

JOT

Journal für
Oberflächentechnik

Plasma-Coating-Technologie

Holz unsichtbar mit intelligenten Zusatzfunktionen ausrüsten

Automatisierte Prozesse

Laserauftragschweißen mit künstlicher Intelligenz upgraden

Neues Lackierkabinendesign

Skalierbares Konzept steigert Nachhaltigkeit und Effizienz

Kontaktlos und zerstörungsfrei

**Messverfahren
optimal gestalten**



Verbindungselemente sicher schützen

Die Kombination automatisierter Inline-Strahl- und Versiegelungsprozesse bietet eine umweltfreundliche Alternative zu herkömmlichen Schleif- und Lackierprozessen von Verbindungselementen im Flugzeug. Die Produktsicherheit wird erhöht und Emissionen, wie Lösungsmittel oder Stäube in der Fertigung werden reduziert.

Sergey Stepanov, Jörg Ihde, Ralf Tank, Sebastian Stanke

Der zunehmende Einsatz von Faser-Verbund-Kunststoffen (FVK) in Metall-Mischbauweisen in Flugzeugen, Schienenfahrzeugen oder Windkraftanlagen führt zu neuen Anforderungen an den Korrosionsschutz der eingesetzten Bauteile, hauptsächlich der Verbindungselemente. Besonders betroffen sind dabei Bereiche, die durch Kondenswasser und andere Medien stark belastet sind. Bei unzureichender Isolation kommt es vor, dass die Verbindungselemente eine Art Kurzschluss zwischen den Kohlenstofffasern und dem

Metallbauteil herstellen, wodurch insbesondere Aluminium lokal korrosiv geschädigt wird. Dies führt im schlimmsten Fall zu strukturellen Schäden, die in entsprechenden Zeiträumen sicherheitsrelevante Ausmaße annehmen können. Aus diesem Grund müssen alle betroffenen Verbindungselemente zur Versiegelung mit einem Lack überzogen werden.

Dies erfolgt aktuell in einem komplett manuellen Prozess, bei dem das Verbindungselement zunächst mit einem lösemittelgetränkten Tuch, dann mit einer

Metallbürste oder einem Schleifpad gereinigt und anschließend nochmal mit einem neuen lösemittelgetränkten Tuch abgewischt wird. Im letzten Schritt folgt die Applikation des Schutzlacks mit einem Pinsel, wobei die Lackdicken und die Blasenfreiheit der Beschichtung äußerst schwer zu kontrollieren sind und oft sehr inhomogen ausfallen.

Diese Prozesse sind mit typischerweise bis zu mehr als 20s pro Verbindungselement sehr zeitaufwändig, stellen eine ergonomische und gesundheitliche Belastung der Mitarbeiter dar (Lösungsmittel, Stäube) und unterliegen mit individueller, manueller Durchführung starken Prozess- und Qualitätsschwankungen.

Umweltfreundliches Verfahren

Im Rahmen des Forschungsverbundprojekts „InBeKoVer“ wurde ein alternativer Lösungsansatz zur lokalen Vorbehandlung und Versiegelung von Verbindungselementen für den Alterungsschutz von FVK-Metallstrukturen und sicherheitsrelevanten Kontakten im Flugzeugbau erforscht. Durch die erfolgreiche Kombination von inline-tauglichen, robusten Strahl- und Versiegelungsprozessen können herkömmliche manuelle Schleif- und Lackierprozesse ersetzt werden. Damit lassen sich Lösemittelemissionen (VOC), die Freisetzung von zum Teil gesundheitsgefährdenden Schleifstäuben sowie

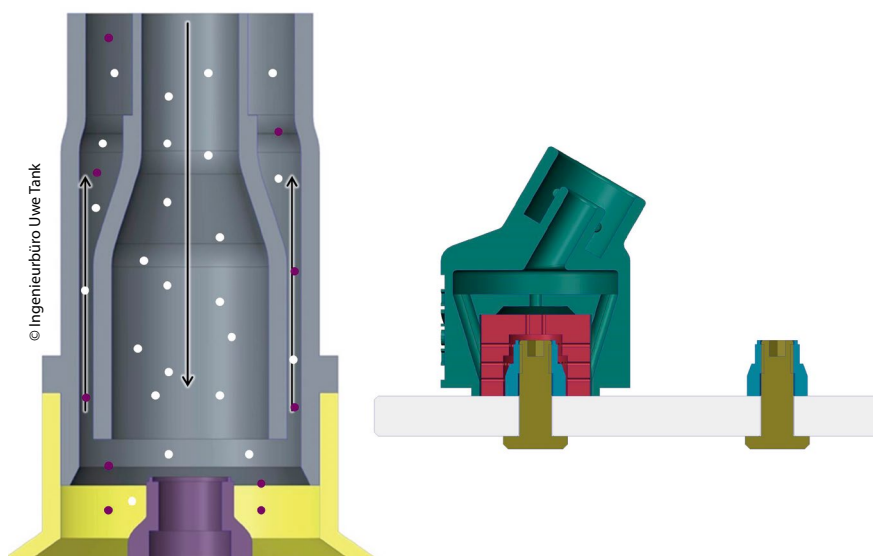


Bild 1 > Aufbau von Strahl- (links) und Versiegelungsdüse (rechts).

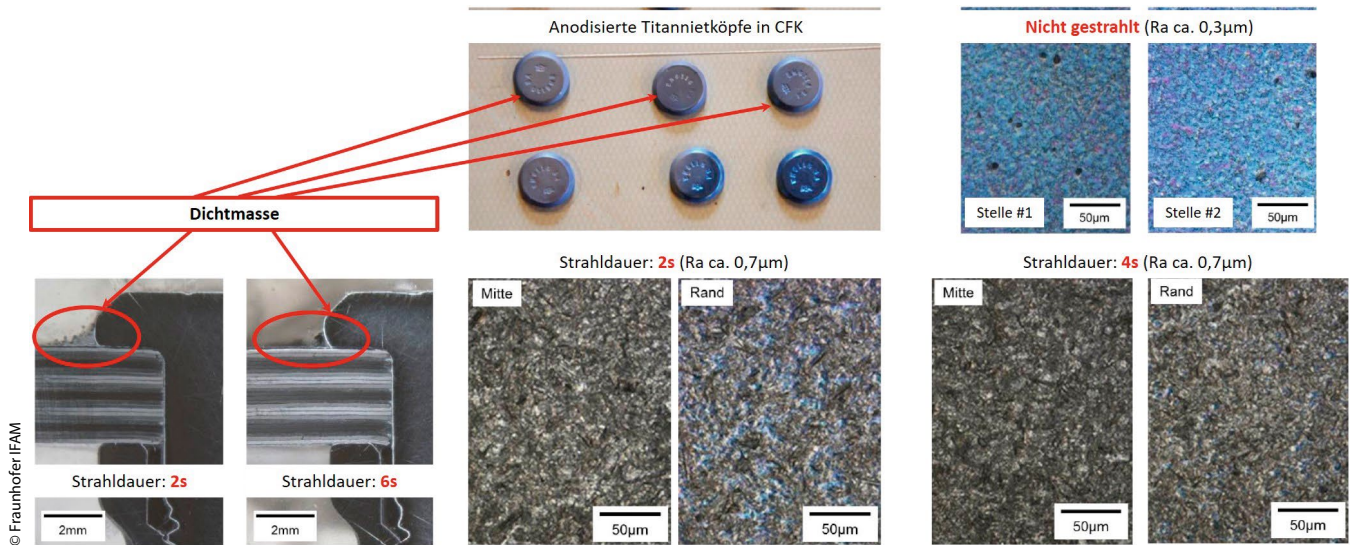


Bild 2 > Strahlergebnisse an anodisierten Titan-Nietköpfen in CFK-Platte.

die aufwändige Entsorgung von umweltgefährdenden Abfällen erheblich reduzieren oder sogar vermeiden. Das Verfahren leistet einen wesentlichen Beitrag zur hochwertigen, automatisierten und umweltfreundlichen Fertigung und Reparatur von hybriden Bauteilen in verschiedenen Industriebranchen.

Ziel des Forschungsprojekts war ein einfaches, robustes und umweltfreundliches Verfahren, mit dem Nietköpfe vorbehandelt und versiegelt werden können. Diese Kriterien erfüllt das Vakuumsaugstrahlen, das in einem geschlossenen System erfolgt. Dadurch entstehen im Gegensatz zum ursprünglichen Schleifprozess keine Emissionen. Es wird kein Lösemittel benötigt und das Strahlmittel sowie der Materialabtrag werden aufgefangen. Das Strahlmittel kann direkt in das Saugrohr hindiosiert und von der Saugeneinheit über die Düse beschleunigt werden (*Bild 1*, links).

Das Versiegelungssystem besteht aus verschiedenen pneumatischen Komponenten, die einen Über- und Unterdruck in der Versiegelungsdüse erzeugen. Durch die entsprechenden Einstellungen und die gelaserten Einsätze in der Düse (*Bild 1*, rechts) wird genau die richtige Menge an Versiegelungslack aufgetragen. Je nach Anwendungsfall können sowohl die Strahldüsen als auch die Versiegelungsdüse auf den jeweiligen Nietkopf oder die Umgebungsbedingungen (zum Beispiel in schwerzugänglichen Bereichen im Flugzeugbau) angepasst werden. Dabei spielt es keine Rolle für das Strahlergebnis, wenn einzelne Parameter leicht abweichen. Für

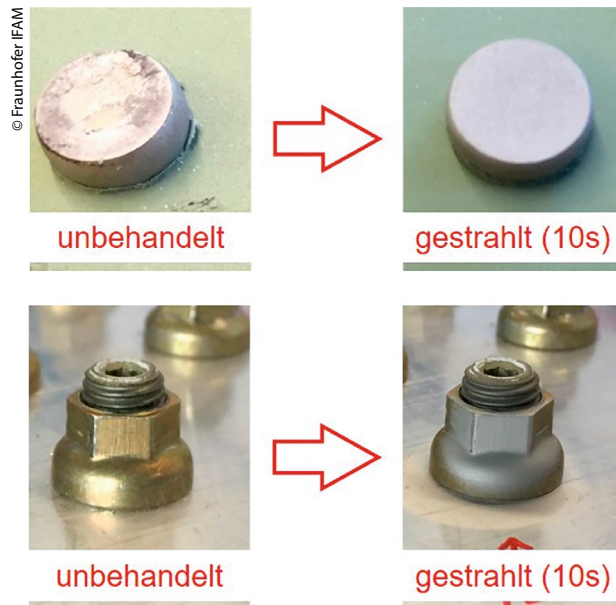


Bild 3 > Strahlergebnisse an Verbindungselementen verschiedener Materialien, Geometrien und GröÙe.

eine automatisierte Produktion kann das Vorbehandeln und Versiegeln auch über einen Roboter erfolgen.

Gutes Vorbehandlungsergebnis

Die konzipierten Strahlköpfe wurden zur Vorbehandlung von verschiedenen anwendungsrelevanten Geometrien der Verbindungselemente erfolgreich erprobt. So zeigt *Bild 2* den erzielbaren Vorbehandlungseffekt an Titan-Nietköpfen in einer FVK-Platte. Bereits ab einer Behandlungsdauer von 2s kann ein deutlicher Materialabtrag sowohl im mittleren als auch im Randbereich erkannt werden. Ab einer Strahldauer von 4s wird

die Oberfläche gleichmäßig aufgeraut, es liegen keine relevanten Strahlmittelreste mehr vor. Neben dem Materialabtrag (Reinigungseffekt) zeigen die Untersuchungen mittels Laserscanning-Konfokalmikroskopie (LSCM) die Aufrauung der Nietkopfoberfläche anhand des mehr als verdoppelten Ra-Werts nach dem Prozess. Dadurch wird eine Verklammerung und eine verbesserte Adhäsion der applizierten Versiegelungsschicht erreicht. Als nächstes wurde das Risiko der potenziellen Schädigung der an den Nitelementen eingesetzten Dichtmassen untersucht. Anhand der metallografischen Schriffe konnte gezeigt werden, dass selbst nach 6s Strahlzeit immer



Bild 4 > Gitterschnitt-Testergebnisse an unbehandelten beziehungsweise gestrahlten und versiegelten Verbindungselementen vor und nach Auslagerung.

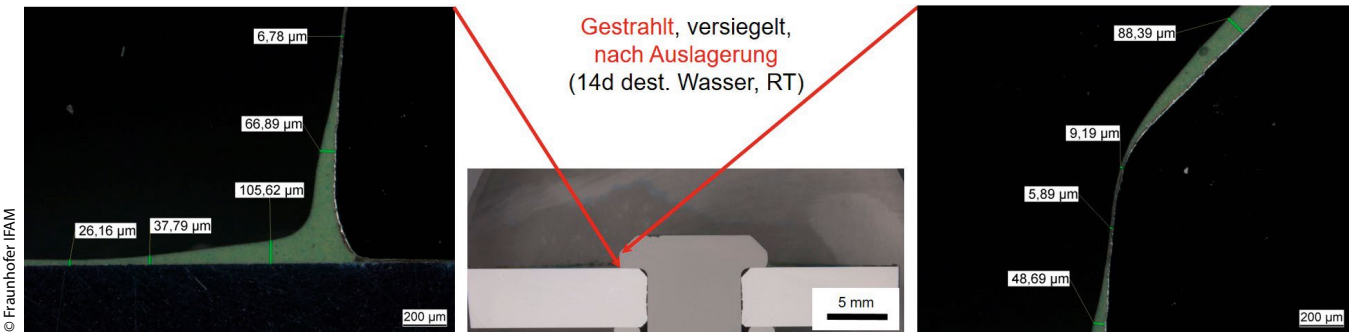


Bild 5 > Metallografischer Schliff von gestrahltem, versiegeltem Verbindungselement nach Auslagerung.

noch eine ausreichende Bedeckung mit der Dichtmasse ohne relevante Schädigungen besteht (*Bild 2*, unten links). Durch eine entsprechende Anpassung des eingesetzten Strahlkopfs können auch Verbindungselemente mit anderen Geometrien und Größen schnell und homogen vorbehandelt werden (*Bild 3*).

Beständige Konservierung

Um die verbesserte Adhäsion der anschließend applizierten Versiegelungsschicht zu belegen, wurden die Nietköpfe mit einem typischen Lack beschichtet und mit dem Gitterschnitttest (GT) in Anlehnung an DIN EN ISO 2409 geprüft. Zur Bewertung der Alterungsbeständigkeit der Lackhaftung wurde auch nach einer 14-tägigen Auslagerung in Wasser bei Normalklima getestet.

Ohne Vakuumsaugstrahl-Vorbehandlung zeigen die Nietköpfe eine mangelhafte Adhäsion des Lacksystems (GT4, *Bild 4*, oben links), die auf fertigungsbedingte Verunrei-

nigungen zurückzuführen ist. Diese Verunreinigungen können vom Schmiermittel kommen, das für ein leichteres Setzen der Nietelemente sorgt. Da der Oberflächenzustand im unbehandelten Lieferzustand stark variiert, weisen die resultierenden GT-Werte eine hohe Streuung auf. Die Verschlechterung der GT-Werte nach der Auslagerung (bis zu GT5, *Bild 4*, oben rechts) deutet auf eine mangelhafte Alterungsbeständigkeit der Versiegelungsschicht auf den nicht gestrahlten Verbindungselementen hin. Mit dem neuen Strahlprozess zeigen die Verbindungselemente sehr gute Lackhaftung mit niedrigen GT-Werten (GT0, *Bild 4*, unten links) auf, die auch nach der Auslagerung annähernd gleichbleiben (GT0, *Bild 4*, unten rechts). Dies zeigt eine deutliche Verbesserung der Adhäsion und Beständigkeit der Versiegelung nach der Vorbehandlung. Durch die sichere und langzeitstabile Anbindung der Schutzlacke können die Verbindungselemente erfolgreich konserviert und eine Kontaktkorrosion zwischen dem metalli-

schen Teil und dem FVK kann vermieden werden.

Zusätzlich wurden die mit der neuen Technologie aufgetragenen Versiegelungsschichten anhand von metallografischen Schliffen mittels Lichtmikroskopie untersucht. Alle Proben zeigten eine geschlossene Lackschicht ohne Lufteinschlüsse und Defekte. Auch die kritischen Bereiche an Nietköpfen, wie etwa Kanten oder schwer zugängliche Hinterschnitte, sind nach dem Strahlen mit der Versiegelungsschicht bedeckt und mit mindestens 5 µm Schichtdicke versiegelt (*Bild 5*). Durch die gute Qualität der Anbindung und die geschlossenen Schichten kann ein ausreichender Schutz auch mit geringeren Schichtdicken sichergestellt werden. Die Mindestschichtdicke der applizierten Versiegelung wird für spätere Anwendungen in der Fertigung eingestellt. Das ist über eine entsprechende Anpassung des inneren Profils vom gelaserten Einsatz in der Versiegelungsdüse möglich.



Bild 6 > Nietkopf im unbehandelten Zustand, gestrahlt und versiegelt.

Fazit

Mit Hilfe des Vakuumsaugstrahlens und der materialsparenden Versiegelungsdüsen können Verbindungselemente lösemittelfrei gereinigt, aufgeraut und versiegelt werden. Dadurch wird eine deutliche Verbesserung der Lackhaftung und Versiegelungssicherheit für FVK-Metall-Mischbauweisen erzielt (*Bild 6*).

Das Forschungsverbundprojekt „InBe-KoVer“ wurde im Rahmen des Forschungsprogramms „Luftfahrtforschung und -technologie LuFo V-3, Programmlinie (B)

KMU“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) gefördert (Förderkennzeichen: 20Q1723A und 20Q1723B). Die Projektpartner danken dem Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), dem Projektträger Luftfahrtforschung im Auftrag des BMWi für die finanzielle Förderung und organisatorische Betreuung des Vorhabens. Ebenfalls sei den industriellen Partnern Airbus, Lufthansatechnik, Mankiewicz sowie Premium-Aerotec für die zur Durchführung dieses Forschungsprojektes zur Verfügung gestellten Proben sowie für die inhaltliche

Unterstützung und die konstruktiven Diskussionen gedankt. //

Autoren

Dr. Sergey Stepanov
wissenschaftlicher Mitarbeiter

Dr. Jörg Ihde
Leiter Arbeitsgruppe Atmosphärendruck-Plasmatechnik
Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Bremen
sergey.stepanov@ifam.fraunhofer.de
www.ifam.fraunhofer.de

Dipl.-Ing. Ralf Tank
Geschäftsführer

M.-Eng. Sebastian Stanke
Konstruktion/Projektmanagement
Ingenieurbüro Uwe Tank GmbH, Walsrode
tank@tank-gmbh.de
www.tank-gmbh.de

Aufstiegsstoff

Wirkt schon in kleiner Dosis.

Wer nach oben will braucht **adhäsion**, die einzige deutsche Fachzeitschrift für industrielle Kleb- und Dichttechnik: Wertvolles Insiderwissen, praxisrelevante Informationen und neueste Trends und Technologien.

Ihre Abovorteile:

- ✓ 10 Ausgaben im Jahr
- ✓ Jede Ausgabe inkl. E-Magazin – NEU!
- ✓ „Handbuch Klebtechnik“ kostenlos für Abonnenten
- ✓ Freier Zugriff auf das Online-Archiv mit Fachbeiträgen seit 2003
- ✓ Keinerlei Risiko, jederzeit kündbar

Jetzt 2 Ausgaben kostenlos testen:
www.meinfachwissen.de/adhaesion



adhäsion KLEBEN+DICHTEN