

# ORGANOPHILE STRUKTURIERTE METALLOBERFLÄCHEN FÜR REPRODUZIERBARE UND LANGLEBIGE KLEBUNGEN

## DIE AUFGABE

Leichtbau, Energieeffizienz und umweltfreundliche Prozesse sind in vielen Branchen angestrebte Ziele. Leichtbaukonzepte im Bereich der Automobil- sowie Luft- und Raumfahrtindustrie verlangen verstärkt den Einsatz von Metallen, wie Aluminium- und Titanlegierungen. Beim Einsatz der Klebtechnik kommt es darauf an, neben einer hohen Anfangsfestigkeit vor allem langzeitstabile Verbindungen zu erzielen. Für reproduzierbare Klebungen muss die Oberfläche besonders beim Einsatz kalthärtender Klebsysteme vorbehandelt werden.

Neben den konventionellen, oftmals nasschemischen Vorbehandlungen der Leichtmetalle, setzten sich Plasma- und in der letzten Zeit auch Laserbehandlungen in der Industrie mehr und mehr durch. Die Laserbehandlung ist lokal und kann für nahezu alle Fügematerialien eingesetzt und gut skaliert werden. So können gewünschte Oberflächentopographien bzw. Rauheiten erreicht werden. Das trockene Verfahren kann mit hohen Geschwindigkeiten in automatisierten Prozessschritten betrieben werden. Anders als bei vergleichbaren Verfahren sind keine zusätzlichen Reinigungsschritte der Oberflächen vor und nach der Laserbehandlung notwendig.

Teilweise liegt zwischen der Vorbehandlung und dem Klebprozess eine längere Zeitspanne, bedingt durch Transportvorgänge, Auslagerung von Fertigungsprozessen oder Lagerung der Bauteile. In dieser Zeit interagiert die frische und von Kontaminationen gereinigte Metalloberfläche mit den Verunreinigungen der Umgebung und der erzielte Reinigungs- und Strukturierungseffekt geht zum Teil verloren. Hier besteht Handlungsbedarf.

## UNSERE LÖSUNG

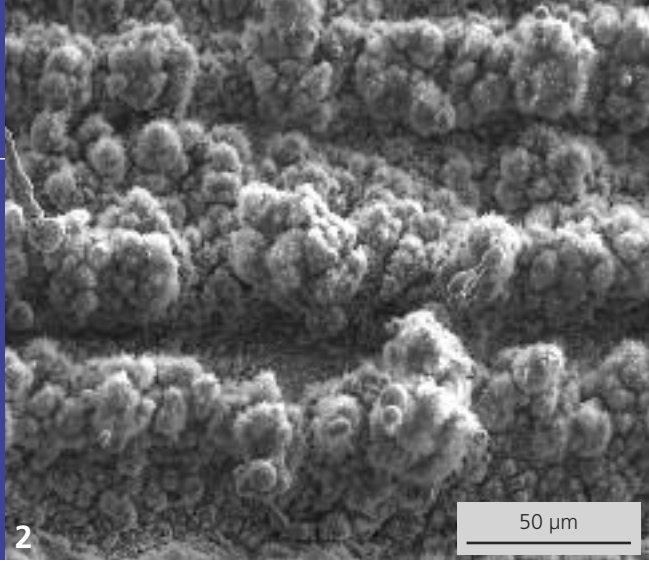
Zur Konservierung der mittels Lasertechnik gereinigten und strukturierten Oberflächen wird nach der Laserbehandlung eine Polymerschicht auf der Oberfläche abgeschieden. Durch die Laserbehandlung haftet die Polymerschicht aufgrund der mechanischen Verzahnung aber auch durch Wechselwirkung der funktionellen Gruppen des Polymers mit dem Metalloxid gut auf der Oberfläche.

Die reaktiven Metalloberflächen werden mittels Tauch- bzw. Sprühauftrag mit wasserlöslichen Polyelektrolytlösungen, bestehend aus Polyaminen, -imininen oder -carbonsäuren, beschichtet. Nach relativ schneller Trocknung der Beschichtung ist die Metalloberfläche gegen atmosphärische Einflüsse geschützt. Durch die funktionellen Gruppen des Polymers ist ein späteres Kleben sehr gut möglich.

Der Gesamtprozess ist sowohl in einer Serienfertigung als auch für vielfältige Einzelstücke ideal einsetzbar.

## ERGEBNISSE

Die Versuche wurden mit verschiedenen Aluminiumlegierungen durchgeführt. Dazu wurde unter anderem eine der typischen Knetlegierungen, AW 5457 (AlMg3), als Versuchswerkstoff herangezogen. Als Klebstoffsysteme kamen sowohl energiesparende 2K-Epoxidsysteme als auch heißhärtende 1K-Epoxide und Epoxidklebfolien zum Einsatz.

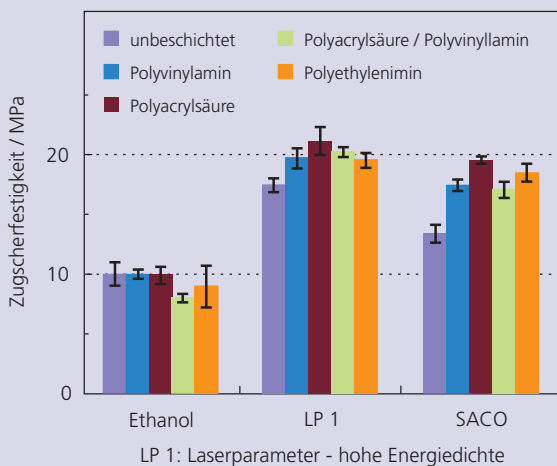


2

Unter Verwendung eines Yb-dotierten Faserlasers mit einem 2D-Scansystem und F-Theta-Optiken ließen sich definierte Rauheiten auf den Aluminiumoberflächen einstellen (Abb. 2). Durch die Strukturierung wird die wirksame Kleboberfläche vergrößert und es bildet sich eine frische, dickere und strukturierte Oxidschicht aus, die für den direkten Klebeinsatz ideal ist.

Direkt nach der Laserbehandlung erfolgt die Beschichtung. Hergestellte Klebungen zeigten eine Festigkeitssteigerung um teilweise bis zu 20 % im Vergleich zu nur laserbehandelten Proben (Abb. 3).

Abhängigkeit der Zugscherfestigkeiten von den Vorbehandlungen und Beschichtungen



3

Besonders deutlich wird die Wirkung der Kombination Laserbehandlung und Beschichtung nach verschiedenen 1000-stündigen Alterungstests. Hierbei konnte ein geringerer Festigkeitsabfall der beschichteten Proben im Vergleich zu nur laservorbehandelten Proben festgestellt werden. Zudem zeigen die beschichteten Proben im Bruchbild einen höheren kohäsiven Anteil, was einerseits auf der chemischen Wechselwirkung der Beschichtung mit den funktionellen Gruppen typischer Klebstoffsysteme und andererseits auf der mechanischen Verankerung der Beschichtung mit den makroskopischen Oberflächenrauheiten und mikroskopischen Oxid-

strukturen der Metalloberflächen basiert. Zur Simulation eines Lagerungsprozesses wurden beschichtete Proben ein halbes Jahr unter dafür typischen Bedingungen gealtert. Anschließend erfolgte deren Klebung. Die beschichteten Proben wiesen gegenüber ungealterten beschichteten Proben sogar noch einen Festigkeitsanstieg auf.

Um mögliche Reaktionen der Amingruppen mit dem Kohlendioxid der Luft abzuklären, wurden beschichtete Proben längere Zeit unter CO<sub>2</sub>-Atmosphäre gelagert. Dabei konnte kein Festigkeitsverlust der Klebung festgestellt werden.

Mit dieser zweistufigen Vorbehandlungsmethode ist ein Verfahren entwickelt worden, das umweltfreundlich, energieeffizient und gesundheitlich unbedenklich Leichtmetalle und andere Werkstoffe für den Fügeprozess Kleben zeitunabhängig vorbereitet und dabei die Werkstoffe für das Kleben aktiv bleiben sowie vor Umwelteinflüssen geschützt werden.

Die Arbeiten wurden in einem AiF-Projekt (FKZ: 16532 BR), zusammen mit dem IPF Dresden (Dr. Simon) durchgeführt.

- 1 Prozessablaufscha des entwickelten Verfahrens (Laseroberflächenvorbehandlung, Polyelektrolytauftrag und Trocknung)
- 2 REM-Aufnahme einer mittels Faserlaser strukturierten AlMg<sub>3</sub>-Oberfläche

## KONTAKT

Dipl.-Ing. Tom Schiefer  
 Telefon: +49 351 463-32242  
 tom.schiefer@iws.fraunhofer.de

