

# Entlacken und Reinigen von Oberflächen mit Plasma

Dr. Stefan Nettesheim, Relyon Plasma GmbH, Regensburg

*Herkömmliche Entlack- und Reinigungsverfahren von Oberflächen weisen eine Reihe verschiedener Nachteile auf, darunter beispielsweise die Möglichkeit der Beschädigung des Werkstücks, die Staubbelastung oder die Belastung der Umwelt durch Chemikalien. Dazu kommen moderne aber sehr teure Verfahren, die aus wirtschaftlichen Gründen keine Anwendung finden. Dieser Aufsatz stellt eine neuartige Plasma-Behandlung vor, die über den Einsatz einer speziellen Pulstechnik auch grobe Verschmutzungen oder dicke Schichten abtragen kann.*

*Conventional paint stripping and surface cleaning processes have a number of different disadvantages, including the possibility of damage to the workpiece, dust pollution or pollution of the environment by chemicals. In addition, there are modern but very expensive processes that are not used for economic reasons. This paper presents a new type of plasma treatment that can also remove coarse dirt or thicker layers using a special pulse technique.*

## 1 Einleitung

In den meisten Industrieländern liegen die Kosten durch Korrosion bei etwa 3–5% des Brutto-Inlands-Produkts (BIP). Dazu gehören auch Instandhaltung und Entlacken. Oft müssen für Prozesse wie Schwei-

ßen, Löten, Kleben oder lackieren Bauteile selektiv von alten Farben oder Lacken befreit werden. Dabei ist das Entfernen des Lacks oft teurer und belastender für die Umwelt als die ursprüngliche Lackierung. Indirekt gehört auch das Entfernen von Graffiti-

**Tab. 1: Qualitative Übersicht über Vor- und Nachteile einiger gängiger Verfahren**

|                         | Arbeitsgeschwindigkeit | Substrat-schädigung | Staub-/Rauchentwicklung | Umweltlast | Variabilität                           |
|-------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|------------|--|
| Sandstrahlen            | hoch                   | hoch                | hoch                    | gering     | hoch                                   |
| Hochdruck-Wasserjet     | hoch                   | mittel              | gering                  | gering     | Vorsicht bei sensiblen Strukturen      |
| Polymerpellet           | hoch                   | mittel              | hoch                    | gering     | Vorsicht bei sensiblen Strukturen      |
| CO <sub>2</sub> -Pellet | hoch                   | mittel              | mittel                  | gering     | hoch                                   |
| Brenner                 | mittel                 | hoch                | hoch                    | gering     | Überhitzung, toxische Rauchentwicklung |
| Methylenchlorid         | mittel                 | mittel              | keine                   | stark      | hoch                                   |
| Lösemittel              | langsam                | mittel              | keine                   | stark      | hoch                                   |
| Xe-Flashlamp            | langsam                | gering              | gering                  | gering     | einfache Geometrien                    |
| Laserablation (YAG)     | langsam/mittel         | gering              | mittel                  | gering     | teuer                                  |
| Gepulstes Plasma (PAA®) | mittel                 | mittel              | mittel                  | gering     | hoch, leitfähige Träger                |
| mechanisch              | thermisch              | chemisch            | optisch                 | elektrisch |  |

schmierereien, Sprühlacken, Faserstiften auf vielfältigen Untergründen zur Instandhaltung im öffentlichen und privaten Bereich. Viele einfache chemische Verfahren, wie z. B. Beizen mit Dichlormethan sind inzwischen nicht mehr zugelassen.

Typischerweise wurden dicke Schichten ( $> 1/100\text{ mm}$ ) immer zunächst mechanisch entfernt, z. B. mit Schleifen, Sandstrahlen oder Bürsten und dann nachgereinigt. Dabei entstehen große Mengen Staub und die Produktoberfläche kann geschädigt werden. Ein anderes gut etabliertes Verfahren ist der Abbrand mit Flamme oder Heißluft. Zwar entsteht so kein Staub, aber entsprechend der Zusammensetzung der Schicht eine hohe Emission gesundheitsgefährdender Brandgase. Auch nasschemische Verfahren mit aggressiven Beizen sind bei der Anwendung nicht ungefährlich. Reste der Beize können später zu Bauteil-Korrosion führen, und müssen nach dem Prozess vollständig entfernt werden. Soll mit einem nasschemischen Verfahren eine Lackschicht entfernt werden ist es wichtig, die Lackzusammensetzung und den Untergrund zu kennen, da gute Ergebnisse nur mit einer spezifischen Formulierung der Beize erreicht werden. Die häufig beworbene milde Universallösung gibt es nicht.

Moderne Verfahren, wie z. B. die Laser-Reinigung oder Trockeneisstrahlen (mit  $\text{CO}_2$ ) sind nicht in allen Fällen anwendbar und sind u.U. sehr kostenintensiv. Beim Trockeneisstrahlen ist eine kontinuierliche  $\text{CO}_2$ -Strahlmittelversorgung erforderlich. Bislang

gilt die atmosphärische Plasmabehandlung eher als eine Feinreinigungstechnik die nur auf die unmittelbare Oberfläche wirkt. Ein sauberes Abtragen von groben Verschmutzungen oder dicken Schichten war bislang nicht möglich. Durch eine Pulstechnik bei der die Leistungsdichte über die kritische Ablationsschwelle gehoben wird, können nun auch höhere Abtragungsraten erreicht werden. Eine qualitative Übersicht über die gängigen Verfahren ist in *Tabelle 1* zusammengefasst.

## 2 Prinzip der gepulsten Plasma-Ablation

Die Grundidee der gepulsten Plasma-Entlackung besteht darin, einen kurzen intensiven Entladungspuls auf die zu entfernende Schicht wirken zu lassen. Bei kurzen Pulsen mit hoher Intensität bleibt die unerwünschte thermische Tiefenwirkung aus und nur die oberen Schichten werden stark beeinflusst. Um eine Schicht über ein elektrisch gezündetes Plasma von einem Werkstück effektiv abzutragen ist prinzipiell der beste Angriffspunkt das Interface zwischen den beiden Materialien. Gelingt es, die Leistung des Abtragsmechanismus genau auf diese innere Oberfläche zu „fokussieren“ ist die Effizienz des Prozesses am höchsten. In diesem Fall ist es nicht erforderlich, die gesamte Schichtdicke schrittweise abzutragen sondern das Interface wird so stark gestresst, dass die Schicht sich ablöst.

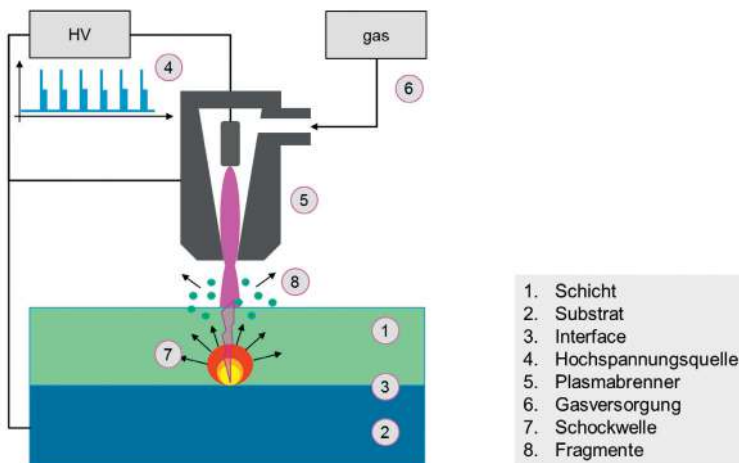


Abb. 1: Prinzipdarstellung des Ablationsprozesses

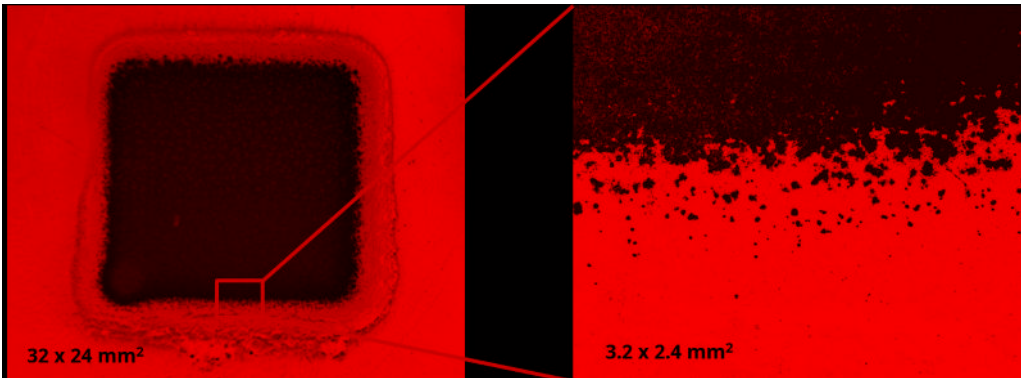


Abb. 2: Durch Rasterung entfernte Schicht von 500 µm Akryllack auf Aluminium. Das Ergebnis wurde für die gegebene Fläche in 5 s erreicht

Ein Atmosphärendruck-Plasmabrenner, bei dem die Spannungsquelle einen hohen Spannungshub erzeugen kann, kann nun so betrieben werden, dass es in einer isolierenden oder schlecht leitenden Schicht auf einem leitfähigen Material zu einem elektrischen Durchbruch kommt und pulsartig eine hohe Energie am Übergang von der isolierenden Schicht zum leitfähigen Träger freigesetzt wird. Bei kurzen Pulsen wird eine thermomechanische Druckwelle am Interface freigesetzt und die Schicht wird in einem wohldefinierten Punkt freigesprengt. Dabei entsteht nur eine geringe Menge Abbrand und die Produktoberfläche wird kaum thermisch belastet oder mechanisch geschädigt. Das Ergebnis ist eine saubere Oberfläche mit einer feinen Aufrauung, die ideal für weitere Verarbeitungsschritte aufbereitet ist. Kleben, Kontaktieren oder Beschichten kommen hier in Frage.

### 3 Ergebnisse

Ohne zusätzliche Hilfsmittel sind alle leitfähigen Substrate, wie z.B. Bleche, Aluminium, Stahl, Kupfer oder leitfähige Kohlefaserstrukturen zu bearbeiten von denen eine schlecht leitfähige Schicht entfernt werden soll. Im Folgenden werden einige Materialkombinationen gezeigt.

Besonders empfindlich gegenüber mechanischen Verfahren, wie beispielsweise Schleifen oder Strahlen, sind CFK-Werkstoffe, da die Fasern leicht beschädigt werden.

Neben der vollständigen Schichtentfernung kann durch Änderung der Bearbeitungsintensität auch eine Aufrauung oder partielle Schichtentfernung eingestellt werden.

Die Eigenschaften der freigelegten Oberfläche sind entscheidend für die weitere Verarbeitung. Soll das Bauteil neu lackiert oder beschichtet werden, muss die Oberfläche sauber, staubfrei, gut benetzbar, trocken und u.U. leicht aufgeraut sein. Auch eine leistungsfähige Verklebung auf den freigelegten Flächen ist häufig angestrebt. Bei Metallen kommt darüber hinaus noch Punktschweißen oder Löten in Frage.

### 4 Anwendungstechnik

Die Plasmaentlackung über nichtthermische Ablationsprozesse bietet eine große Anwendungsflexibilität in der Produktion, Instandhaltung und Dienstleistung.

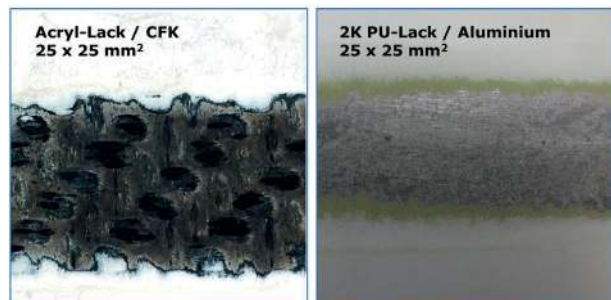


Abb. 3: Vergleich der Schichtabtragung von einem Kohlefaserbauteil und einem Aluminiumbauteil. Deutlich zu sehen ist, dass bei dem CFK Bauteil die Faser freigelegt, aber nicht geschädigt wird. Beim dem Aluminiumträger wird die ursprüngliche Oberflächenbearbeitung (Schleifspuren) sichtbar

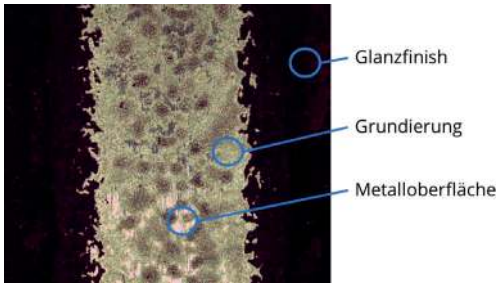


Abb. 4: Partielle Schichtabtragung von einer PU-Lackschicht mit Grundierung von einem Aluminiumbauteil

ung in nahezu allen industriellen Branchen. Je nach Aufgabenstellung können automatisierte Gesamtlösungen oder manuelle Lösungen eingesetzt werden.

## 5 Ausblick

Gepulste Plasma-Verfahren werden sich bei der Reinigungs- und Entlackungstechnik etablieren, da sehr hohe Leistungsdichten mit verhältnismäßig geringem Aufwand erzeugt werden können.

Die Funktion auf leitfähigen Substraten, wie z. B. Metallen und CFK-Werkstoffen ist erprobt. Spezielle Lösungen für die Reinigung von nichtleitfähigen



Abb. 6: Zwei Systemvarianten; Oben: Handwerkzeug mit mobilem Netzteil und integrierter Druckluftversorgung. Unten: Gekapselte automatisierte Arbeitszelle mit Luftversorgung und Absaugung

Untergründen, wie z. B. Glas und Beton sind in der Entwicklung.

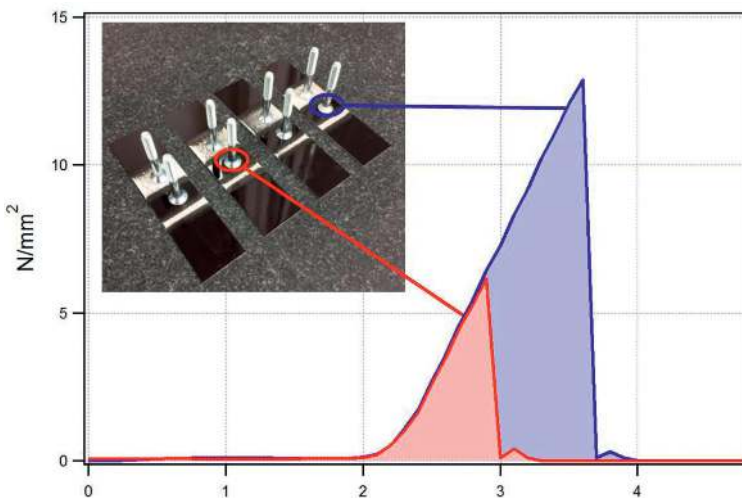


Abb. 5: Qualitätssteigerung einer Klebeverbindung (2K Epoxid/Acryllack/Aluminium). Dargestellt als Zugversuch mit einer deutlichen Erhöhung der Abreißkraft von der freigelegten Probenoberfläche