Vergleichende Untersuchungen von Plasma- und Laserbehandlung auf großen Oberflächen

J.-S. Pap[a,*], C. Regula[b], S. Stepanov[b], A. Klotzbach[a], G. Mäder[a], U. Lommatzsch[b], und J. Ihde[b]

[*] Geschäftsfeld Fügen, Arbeitsgruppe Kleben und Faserverbundtechnik
Telefon: +49 351 83391-3856, E-Mail: jozsef-sebastian.pap@iws.fraunhofer.de

[a] Fraunhofer-Institut für Werkstoff- und Strahltechnik IWS, Winterbergstr. 28, 01277 Dresden

[b] Fraunhofer-Institut für Fertigungstechnik und Angewandte Materialforschung IFAM, Wiener Str. 12, 28325 Bremen

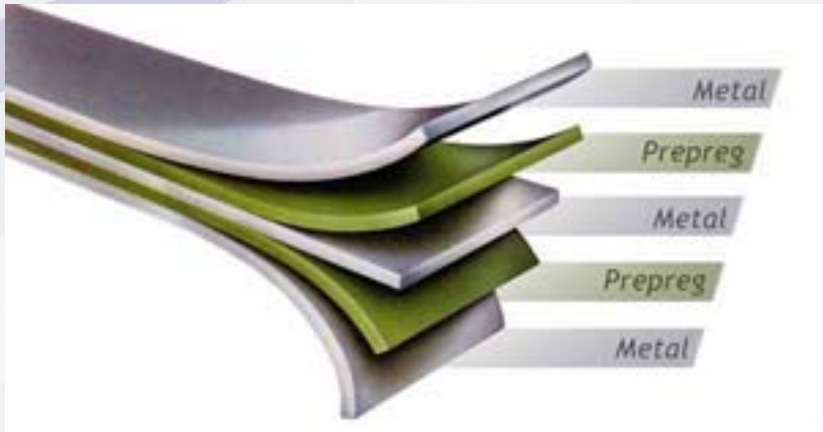
Jena, 10. November 2016

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Agenda

- Einführung
- Anforderung an die Oberflächenbehandlungen
- Plasma- und Lasertechnologien
- Technologische Umsetzung
- Ergebnisse



Quelle: http://theatlasgroup.biz

Einführung

Was versteht man unter großflächige Behandlung von Oberflächen?

- Behandlung von großen Oberflächen bis endlosen Materialbahnen (Coils)
- Automatisierte Behandlung bei hohen Produktionsmengen
- Lebensmittel- und Verpackungsindustrie, Luft- und Raumfahrtindustrie, Halbzeughersteller für verschiedenste Bereiche, etc.

Ziel: Anpassung von Oberflächeneigenschaften für nachfolgende Prozessschritte

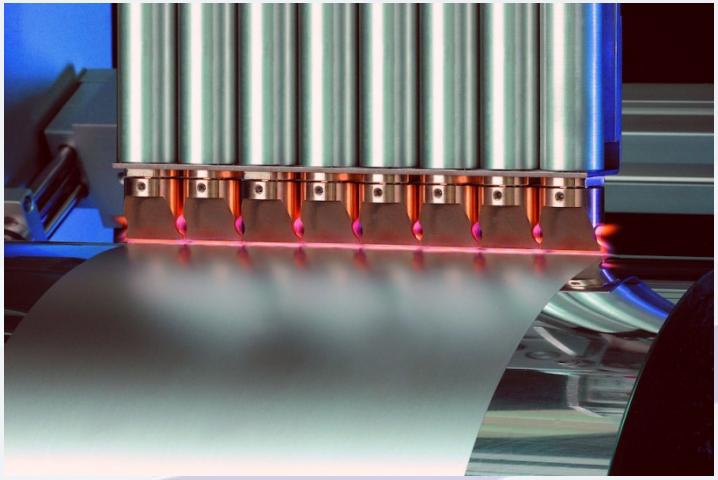
- Hauptfunktionen: Feinreinigen, Funktionalisieren, Beschichten, Strukturieren
- Nebenfunktionen: Verbesserung von Benetzung, Haftung und Korrosionsschutz, Veränderung mechanischer Eigenschaften, Veränderung der Leitfähigkeit, Erhöhung der Reproduzierbarkeit etc.

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Einführung

Beispiele für großflächige Behandlungen von Oberflächen



Plasmareinigung von Aluminiumfolien
(Quelle: Plasmatreat)

- Coil-Materialien (Plasma)
  - Aktivierung von Kunststoff-Verpackungsfolien vor dem Bedrucken
  - Plasma-Reinigung von Aluminiumfolien zur Herstellung von Getränke- und Lebensmittelverpackungen
    - Entfernung organischer Stoffe, z.B. Walzöle
  - Bandbeschichtung (Coil-Coating) von Metallfolien
    -> kontinuierliche Vorbehandlung und Beschichtung (organische Beschichtung)

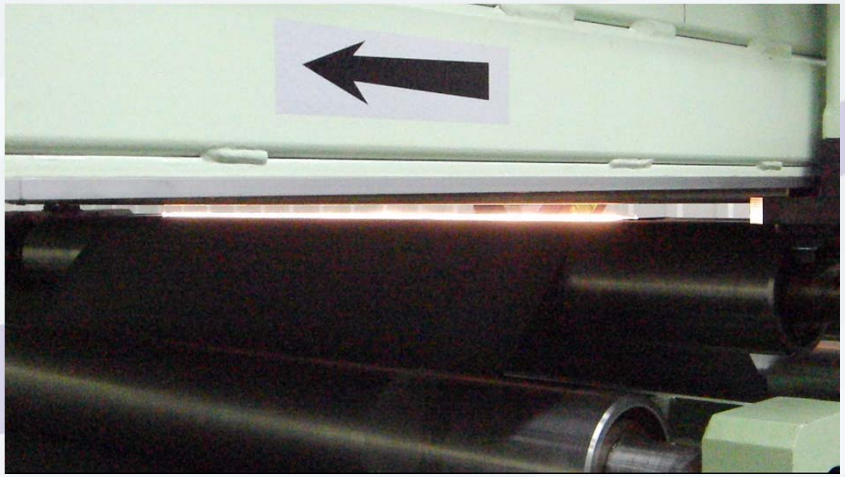
© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Einführung

Beispiele für großflächige Behandlungen von Oberflächen

- Coil-Materialien (Laserstrahlung)
  - Umkehr der Magnetisierung von Elektroblechen durch Laserstrahlung



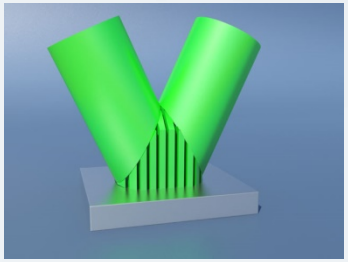
Laserstrahlbehandlung von Elektroblechen
(Quelle: Fraunhofer IWS)

© Fraunhofer IWS

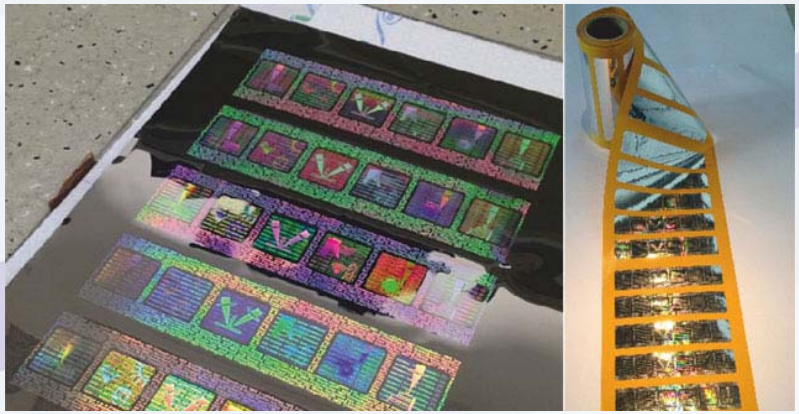
Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Einführung

Beispiele für großflächige Behandlungen von Oberflächen



Prinzip der Zweistrahlinterferenz
(Quelle: Fraunhofer IWS)



Großflächig aufgebrachte Hologramme auf Nickel (Quelle: Fraunhofer IWS)

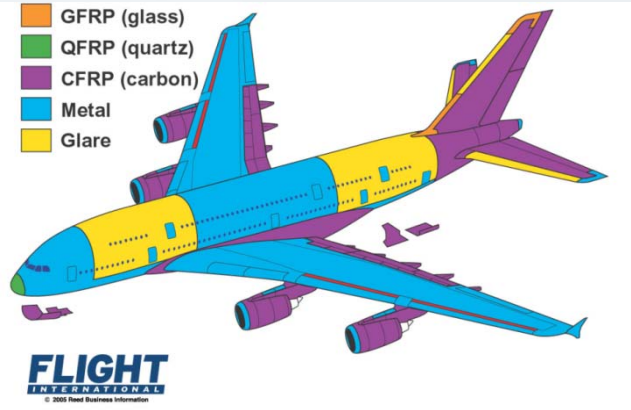
- Coil-Materialien (Laserstrahlung)
  - Umkehr der Magnetisierung von Elektroblechen durch Laserstrahlung
  - Oberflächenfunktionalisierung von Folien zur Erzeugung von 2D und 3D Mikro- und Nanostrukturen mittels Lasertechnik
    - Veränderung topographischer, elektrischer, chemischer und mechanischer Eigenschaften
    - DLIP – Methode: Direkt Laser Interferenz Patterning

© Fraunhofer IWS

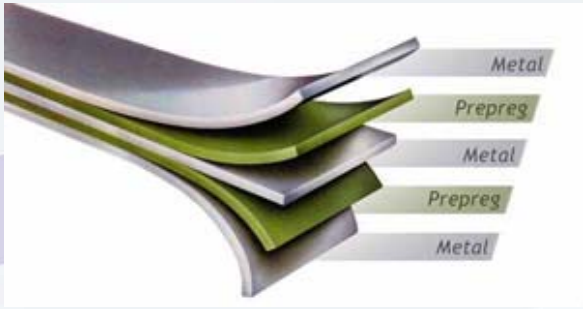
Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Faserverstärkte Metalllaminate

Folienhalbzeuge für die Herstellung von Materialverbunde



Materialien am A380
(Quelle: flightforum.ch)



Lagenaufbau von FMLs
(Quelle: theatlasgroup.biz)

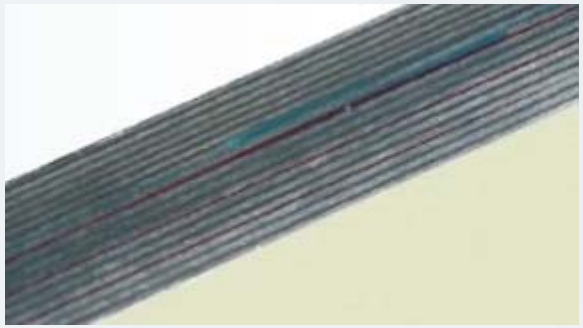
- Faserverstärkte Metalllaminate (FML)
  - Aluminium, Titan, Stahl, … +
  - Aramid-Fasern, Glasfasern, Kohlefasern, PE-Fasern, …
- Glasfaserverstärktes Aluminium (GLARE)
  - Aluminiumdünnblech (AA2024) 0.3 mm – 0.4 mm
  - unidirektionales S-Glasfaser-Prepreg (EP) 0.13 mm, Fasern ca. 10 µm Ø
  - Faserorientierung im Aufbau an Lastfall angepasst

© Fraunhofer IWS

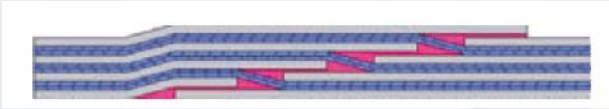
Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Faserverstärkte Metalllaminate

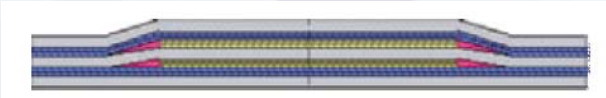
Herstellung von GLARE



Beispiel eines GLARE-Aufbaus



Exemplarischer Splicebereich



Doppler für Versteifung

Lay-up der Einzellagen

Applikation des Klebebands

Aushärtung im Autoklav

(Alle Abbildungen von Fa. Fokker)

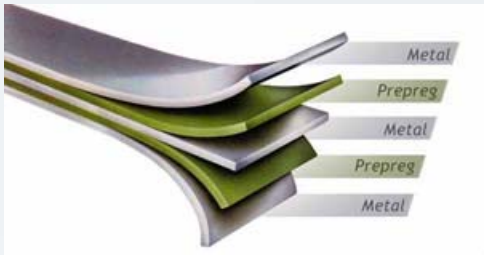
© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM

Fraunhofer IWS Dresden

Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung

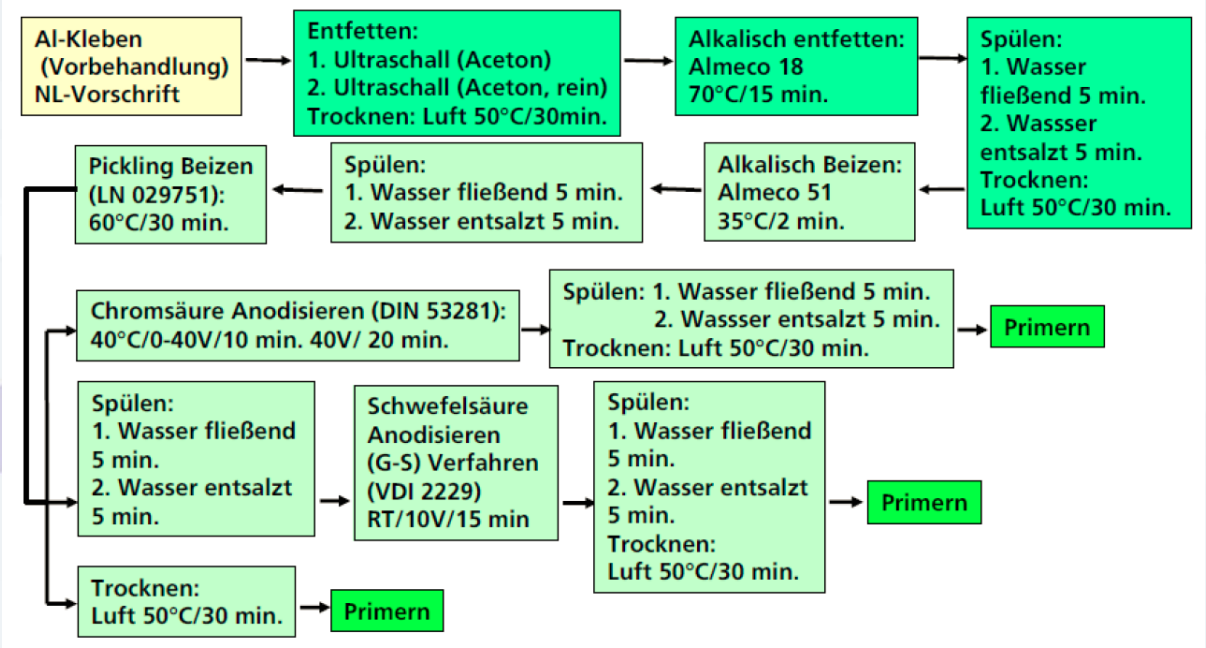
Vorbehandlung der Aluminiumfolie



Prinzipaufbau von FML
(Quelle: http://theatlasgroup.biz)

Aktuelle Vorbehandlungsprozesse für Aluminiumfolie:

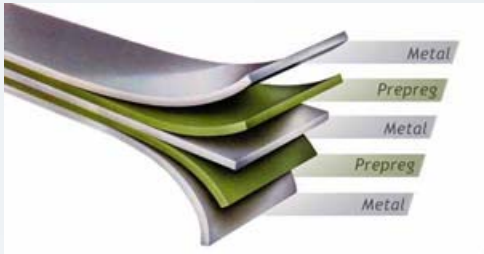
- 4-stufige nasschemische Vorbehandlung



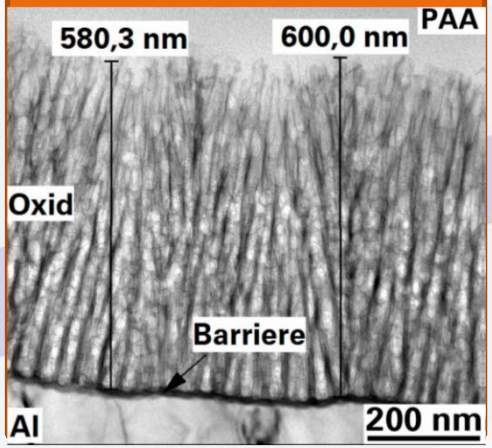
Komplexität der nasschemischen Vorbehandlung (Quelle: Fraunhofer IFAM)

Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung

Großflächige Oberflächenbehandlung



Phosphor-Säure Anodisierung



(Quelle Fraunhofer IWS)

Aktuelle Vorbehandlungsprozesse für Aluminiumfolie:

- 4-stufige nasschemische Vorbehandlung
- Kosten, Behandlungsdauer, Arbeitssicherheit, Umweltschutz, gesetzliche Vorgaben
- Adhäsion und Korrosionsschutz
- Spezifische Oberfläche, definierte Oxidschicht

Ziel für zukünftige Prozesse:

- Großflächige Behandlung von Oberflächen durch trockene (physikalische) Verfahren

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung

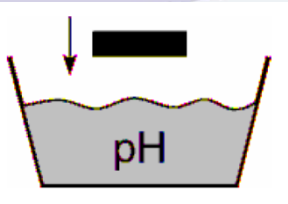
Vergleich nasschemische/physikalische Verfahren

Nasschemische Verfahren:

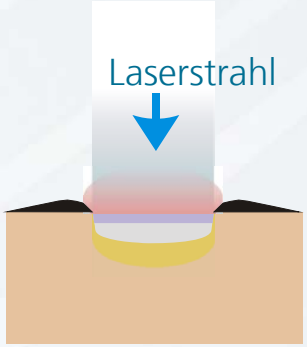
- Gesamtes Bauteil wird vorbehandelt
- Schlecht in Produktionsprozesse integrierbar
- Meistens mehrere Prozessschritte
- Gut für kleine oder kompliziert aufgebaute Teile
- Gute Flexibilität

Trockene, physikalische Verfahren:

- Partielle und großflächige Vorbehandlung möglich
- In Produktionsprozesse integrierbar
- Berührungslose Arbeitsweise (kaum Verschleiß)
- Flexibilität durch Automatisierung



(Quelle ISF Aachen)



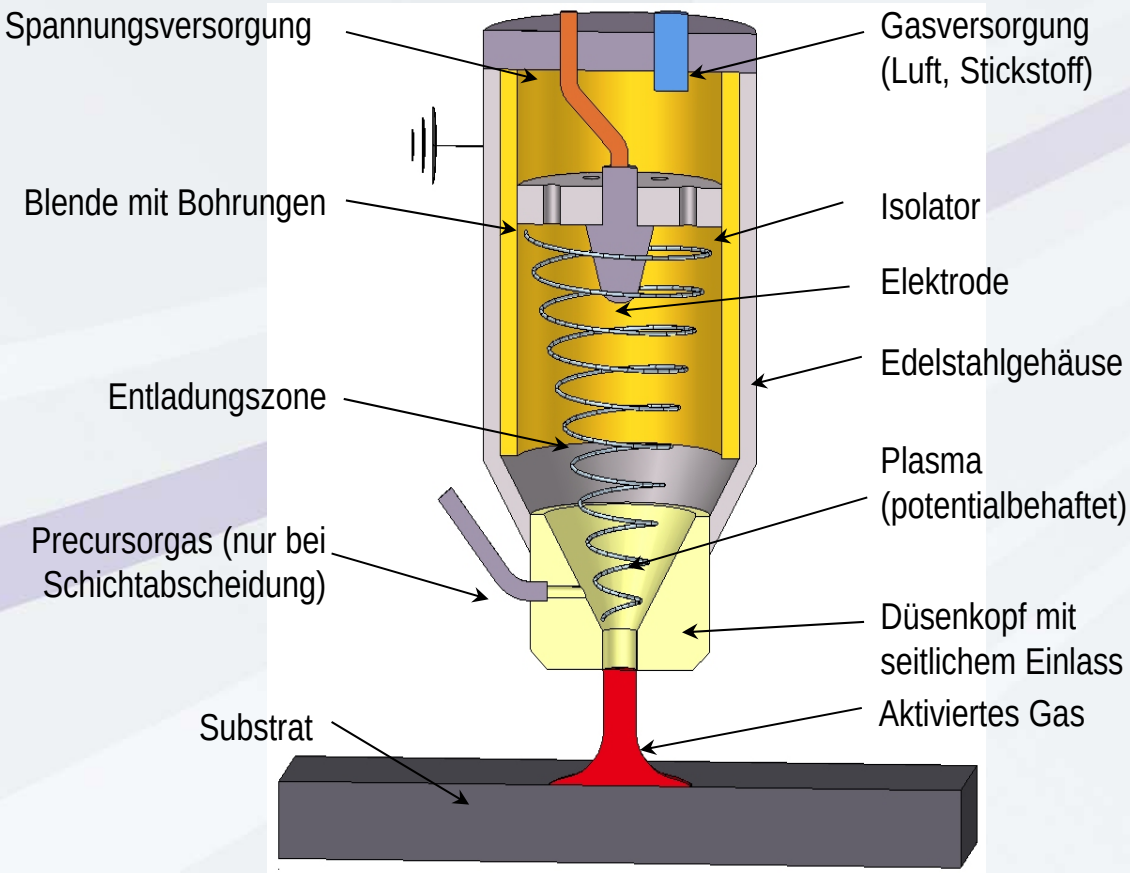
(Quelle Fraunhofer IWS)

Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung

Plasmareinigung und Plasmapolymerisation

Prinzip:

- Feinreinigung
- Erzeugung von abweisenden oder haftverbessernden Schichten



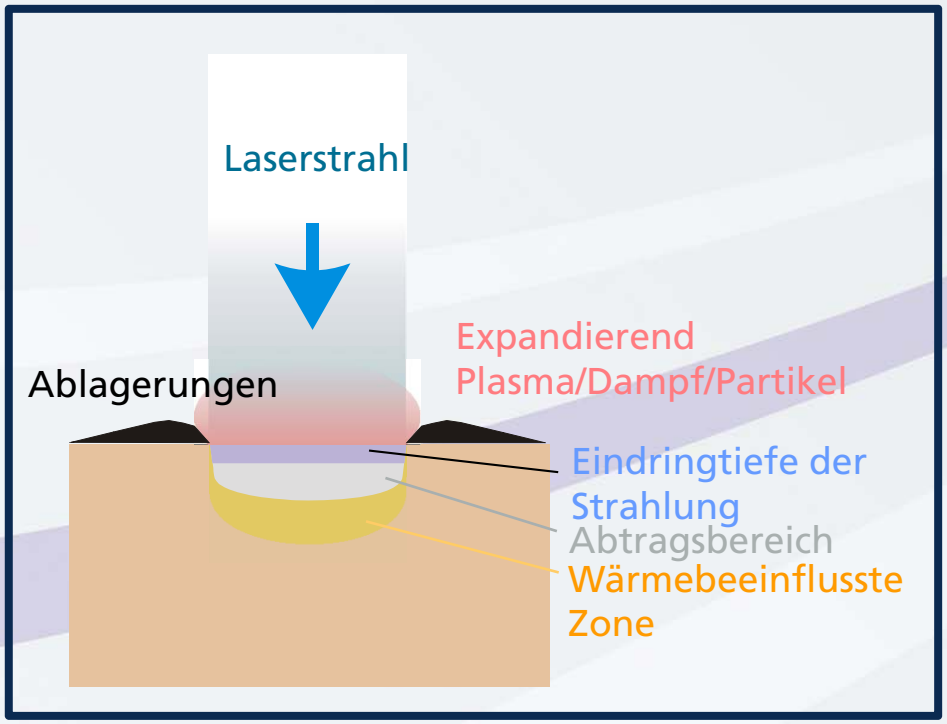
(Quelle Plasmatreat)

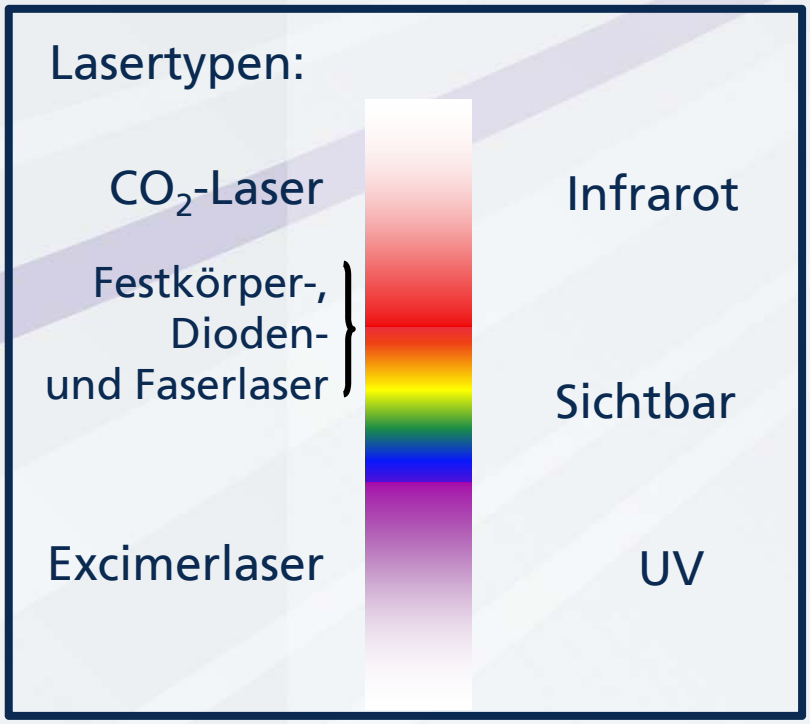
Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Plasma- und Lasertechnologien

Laserbehandlung

- Definition Laserreinigen: Abtragen dünner Schichten im sub-mm-Bereich durch Einwirken kurzer Laserimpulse mit hoher Energie





(Quelle Fraunhofer IWS)

Anforderungen an die Oberflächenvorbehandlung

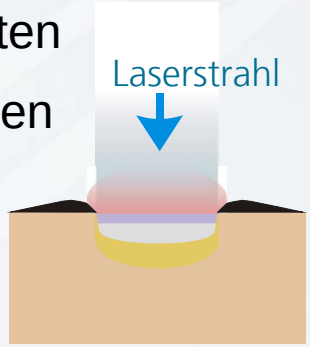
Vergleich Plasma- und Laserbehandlung für den Klebprozess

Plasmabehandlung

- Entfernung von dünnen organischen Schichten („Feinreinigung“)
- Abscheidung von Haftvermittler-schichten
- Aufskalierung von Einzeldüsen für großflächige Behandlung
- Thermische Einwirkung steuerbar
- Absaugung notwendig
- Geringe Betriebskosten

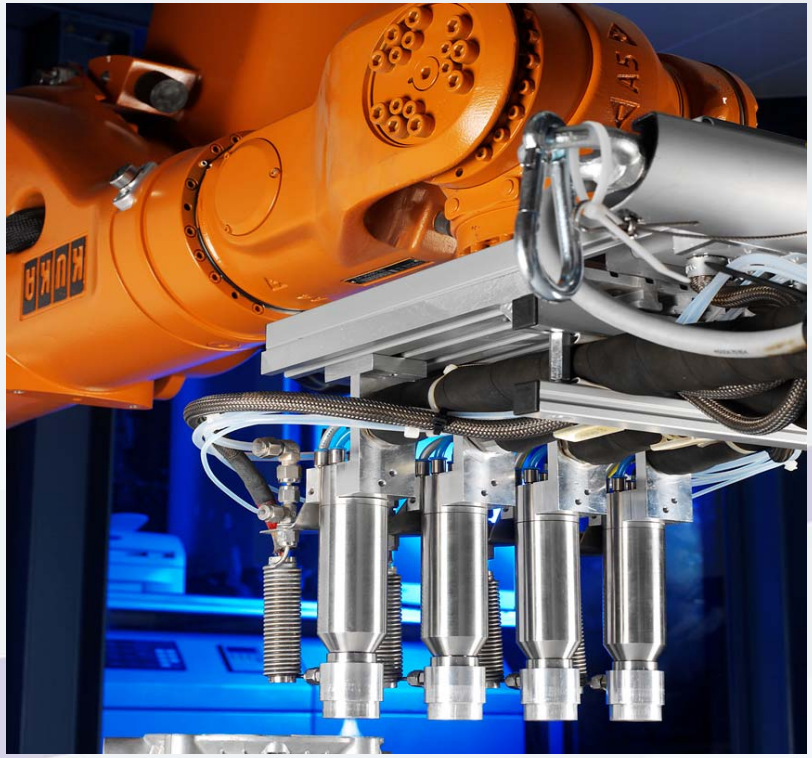
Laserbehandlung

- Entfernung von organischen und anorganischen Verunreinigungen auch in dickeren Schichten
- Gepulste und Dauerstrichbehandlung
- Thermischer Eintrag beim Ablationsprozess
- In Produktionsprozesse integrierbar
- Hohe Investitionskosten
- Geringe Betriebskosten



Technologische Umsetzung

Atmosphärendruck-Plasmatechnologie (PlasmaPlus-Technologie)



(Quelle Fraunhofer IFAM)

Vorteile:

- Geeignet für in-line-Prozesse
- Großflächige und lokale Behandlung möglich
- Robotergesteuerte Behandlung möglich

Nachteile:

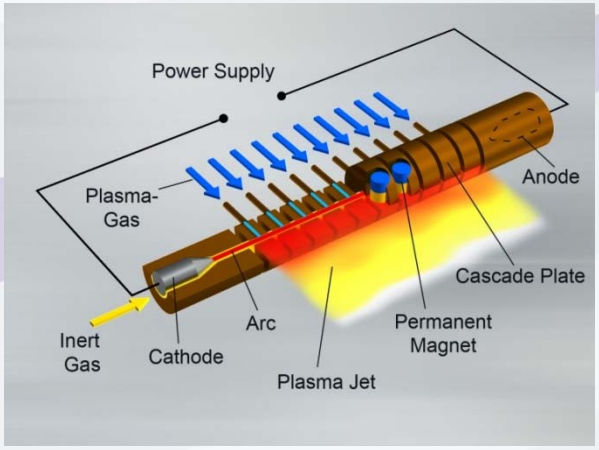
- Eingeschränkte Behandlung von komplex geformten Teilen (3D)

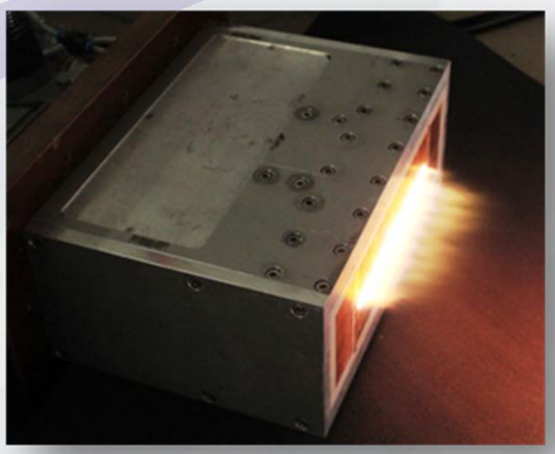
Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Technologische Umsetzung

LARGE plasma Quelle (Long ARc GEnerator)

- DC Bogenentladung unter Atmosphärendruckbedingungen
- Bogenstabilisierung durch: Permanentmagneten, gekühlte Wände und Gasströmung
- Zündung über Kaskadenplatten
- Skalierbare Arbeitsbreite durch Variation der Kaskadenanzahl
- Maximale Arbeitslänge 350 mm



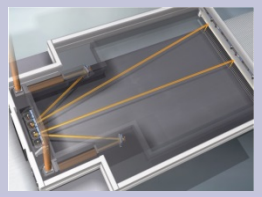


(Quelle Fraunhofer IWS)

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM Fraunhofer IWS Dresden

Technologische Umsetzung

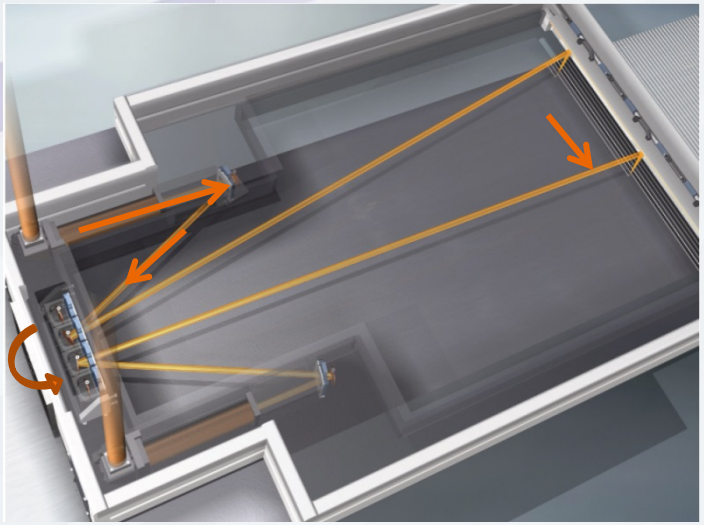


Produktionsanlage für die großflächige Laserbehandlung (1D-cw-Remote)

- Reinigung, Strukturierung, zielgerichtete Oxidschichtbildung
- Großflächige Vorbehandlung vor dem Kleben und thermischen Direktfügen
- Geometrisch definierter Abtrag im µm – Bereich durch schnell scannende Verfahren (Remote-Technologie)

Anlagencharakteristik:

- Schnelle 1D-Strahlablenkung (bis 300 m/s)
- Kontinuierliche Bewegung des Materials (bis 80 m/min)
- Linienlänge und -abstand programmierbar



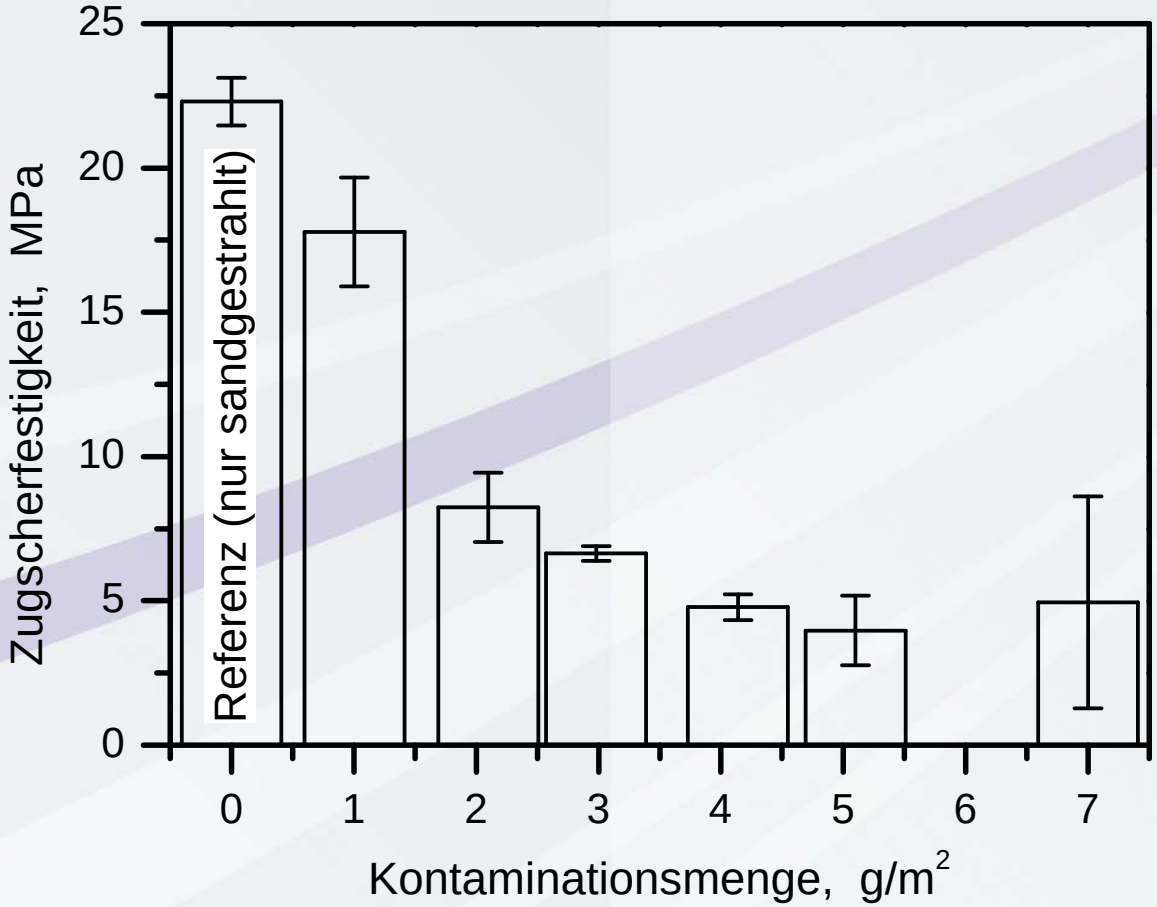
(Quelle Fraunhofer IWS)

Ergebnisse der Plasmaanwendung

AD-Plasma-Reinigung

- Klebstoff Epoxidharz
- Aluminium AlMg3

- Herausforderung
  - Verölte Alu-Bleche
  - Fügen durch Kleben



Fraunhofer IFAM, Projekt „SAFEBOND“

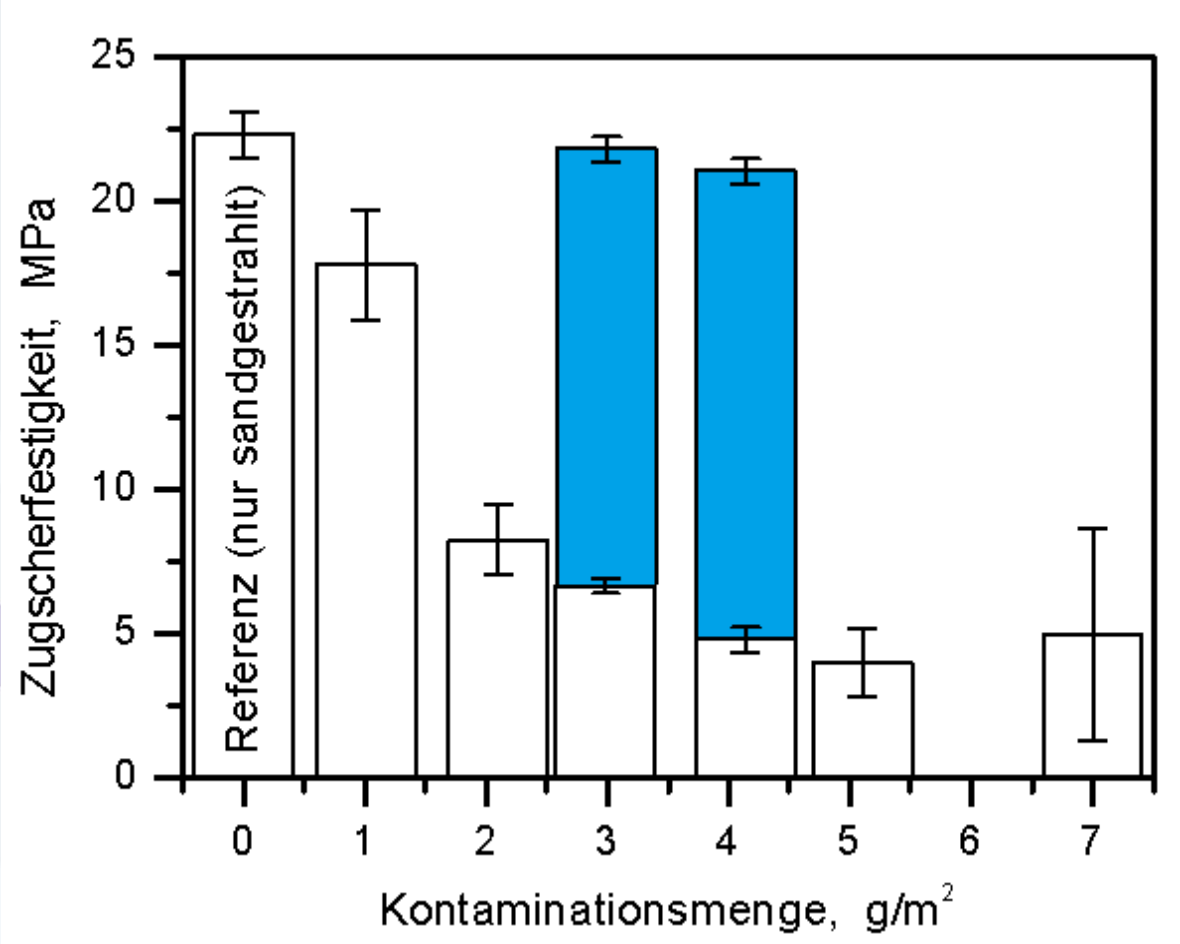
Ergebnisse der Plasmaanwendung

AD-Plasma-Reinigung

- Klebstoff Epoxidharz
- Aluminium AlMg3

- Herausforderung
  - Verölte Alu-Bleche
  - Fügen durch Kleben

- Problemlösung
  - Reinigung durch AD-Plasma mit DL

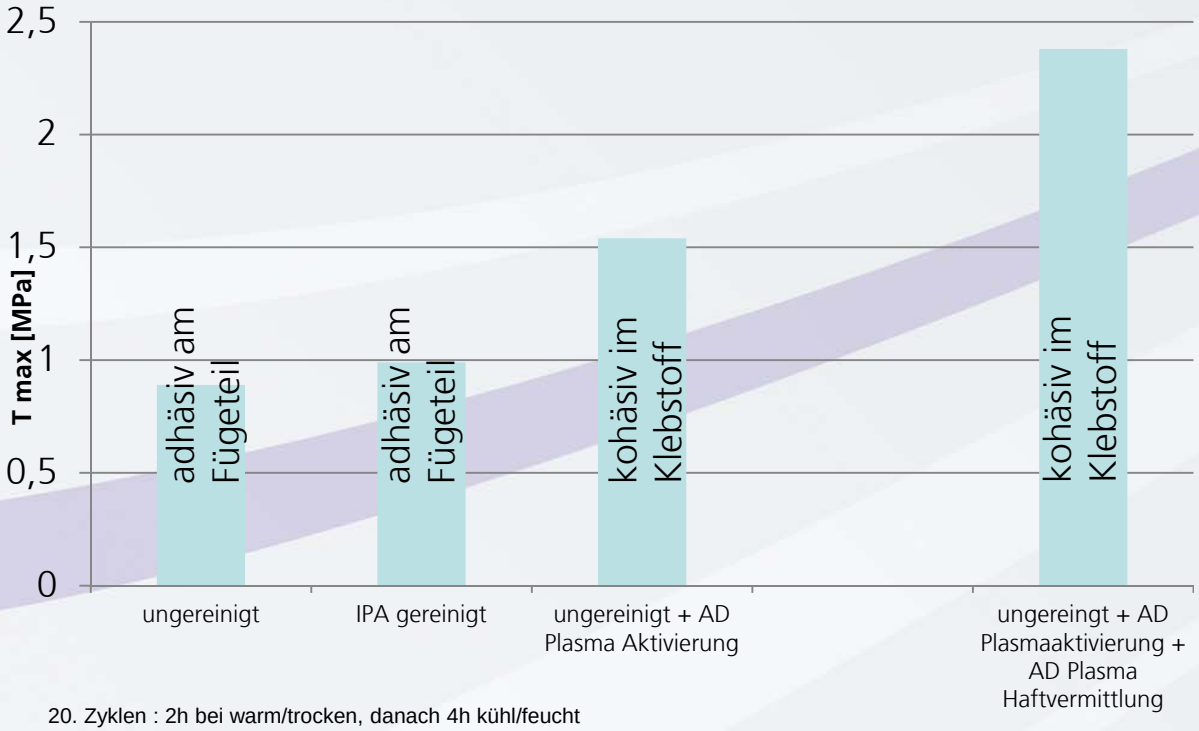


Fraunhofer IFAM, Projekt „SAFEBOND“

Ergebnisse der Plasmaanwendung

Abscheidung haftungsvermittelnder Schichten

Zugscherfestigkeiten nach Klimawechseltest



PP mit GF Anteil von 30%
Gegenfügeteil angeschliffen

Klebstoff 1K-Hotmelt PUR

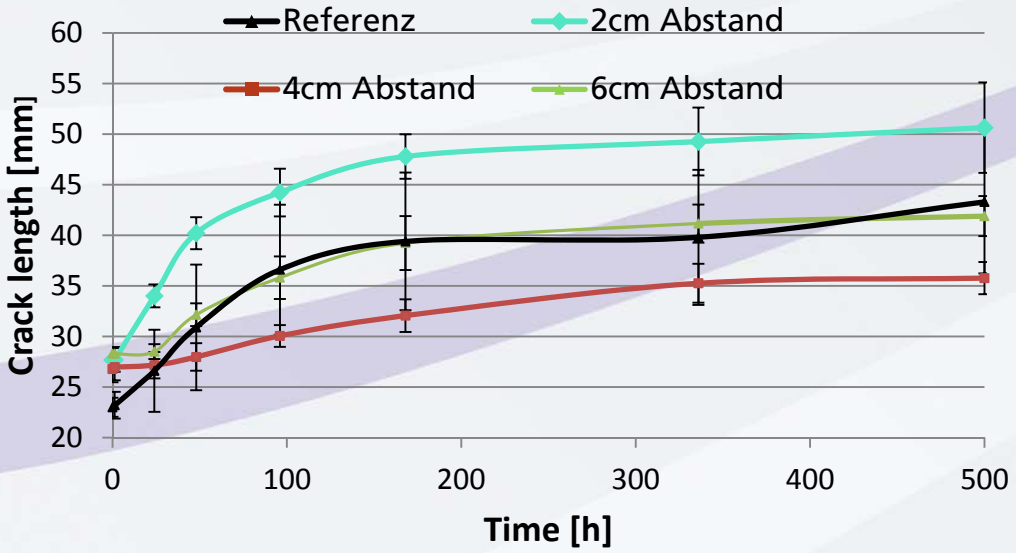
20. Zyklen : 2h bei warm/trocken, danach 4h kühl/feucht

Fraunhofer IFAM, Projekt „APACHE“

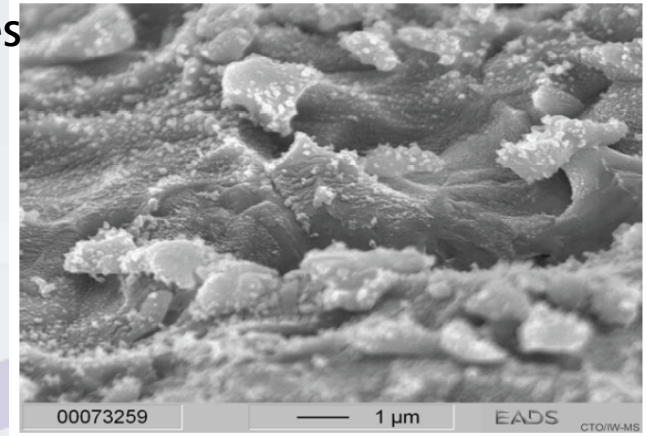
Ergebnisse der Plasmaanwendung

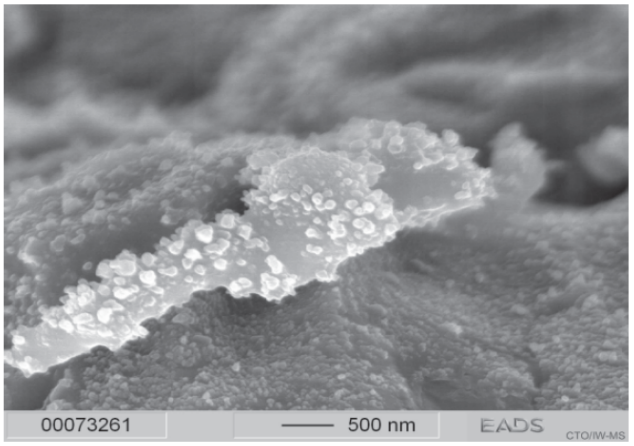
Großflächige Haftvermittler-Schichtabscheidung

- Mechanische und chemische Verankerung des Klebstoffs durch spezielles Schichtdesign
- Arbeitsabstände bis 6 cm möglich
  -> Beschichtung leicht gekrümmter Bauteile



Haftfestigkeit Keiltest



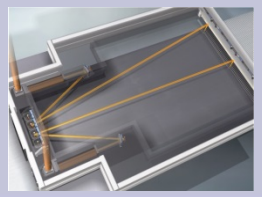


© Fraunhofer IWS

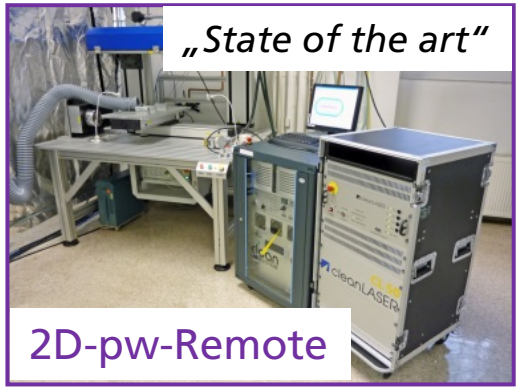
Fraunhofer IFAM

Fraunhofer IWS Dresden

Ergebnisse der Laseranwendung



Lasersysteme



Abtragstiefe: bis 5 µm

2D-cw-Remote

Abtragstiefe: größer 15 µm

„High-end“ System

Abtragstiefe: bis 10 µm @ 300 m/s

Variation: P_l, v, z_f zur Erzeugung geringer und gleichmäßiger Abtragstiefen

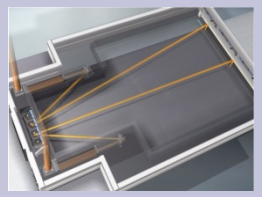
Produktivität

© Fraunhofer IWS

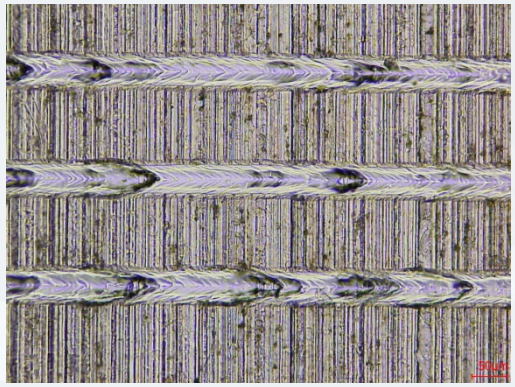
Fraunhofer IFAM

Fraunhofer IWS Dresden

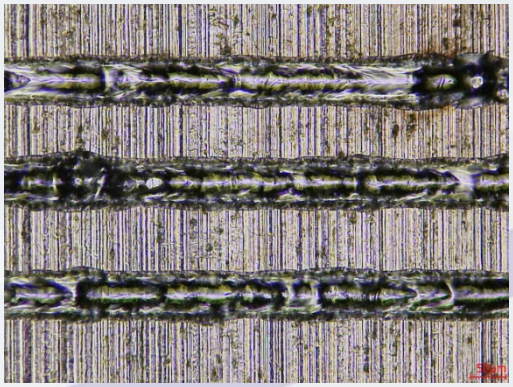
Ergebnisse der Laseranwendung



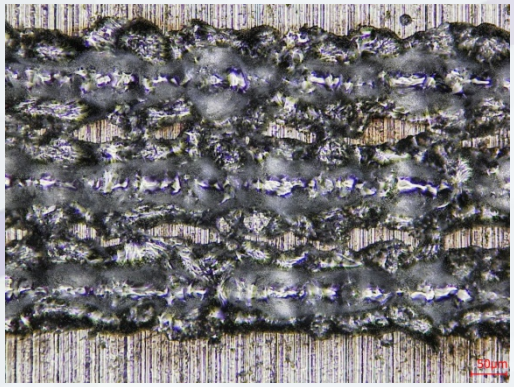
Parametereinfluss am Beispiel 2D-cw-Remote



- 350 W
- Schmelzspur



-450 W
-Übergangsspur



-700 W
-Abtragsspur

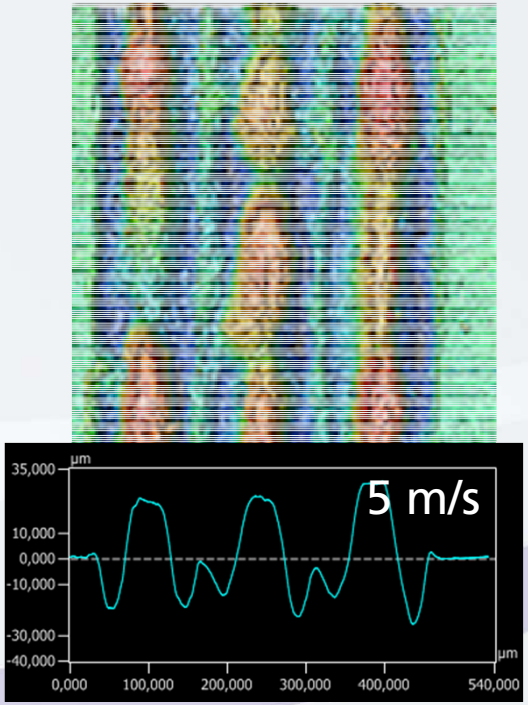
Mindestintensität und kurze Wechselwirkungszeit für Abtrag erforderlich!

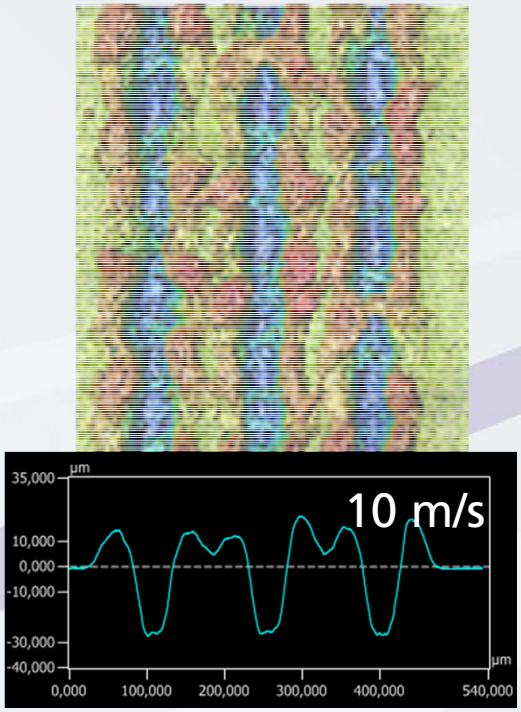
© Fraunhofer IWS

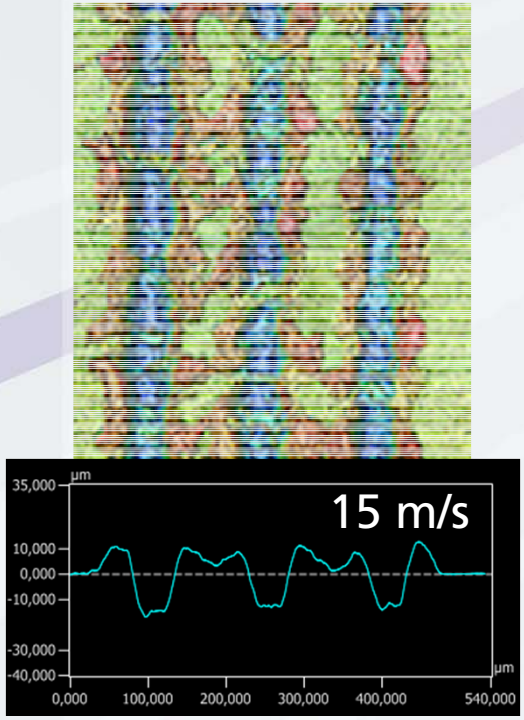
Fraunhofer IFAM
Fraunhofer IWS Dresden

Ergebnisse der Laseranwendung

Parametereinfluss am Beispiel 2D-cw-Remote







Übergang vom Schmelzen zum Abtragen

Pl = 700 W, Spurabstand: 150 µm

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM

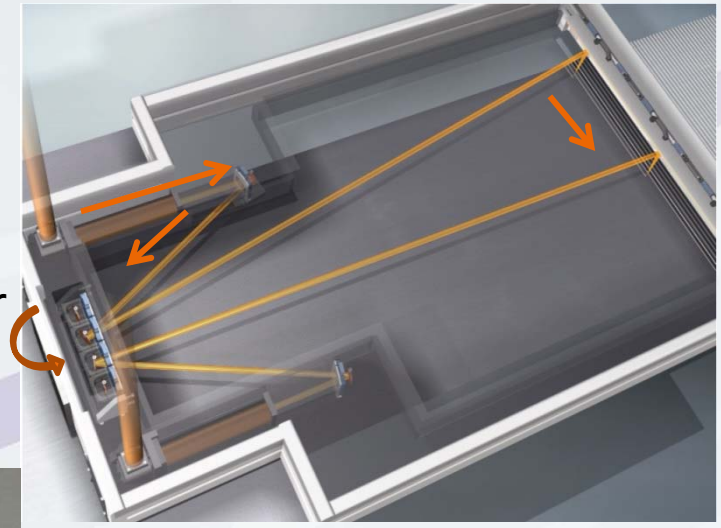
Fraunhofer IWS Dresden

Ergebnisse der Laseranwendung

Produktionsanlage für die großflächige Laserbehandlung (1D-cw-Remote)

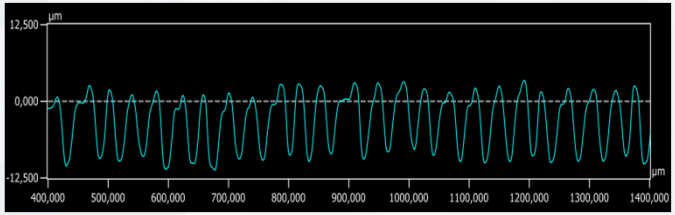
Anlagencharakteristik:

- Schnelle 1D-Strahlablenkung (bis 300 m/s)
- Kontinuierliche Bewegung des Materials (bis 80 m/min)
- Linienlänge und -abstand programmierbar

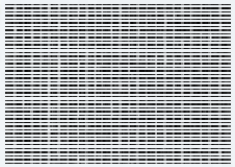


Aktuelle Versuchskonfiguration:

- P_l: 2 kW
- v_{sc}: 300 m/s
- Getakteter Materialtransport



Abtragsbreite: 35 µm
Abtragstiefe: 10 µm
Linienabstand: 40 µm



Fraunhofer IFAM
Fraunhofer IWS Dresden

Zusammenfassung

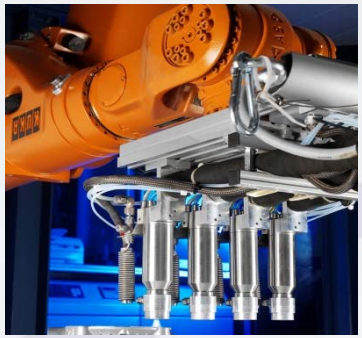
Möglichkeiten zur Behandlung großer Folien-halbzeuge für die Herstellung von Materialverbunde

<u>Plasmabehandlung</u>

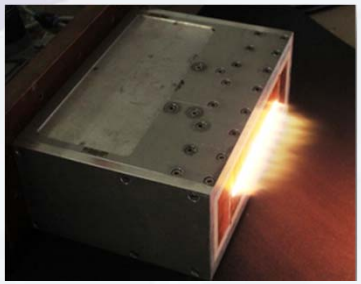
- Parallele Anordnung von Einzeldüsen
- Skalierbare LARGE-Quelle
- Roboter geführt oder feststehend in Portalanlage
- Feinreinigung, Aktivierung, Schichtabscheidung

<u>Laserbehandlung</u>

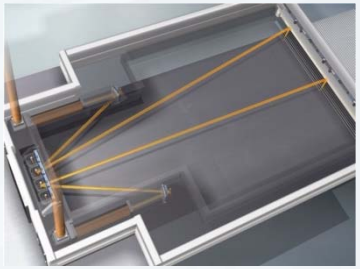
- Gepulste und Dauerstrich- Lasersysteme mit verschiedenen Wellenlängen
- Skalierbare Vorbehandlungsflächen
- Abtragen und Strukturieren von Oberflächen



(Quelle Fraunhofer IFAM)



(Quelle Fraunhofer IWS)



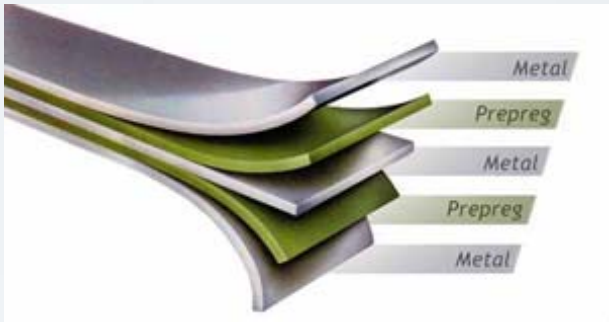
(Quelle Fraunhofer IWS)

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM

Fraunhofer IWS Dresden

Danksagung



Gefördert durch:

Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie

aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

GEFÖRDERT VOM

Bundesministerium für Bildung und Forschung

Die Arbeiten wurden teilweise im Rahmen von öffentlich geförderten Projekten durchgeführt. Dafür möchten wir uns bedanken.

- Faser-Metallrumpfkonzept und automatisierte Glare-Fertigung (LUFOV2-790-143), Teilvorhaben NFM-Glare (Förderkennzeichen 20W1517D)
- Qualitätssicheres Vorbehandeln und Kleben durch den Einsatz optischer Emissionsspektroskopie – SAFEBOND (AiF 16.317 N/DVS)
- „APACHE - Erforschung der ADP-Jet Technik zur multifunktionellen, kostengünstigen a-C:H-Schichtentwicklung“ BMBF-Projekt (Förderkennzeichen 13N12217)

© Fraunhofer IWS

Fraunhofer IFAM

Fraunhofer IWS Dresden