

## Feinreinigung mit Niederdruckplasma

# Dünnste Schichten effektiv abreinigen

Eine Restschmutzanalyse nach VDA 19 erfasst sehr gut die Art und Größe von Partikeln, die sich an einer Materialoberfläche befinden. Durch diese Auswertung ist es möglich, die Leistungsfähigkeit eines Reinigungsverfahrens zu beurteilen, was am Beispiel der Feinreinigung von Metalloberflächen mit einem Niederdruckplasmaprozess gezeigt werden soll.

Die technische Sauberkeit von Bauteilen erlangt einen immer größeren Stellenwert. Momentan liegt das Augenmerk in erster Linie auf den funktionsrelevanten Bauteilen, wie Drehteilen oder Gehäuseteile, die aufgrund des spanabhebenden Formgebungsprozesses verschiedene Partikelarten in die komplettierte Baugruppe einbringen können. Ist zu viel Restschmutz an der Bauteiloberfläche beziehungsweise sind die eingetragenen Partikel zu groß, so könnte dies zu Funktionsstörungen oder gar zum Ausfall der Einheit führen.

### Versuchsreihe mit Edelstahl

Die plasma technology GmbH erhält häufig Bauteile zur Reinigung im Niederdruckplasma, um den vorhandenen Restschmutz von der Oberfläche zu entfernen. Abhängig von Art und Menge der vorhandenen Verunreinigungen ist dies möglich. So wurden bereits Prozesse und Anlagen entwickelt, um von elektrostatisch aufgeladenen Kunststoffbauteilen anhaftende Stäube abzureinigen und die partikelfreie Oberfläche nach dem Belüften der Kammer in einem zweiten Prozessschritt für die nachfolgende Beschichtung zu aktivieren (Bild 1 a und b).

Dieser Ablauf hat sich bewährt, ist in der industriellen Praxis im Einsatz und ersetzt aufwendige, nasschemische, meist lösemittelhaltige Vorbehandlungsprozesse. Doch die Frage war, ob sich diese guten Erfahrungen auf metallische Oberflächen übertragen lassen. Um dies zu testen wurden Versuchsplättchen aus einer Edelstahlblechtafel entnommen, die Transportschutzfolie von der Oberfläche entfernt und drei Tage offen in der Produktion ausgelegt.

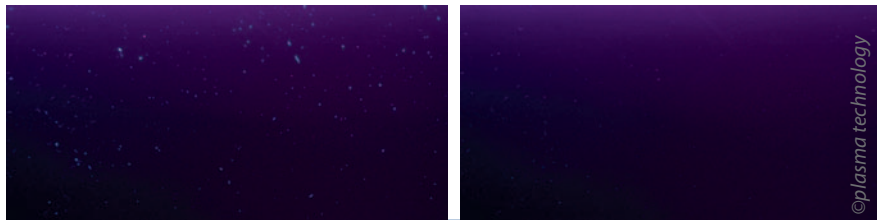


Bild 1 a und b: Ein verstaubtes Bauteil (links) wird in die Plasmakammer eingebracht, entstaubt und aktiviert (rechts) dem nächsten Verarbeitungsschritt zugeführt. Zur Veranschaulichung wurde ein dunkel eingefärbtes Bauteil verwendet, dessen Oberflächen mit UV-Licht bestrahlt wurde.

Anschließend wurden diese wie folgt behandelt und in einem externen Labor einer Partikelbestimmung unterzogen:

- Edelstahl, ohne Reinigung, direkt von der Blechtafel
- Edelstahl im Plasma gereinigt (Bild 2)
- Edelstahl mit Dampf gereinigt
- Edelstahl mit Dampf und Plasma gereinigt

### Auswertung zur technischen Sauberkeit

Bei der CleanControlling GmbH, einem unabhängigen akkreditierten Prüflabor, wurde die Restschmutz- beziehungsweise Sauberkeitsanalyse durchgeführt. Die Plättchen wurden dort im Reinraum aus der Aluminiumfolie ausgepackt und die partikulären Verunreinigungen von der Oberfläche mit einem Partikelstempel aufgenommen. Der Stempel besteht aus einem festen PUR-Schaum, an dessen Oberfläche sich ein hochweißes, homogenes Klebepad mit bekannter Sauberkeitsqualität befindet.

Nach dem Ablösen der Schutzfolie (Bild 3a), wird der Stempel senkrecht auf die zu überprüfende Oberfläche aufgedrückt (Bild 3b). Die Spezialklebefolie nimmt selbst kleinste Partikel auf, die

sich nach Abheben des Stempels, an dessen Oberfläche befinden. Mit einem Stereomikroskop wird die gesamte Stempeloberfläche im Auflichtverfahren mit automatischem Polarisationsfilter ausgewertet (Bild 4). Die detektierten Partikel werden nach Größe und in folgenden Kategorien erfasst:

- metallisch glänzende Partikel
- nichtglänzende Partikel ohne Fasern
- faserige Anteile

Die Prüfungen und die Auswertung zur technischen Sauberkeit sind in VDA 19 und in der ISO 16232 festgelegt. Betrachtet werden Partikel mit Größen von 50 bis 1000  $\mu\text{m}$ , wenn diese mit einem Stempel aufgenommen und mit einem Stereomikroskop ausgezählt werden.



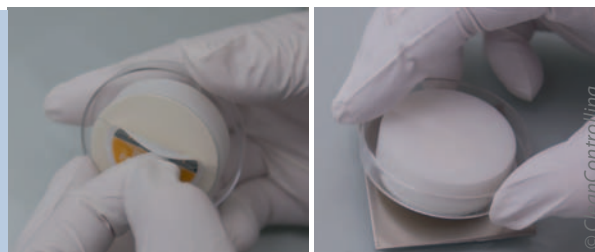
Bild 2: Edelstahlprobe bei der Reinigung im Niederdruckplasma

Die auf den untersuchten Edelstahlproben ermittelte Partikelverteilung ist in Tabelle 1 aufgeführt. Die erhöhte Partikelanzahl auf den Probenplättchen, die nach der beschriebenen Auslagerung ausschließlich im Plasma gereinigt wurden, hat folgende Ursache: Die übliche Transportschutzfolie hinterlässt beim Ablösen Klebstoffrückstände auf der Edelstahloberfläche, die mit dem bloßen Auge nicht sichtbar sind. Diese Klebstoffreste besitzen eine starke adhäsive Bindung zum Metall und können im Plasma nicht einfach abgereinigt werden. Die Ionenenergie des Plasmas reicht aus, um die Ketten des Klebstoffgefüges zu zerkleinern und deren Umorientierung zu kleineren Clustern zu ermöglichen. Das Volumen der vorhandenen und neu entstandenen Partikel ist jedoch zu groß, um diese in kurzer Zeit mit Hilfe der Ionenenergie in die Gasphase zu überführen. Die eingespeiste Energie zu erhöhen und die Einwirkdauer des Plasmas zu verlängern, könnte möglicherweise zu einer Umsetzung führen. Dieser Zusammenhang muss in einer separaten Versuchsreihe geklärt werden.

**Kombination von zwei Reinigungsprozessen**

Mit der ebenfalls durchgeführten Dampfreinigung werden durch das Einwirken von Temperatur und Druck die adhäsiven Kräfte zwischen Klebstoff und Blech aufgehoben und der gelöste Restschmutz mit dem Wasser abgeführt. Das Ergebnis ist in diesem Fall eine partikelfreie Edelstahloberfläche. Wird diese gesäuberte Oberfläche einer Plasmaatmosphäre ausgesetzt, so werden die letzten organischen Kontaminationen wie Öl- und Fettrückstände zu Wasser und Kohlendioxid umgesetzt [1]

Bild 3 a und b: Abziehen der Schutzfolie vom Partikelstempel (links) und Aufsetzen des Stempels auf die Probenoberfläche (rechts)



und abführt. Bei dieser oxidativen Plasmareinigung wird als Prozessgas Sauerstoff verwendet, da hier die Abbauraten deutlich höher sind als mit anderen Prozessgasen.

Dass diese Feinreinigung der Oberfläche stattgefunden hat, war sehr deutlich beim Ablösen des Partikelstempels festzustellen. Dieser konnte, obwohl er mit gleichem Druck auf die Blechprobe aufgesetzt worden war, nur unter größten Bemühungen von der hochreinen Oberfläche wieder abgelöst werden.

Somit bleibt festzuhalten, dass die Feinreinigung von Metalloberflächen mit einem Niederdruckplasmaprozess grundsätzlich möglich ist, wenn

- dünnste organische Schichten abzureinigen sind,
- die zu entfernenden Partikel lose aufliegen und
- bereits eine Vorreinigung stattgefunden hat.

Die alternative Reinigungsphilosophie sieht nun so aus, dass – wenn erforderlich – nach einem (Grob-)Reinigungsprozess ein sauberes Plasmaverfahren eingesetzt wird [2]. Das heißt zwei sich ergänzende Reinigungsprozesse – nasschemisch/Dampf und Niederdruckplasma – werden kombiniert, wenn neben der technischen Sauberkeit, sprich Partikelfreiheit, auch die Freiheit von dünnsten filmischen Verunreinigungen gefordert ist und diese ohne Lösemiteileinsatz generiert werden soll.

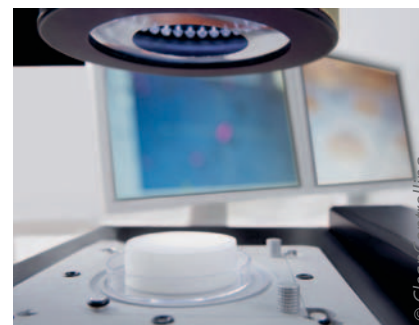


Bild 4: Auswertung des vom Partikelstempel aufgenommenen Restschmutzes mit einem Stereomikroskop

Dabei ist es vorteilhaft, dass das Niederdruckplasma eine hohe Spaltgängigkeit besitzt. Selbst kompliziert geformte Teile können gereinigt werden, da das Plasma auch in solche Hohlräume dringt, die von Flüssigkeiten nicht erreicht werden [3]. Die auf diese Weise erzeugten hochreinen Oberflächen werden immer dann benötigt, wenn es gilt die Haftfestigkeit von Beschichtungen oder Verklebungen sicherzustellen.

Mit dieser Versuchsreihe wurde gezeigt, dass sauber nicht gleich sauber ist und vorhandener Restschmutz einfach und effektiv charakterisiert werden kann.

*Simone Fischer*

**Parts2clean, Halle 6, Stand 6112**

**Literatur**

- [1] Gerhard Blasek, Günter Bräuer, Vakuum Plasma Technologien, 2010, S. 1090
- [2] Gerhard Blasek, Günter Bräuer, Vakuum Plasma Technologien, 2010, S. 1090
- [3] Dr. Matthias Beß, Reinigen und Vorbehandeln vor der Beschichtung, Handbuch OTTI-Fachtagung, 2009, S. 205

**Kontakt:**

CleanControlling GmbH, Emmingen-Liptingen, Tel. 07465 9296780, info@cleancontrolling.de, www.cleancontrolling.de  
 Plasma technology GmbH, Herrenberg, Tel. 07032 918380, info@plasmatechnology.de, www.plasmatechnology.de

	Anzahl der Partikel			
	ohne Reinigung	Plasma-reinigung	Dampf-reinigung	Dampfreinigung + Plasmareinigung
metallische glänzende Partikel ab 50 µm	188	434	0	0
nichtglänzende Partikel ohne Fasern ab 50 µm	198	689	0	0
faserige Anteile ab 50 µm	10	11	1	0
Summe ab 50 µm	396	1134	1	0

**Tabelle 1: Ergebnis der an den Edelstahlproben durchgeführten Restschmutzanalyse**