Fraunhofer
IWS Dresden

FRAUNHOFER-INSTITUT FÜR WERKSTOFF- UND STRAHLTECHNIK IWS

KLEBEN UND FASERVERBUNDTECHNIK

Technologien für Leichtbau und Ressourceneffizienz

Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS

Winterbergstraße 28, 01277 Dresden

Fax +49 351 83391-3210
www.iws.fraunhofer.de

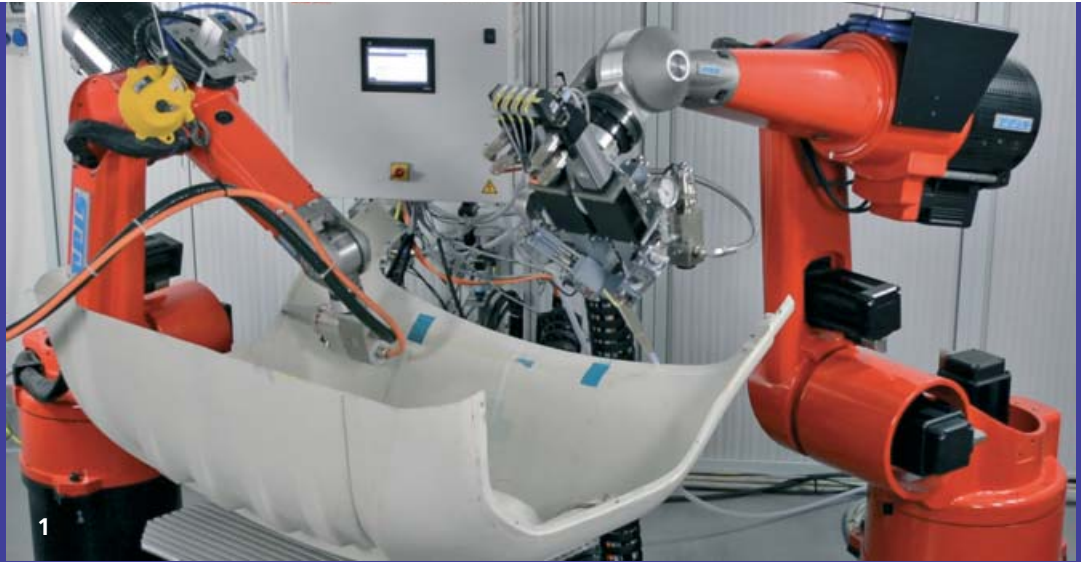
Ansprechpartner:
Dr.-Ing. Maurice Langer
Telefon +49 351 83391-3852
maurice.langer@iws.fraunhofer.de

Motivation

Die Entwicklung von stoff- und formschlüssigen Fügeverbindungen zum Fügen von Metallen und Kunststoffen ist maßgeblich für zahlreiche Leichtbauapplikationen. Am Fraunhofer IWS werden neben der Klebtechnik insbesondere thermisch induzierte Direktfügeverfahren weiterentwickelt. Diese ermöglichen es, thermoplastische Materialien oder Materialverbunde mit verschiedenen Fügepartnern zu verbinden. Als Teil des Geschäftsfeldes Fügen ergänzt die Arbeitsgruppe die bestehenden Kompetenzen des Fraunhofer IWS Dresden in den Bereichen Laserstrahlschweißen, Rührreibschweißen und elektromagnetisches Pulsfügen für eine umfassende Fügeprozessberatung und -unterstützung industrieller Forschungspartner.

Unser Angebot

- Auswahl, Erprobung und Vergleich verschiedener Oberflächenvorbehandlungsverfahren
- Oberflächenanalyse
- Klebstoffauswahl, -modifikation und -charakterisierung
- konstruktives Kleben unterschiedlichster Materialien (Abbildung skalierbarer Prozesse vom Labormaßstab bis hin zu Industrieprozessen)
- Entwicklung und Optimierung thermisch induzierter Fügeprozesse
- mechanische Charakterisierung von Fügeverbindungen
- Beurteilung und Verbesserung des Degradationsverhaltens (Alterungs- und Korrosionsbeständigkeit)



1

Oberflächenvorbehandlung - Auswahl, Erprobung und Vergleich verschiedener Verfahren

Bedingung für die Herstellung von flächigen Verbindungen ist eine ausreichende Adhäsion der Fügepartner. Um diese auf realen Bauteilen zu gewährleisten, ist eine Vorbehandlung der Oberflächen erforderlich.

Als langzeitstabiles Bearbeitungsverfahren kommt häufig die **Laserbehandlung** zum Einsatz. Mit gepulsten Nd:YAG- und Faserlasern lassen sich reproduzierbar organische und anorganische Verschmutzungen, Deckschichten (z.B. Lacke) oder Bearbeitungsrückstände (Öle, Schmierstoffe) selektiv entfernen.

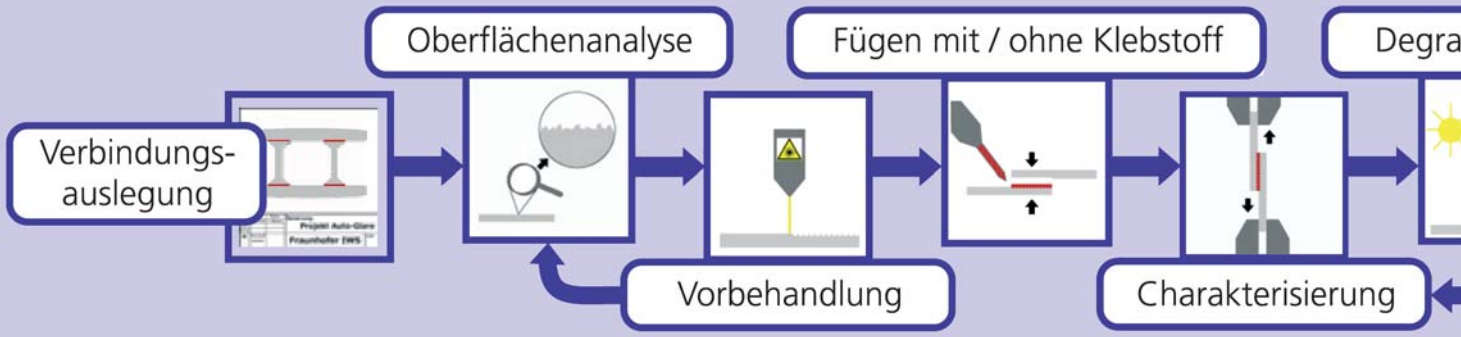
Neben der Reinigung wird beim Laserabtrag auch eine deutliche Vergrößerung der für die Adhäsion zur Verfügung stehenden Oberfläche erzielt. So sorgen beispielsweise Makrostrukturierungen als Vorbehandlung für thermische Direktfügeprozesse von Metall und Thermoplast für einen optimalen Formschluss zur Erzielung hoher Verbindungsfestigkeiten.

Geeignete Laserparameter bewirken bei der Bearbeitung von Leichtmetallen wie z.B. Aluminium den Abtrag der nativen Oxidschicht und das Aufbauen einer neuen homogenen Oxidschicht, die als Klebgrundlage gut geeignet ist. In Abhängigkeit der zu bearbeitenden Materialien und Produktivitätsanforderungen kann sowohl auf gepulste Laser verschiedener Wellenlänge (UV, VIS, IR, NIR) als auch auf kontinuierlich strahlende Hochleistungslaser zurückgegriffen werden.

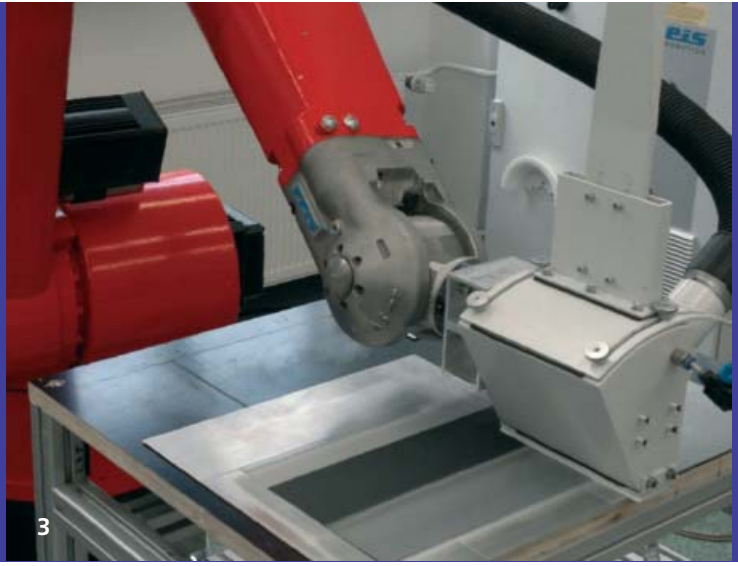
Besonders zur Feinreinigung von organischen Ablagerungen sowie zur Funktionalisierung von Kunststoffen eignet sich die **Plasmabehandlung** bei Atmosphärendruck. Werden über ein Trägergas gleichzeitig Precursoren in das Plasma eingebracht und polymerisiert, können zusätzlich zur Feinreinigung Schichten abgeschieden werden.

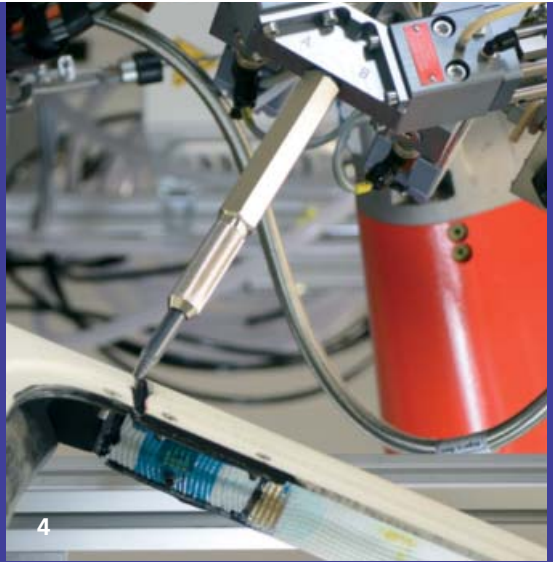
Die Parallelisierung einzelner Plasmaquellen sowie der Einsatz der Doppelrotationstechnik ermöglicht produktive Behandlungsraten für Technologien im industriellen Maßstab.
Sehr kostengünstige Oberflächenbehandlungsverfahren sind Druck- und **Saugstrahlprozesse**. Neben der Reinigung und Topografieänderung von Oberflächen können mit beiden Methoden auch Silikatschichten zur Haftverbesserung auf Fügeteilen abgeschieden werden (SACO®-Verfahren).

Prozesskette des Klebens und thermischen Direktfügens von Mischverbindungen



2



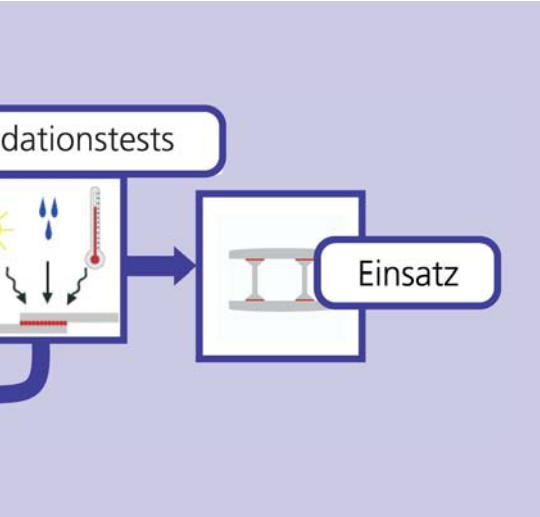


Weitere Vorteile des Saugstrahlverfahrens sind:

- sensitiver Materialabtrag
- selektive Anwendungen
- emissionsarme Bearbeitung durch integrierte Absaugung
- Integration im Fertigungsprozess
- besondere Eignung für beschichtete Metalle und faserverstärkte Kunststoffe

Oberflächenanalyse

Zum Nachweis der Vorbehandlungsqualität stehen am Fraunhofer IWS Licht- und Elektronenmikroskope zur Verfügung. Oberflächenrauheiten werden über Lichtschnittverfahren (Cyberscan) sowie mittels Laserscanning-Mikroskopie ermittelt. Des Weiteren können die Oberflächenbenetzungseigenschaften und -polaritäten durch Kontaktwinkelmessungen mit verschiedenen Messflüssigkeiten charakterisiert werden.



Klebstoffauswahl, -modifikation und -charakterisierung

Die Auswahl eines geeigneten Klebstoffsystems für eine konkrete Fragestellung erfolgt unter Berücksichtigung der Materialpaarung, Oberflächenbeschaffenheit sowie geforderten Performance des Klebverbundes. In Abstimmung mit den Kundenanforderungen werden sowohl kommerzielle Klebstoffe verwendet als auch Klebstoffsysteme modifiziert.

Zur Herstellung von Klebungen mit zusätzlichen Funktionen, wie die elektrische Leitfähigkeit, können in Klebstoffe Nanopartikel eingebracht werden (Carbon Nanotubes, Nanohorns, Graphene, Leitruße und Nanoferrite). Dafür stehen verschiedene Geräte wie z. B. eine Dual-Asymetrische Zentrifuge, ein Ultra-Turrax, ein Dreiwalzwerk, Extruder, Hochdruckdispergator und eine Ultraschallsonotrode zur Verfügung. Die mechanische Charakterisierung der Klebstoffe, rheologische Untersuchungen des Aushärteverhaltens oder die Messung der integrierten Zusatzfunktionen sind beispielhafte Untersuchungen am Klebstoffsystem.

Konstruktives Kleben unterschiedlichster Materialien

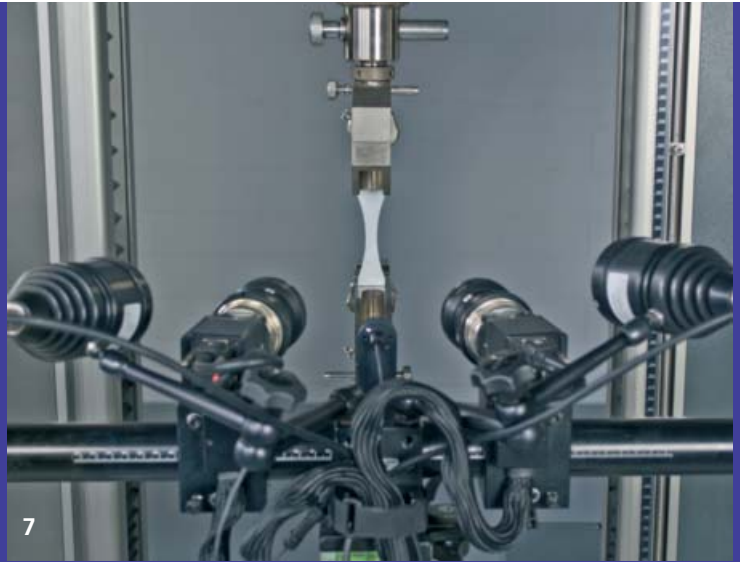
Für konstruktive Klebungen an komplexen Bauteilen stehen sowohl manuell nutzbare Klebauftragssysteme als auch robotergekoppelte Dispenser mit 2K-Misch- und Dosiersystemen in den Laboren zur Verfügung.

Zur Aushärtung des Klebstoffs können neben Wärmeschränken auch UV-Strahlung oder Induktionsenergie eingesetzt werden. Die verfügbare Induktionsanlage mit Arbeitsfrequenzen von 400 – 600 kHz dient der beschleunigten Aushärtung von Klebstoffen entweder durch das lokale Aufheizen der metallischen Fügeteile oder über direkt im Klebstoff eingebrachte ferromagnetische Partikel.

1 Automatisierte Oberflächenvorbehandlung mittels Atmosphärendruckplasma und Klebstoffapplikation zur Klebung eines FKV-Fahrerhauses

3 Vakuumsaugstrahlen zur sensitiven Oberflächenvorbehandlung

4 Robotergekoppelter Klebstoffauftrag mittels 2K-Klebstoff-Auftragseinheit



Entwicklung und Optimierung thermisch induzierter Fügeprozesse

Sollen Verbindungen mit mindestens einem thermoplastischen Fügepartner erzeugt werden, so kann grundsätzlich auf die Verwendung von Klebstoffen verzichtet werden.

Durch eine gezielte Wärmeeinbringung wird der Thermoplast lokal aufgeschmolzen, erstarrt am zweiten Fügepartner und sorgt bei guter Adhäsion für eine ausreichende Verbindungsfestigkeit. Bei Verbindungen von Metall und Thermoplast bzw. faserverstärktem Thermoplast wird auf folgende Wärmequellen zurückgegriffen:
- Laserstrahlung
- Reaktive Multischichten (RMS)
- Induktion
- Heizplatten

Wegen der hervorragenden Ansteuerbarkeit von Laserleistung und Position im Raum ermöglicht insbesondere die Laserstrahlung sehr hohe Aufheizraten und damit extrem kurze Fügezeiten.

Beurteilung und Verbesserung des Degradationsverhaltens (Alterungs- und Korrosionsbeständigkeit)

Zur Beurteilung der Langzeitbeständigkeit der Verbindungen können zeitbeschleunigte Alterungstests durchgeführt werden. So sind Testzyklen gemäß der aktuell gültigen Automobil- bzw. DIN-Standards durchführbar. Die Klimaschrank-Anlagentechnik wird ergänzt um eine Salzsprühkammer, Suntest-Automaten, eine temperierte Medienkammer sowie ein Pressure Cooker-Gerät.

Mechanische Charakterisierung von Fügezonen

Zur Charaktierisierung der erzielten Verbindungsfestigkeiten werden mechanische Kennwerte durch zerstörende Prüfung mit einer mehrachsigen Materialprüfmaschine ermittelt. Dabei können sowohl einachsige Lastfälle, wie Zug, Druck, Biegung oder Torsion als auch mehrachsige Überlagerungen in Form von Zug/Druck-Torsions-Belastungen messtechnisch erfasst werden.

In Kombination mit einem optischen Messsystem auf Basis der Grauwertkorrelation können 3-dimensionale Verformungen an der Oberfläche während der Prüfung aufgezeichnet und anschließend analysiert werden. Diese Parameter dienen der Simulation und Auslegung der Verbindungen sowie zur Charakterisierung von Polymersystemen.

Anlage zur großflächigen Laser- und Plasmabehandlung

5 Atmosphärendruckplasmabehandlung von Glasfaser-Polypropylen – Strukturen

7 Mechanische Charakterisierung einer Klebstoff-Bulkprobe unter Nutzung der Grauwertkorrelation