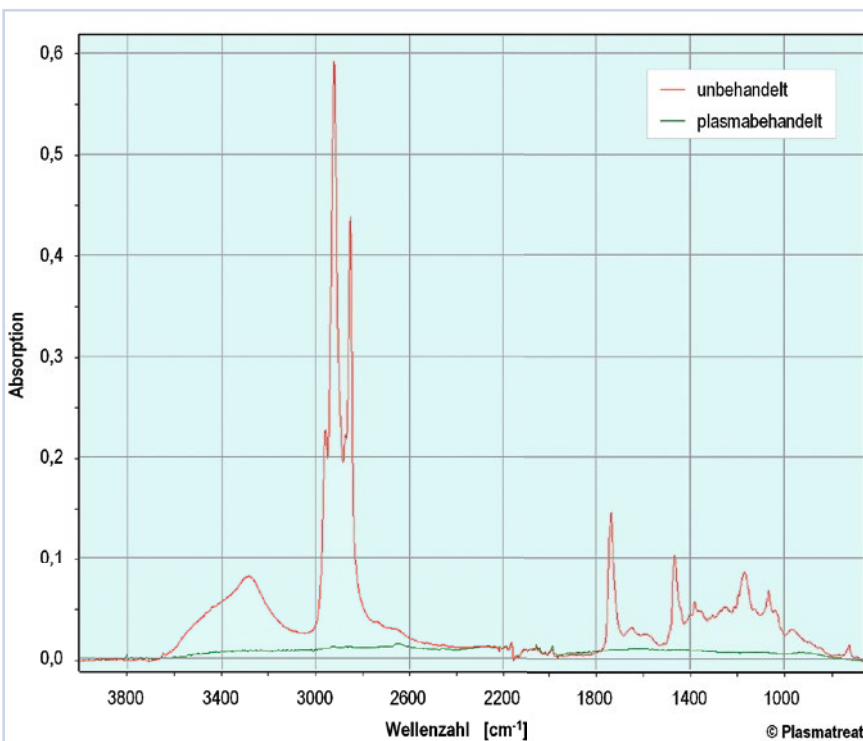
Die grundlegenden Parameter bei der Plasma-Vorbehandlung sind der Abstand der Düse zur Oberfläche sowie die Geschwindigkeit der Bestrahlung

lung beträgt in diesem Fall nur $\Delta T < 30^\circ\text{C}$. Die Oberfläche wird durch das Plasma nicht nur feinstgereinigt, sondern gleichzeitig stark aktiviert, was die Adhäsion von Lackierungen und Beschichtungen deutlich verbessert“, erklärt Plasmatreat-Geschäftsführer Christian Buske. Der Prozess kann besonders wirksam auf Oberflächen von Metallen, Kunststoffen, Keramik und Glas angewandt werden.

Anwendungsmöglichkeiten

Zur Erhöhung des Korrosionsschutzes und für eine langzeitstabile Lackhaftung werden heute in verschiedenen Industriezweigen Aluminiumbleche und Komposite mit Atmosphärendruckplasma mikrofein vorgereinigt und ihre Oberflächen aktiviert. Nachdem sich das Openair-Plasmaverfahren bereits seit Jahren in den unterschiedlichsten Anwendungen bewährt hat, wird es nun auch intensiv in Hinblick auf die Oberflächenbehandlung von Aluminium und Kompositen bei Flugzeugkonstruktionen in Bezug auf deren spätere Lackierung und Beschichtung getestet.

Die grundlegenden Parameter bei der Vorbehandlung sind der Abstand der Düse zur Oberfläche sowie die Geschwindigkeit der Bestrahlung. Damit kann das Plasmasystem roboter-gesteuert einen reproduzierbaren Reinigungs- und Aktivierungsprozess



Infrarot-Spektroskopiemessung. Im Rahmen der Feinstreinigung von Metalloberflächen entfernt das Plasma alle Unreinheiten und organischen Verunreinigungen wie Fette und Öle sowie an der Grenzfläche haftendes Wasser.



Bilder: Plasmatrete

Feindüse für kleine Flächen: Das AD-Plasma arbeitet berührungslos und erzielt auch an den korrosionsanfälligen kleinen Flächen eine zuverlässige Beschichtungshaftung.

sicherstellen. Die Schwankungen und Kosten, die beispielsweise durch das Schleifen von Hand oder durch Media Blasting entstehen, könnten also vermieden werden. Die Technologie ist sowohl für die Schnellbehandlung von großflächigen Teilen wie Flugzeugflügeln oder Rumpfbaugruppen als auch für die präzise Behandlung kleiner Bereiche geeignet. Komplexe Geometrien können einfach eingebunden werden.

Da das System unter normalen Luftbedingungen betrieben wird, besteht keine Anforderung an große Vakuumkammern und Pumpsysteme, wie es für Prozesse im Niederdruckplasma erforderlich wäre. Aufgrund seiner Potenzialfreiheit eignet sich diese Plasmabehandlung ideal für die Oberflächen gemischter Materialien. Sowohl Kohlenstoffkomposite wie auch Metalle können behandelt werden, ohne dass elektrische Lichtbögen auftreten, wie es häufig bei Koronabehandlungsverfahren der Fall ist.

Reinigung von Aluminium vor der Beschichtung

Häufig werden Antikorrosionsprimer auf die Innenflächen von Flug-

zeugrümpfen, auf Flügelkonstruktionen mit Versteifungen und auf Befestigungsteile aufgebracht. Ebenso auf versenkt genietete Bleche. Diese Bereiche sind häufig schwer zu reinigen und vorzubehandeln. Im Rahmen der Feinstreinigung von Metalloberflächen entfernt das Plasma alle Unreinheiten und organischen Verunreinigungen wie Fette und Öle sowie an der Grenzfläche haftendes Wasser.

Die Kanten der Nieten sind anfällig für Beschädigungen und sie bilden den besten Angriffspunkt für Korrosion. Da das Plasma berührungslos diese sehr kleinen Bereiche erreicht, kann an diesen korrosionsanfälligen Flächen eine zuverlässige Beschichtungshaftung erzielt werden.

Entfernen von Formtrennmitteln

Moderne Langstreckenflugzeuge werden heute aus ganz neuartigen Materialien wie auch aus Kombinationen unterschiedlicher Materialien, den Kompositen, gebaut. Hierbei handelt es sich um Schichtmaterialien, die gewöhnlich aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) in Gießformen hergestellt und bei relativ hohen Temperaturen gehärtet werden. Aufgrund ihres geringeren Gewichts sowie ihrer besseren Resistenz gegen Materialermüdung und Korrosion ist in der Luft- und Raumfahrtindustrie eine wachsende Nutzung von hoch entwickelten Verbundwerkstoffen festzustellen. Angefangen von Fiberglass-Kompositen in Sekundärstrukturen, wie Verkleidungen und Abdeckungen, werden nun Kohlenstofffaserkomposite in Primärkonstruktionen, wie Flügeln, Steuerflächen und Flugzeugrümpfen, eingesetzt.

Diese gegossenen Formteile sind mit Formtrennmitteln verunreinigt, die häufig Silikone enthalten. Für eine zuverlässige Bindung, Beschichtung oder Lackierung müssen diese Verunreinigungen vollständig entfernt werden. Gegenwärtig umfassen Oberflächenvorbereitungsmethoden das Abwischen mit Lösungsmitteln und das Schleifen per Hand. Neben ihrer Unbeständigkeit und schlechten Überprüfbarkeit sind diese Methoden langsam und teuer. Mit atmosphärischem Plasma können Formtrennmittel nach

den entsprechenden Prozessen effektiv entfernt werden. Nur nach einer vollständigen Entfernung der Verunreinigungen kann garantiert werden, dass anschließende Lackierungen oder Verklebungen von höchster Qualität sind. Zusätzlich zur porentiefen Reinigung, interagieren die reaktiven Elemente des Plasmas mit dem Verbundwerkstoff und aktivieren diesen, so dass er die echte chemische Bindung mit dem Lack oder Beschichtungssystem eingeht. Dieser Mechanismus ist der Hauptgrund für die verbesserte Haftung.

Innenflächen im Flugzeug

Aber nicht alle Flugzeugteile werden zur Fertigstellung mit Lackierungen oder Flüssigbeschichtungen versehen. Viele innen liegende Oberflächen bestehen aus einer leicht zu reinigenden Kunststoffolie, die auf die Innenseite der Komposite laminiert wurde. Trennwände, Gepäckstauflächen, Wände und auch Decken werden häufig mithilfe dieser Methode verkleidet. Hier kann die Openair-Technik zur Haftungsverbesserung der Laminierungen eingesetzt werden.

Zusammenfassung

Entscheidende Vorteile bei der Verwendung dieses Plasmaverfahrens sind seine hohe Sicherheit und Reproduzierbarkeit im Produktionsprozess. Damit können die besonders strengen Anforderungen der Flugzeughersteller erfüllt werden. Darüber hinaus profitiert der Anwender von der einfachen Integration in bestehende Fertigungslinien sowie einer hohen wirtschaftlichen Effizienz und Umweltfreundlichkeit gegenüber konventionellen Methoden.

Inès A. Melamies

Wally Hansen

Market Manager Aerospace, Plasmatrete, USA

Kontakt:

Plasmatrete GmbH, Steinhagen,
Tel. 05204 9960-0,
mail@plasmatrete.de, www.plasmatrete.de