

1

## OPTIMIERTE REINIGUNGSKETTE FÜR DIE PLASMABESCHICHTUNG VON WERKZEUGEN

Bei der Produktion von Zerspanungswerkzeugen entstehen Oberflächen- und Randschichtzustände, die für eine nachfolgende Beschichtung eine möglichst effiziente Reinigungsprozedur erfordern. Um neben der Vermeidung entsprechend aggressiver nasschemischer Reiniger auch weitere technologische Vorteile zu generieren, war das Fraunhofer IST in einem DBU-Verbundprojekt gemeinsam mit Partnern aus Industrie und Forschung erfolgreich an der Erarbeitung und Evaluierung einer alternativen Reinigungsprozesskette beteiligt.

### Die Reinigungsprozesskette

Die entwickelten Kombinationen aus aufeinander abgestimmten Vorbehandlungsprozessen ermöglichen eine hohe Reinigungswirkung bei deutlich reduzierter Umweltbelastung. Gleichzeitig sind zusätzliche technologische Funktionen wie die Einstellung der Schneidkanten geometrie bei geometrisch komplexen Zerspanungswerkzeugen möglich. Dies ergibt eine wirtschaftliche Alternative zu herkömmlichen Reinigungsprozessen.

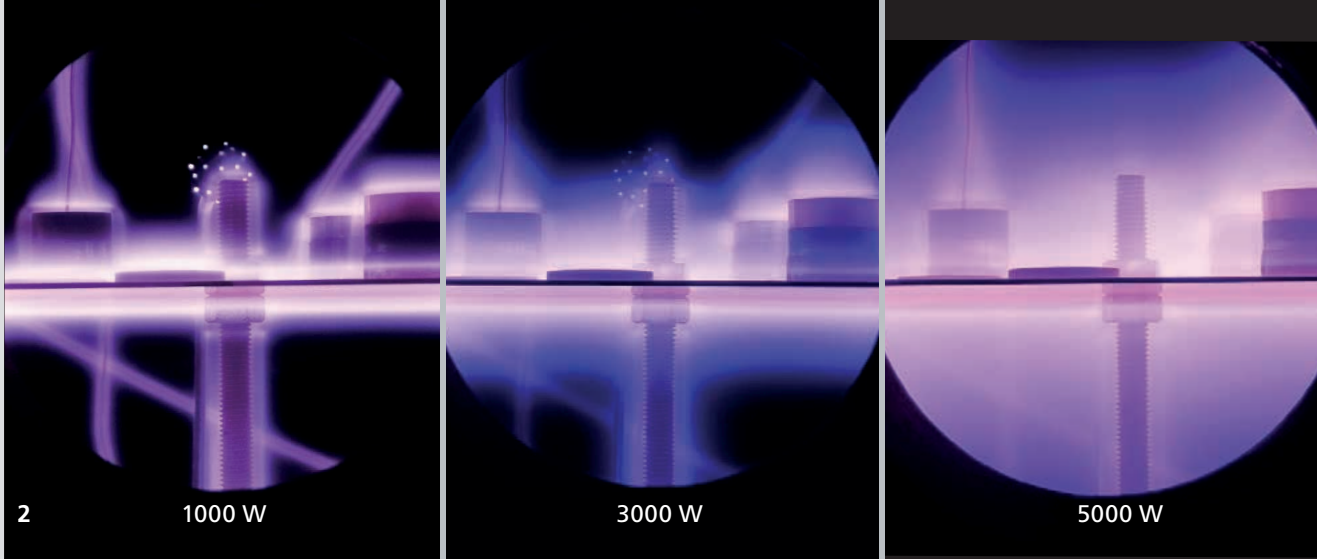
Um die Prozesssicherheit der in der Produktion nachfolgenden Vakuumbeschichtungsprozesse zu steigern, wurden folgende Einzelverfahren in unterschiedlicher Verkettung untersucht und mithilfe von Zerspanungsversuchen evaluiert:

- Wässrige zweistufige Reinigung mit biologisch abbaubaren Reinigern
- CO<sub>2</sub>-Trockenschneestrahlen für die lokale rückstandsfreie Reinigung
- Plasmaelektrolytisches Polieren mit umweltverträglichen Medien
- Plasmafeinreinigung im Vakuum mit neuartigen Generatorkonzepten

### Die einzelnen Verfahren

Als Weiterentwicklung des State of the Art in der Produktion wurde für das wässrige Reinigungsverfahren ein zweistufiges Reinigungskonzept so gewählt, dass der größtmögliche Effekt mit der kleinstmöglichen Einsatzmenge erreicht wird. Die intelligente Wirkstoffkombination hält die pH-Werte der eingesetzten wässrigen Reiniger in einem moderaten neutralen Bereich und lässt sich biologisch abbauen. Das Arbeiten mit dem auf Überschallgeschwindigkeit beschleunigten CO<sub>2</sub>-Schneestrahl ermöglicht die effiziente und schonende Entfernung partikulärer und filmischer Verunreinigungen wie u. a. Staub, Rückstände von Polierpasten, Öle oder Schneidemulsionen. Dieses Verfahren kann automatisiert und lokalisiert für die Reinigung schwer zu erreichender Geometriebereiche eingesetzt werden.

Beim Plasmaelektrolytischen Polieren (PEP) wird das zu behandelnde Bauteil in einem Elektrolyt aus nichttoxischen Salzen und Wasser durch Anlegen einer Spannung von einigen 100 V gereinigt und poliert. Neben sehr guten Reinigungsergebnissen werden Grate und Verunreinigungen im gleichen Prozessschritt entfernt. Außerdem lassen sich die Schneidkantenradien der Werkzeuge gezielt einstellen.



1 Schematische Verfahrenskette ÖkoClean.

2 Plasmafeinreinigung mit gepulsten Plasmen bei unterschiedlichen Plasmaleistungen.

Für den letzten Schritt der Vorbehandlung wird die Substratoberfläche unter Vakuumbedingungen mittels plasmachemischer und plasmaphysikalischer Prozesse von jeglichen chemischen Verbindungen von der Mikro- bis zur Nanometer-Skala befreit und chemisch aktiviert. Vor allem für die Anbindung bzw. Haftung nachfolgend aufgetragener Schichten spielt dies eine wesentliche Rolle. Ausschlaggebend für eine effektive Reinigung sind dabei die vorherrschenden Plasmabedingungen, die in weiten Bereichen durch Variation der Pulsgeometrie, Beschleunigungsspannungen und Plasmaleistung modifiziert werden können (vgl. Abb. 2).

### Vergleich der einzelnen Reinigungsverfahren

In der Entwicklung der Verfahrenskette wurden verschiedene Einzelverfahrenskombinationen an künstlich verschmutzten Zerspanwerkzeugen appliziert. Um eine bestmögliche Vergleichbarkeit herzustellen, wurde dazu eine synthetische Referenzverschmutzung aus Ölen, Fetten, Partikeln und Suspensionen der relevanten Fertigungskette entwickelt. Vor der Evaluierung wurden die Werkzeuge bezüglich Schneidkantenradien und Oberflächenrauheit sowie die Schichthaftung qualifiziert. Die maximale Standzeit der Werkzeuge wurde dann in einer Zerspanungsuntersuchung bestimmt.

Eine Bewertung der Ergebnisse zeigt den direkten Einfluss der Einzelverfahren in der jeweiligen Kette:

- Jegliche Reinigungsketten ohne Plasmafeinreinigung zeigen eine deutlich geringere Schichthaftung und Standzeit als Chargen mit integrierter Plasmafeinreinigung.
- Die optimierte wässrige Reinigung hat in der Verkettung keinen weiteren Einfluss, ist als Einzelverfahren aber mindestens so gut wie die Referenz.
- CO<sub>2</sub>-Strahlen besitzt den technologischen Vorteil der lokal fokussierten Reinigungsmöglichkeit.
- Beim PEP können neben der Entfernung starker Verschmutzungen auch Schneidkantenradien eingestellt werden.
- Die Verkettung von PEP mit CO<sub>2</sub>-Strahlen zeigt insgesamt die höchste Relevanz bezüglich der industriellen Nutzbarkeit. Die Reihenfolge zeigt dabei keinen signifikanten Einfluss.

### KONTAKT

Dipl.-Ing. Hanno Paschke  
 Telefon +49 231 844-5453  
 hanno.paschke@ist.fraunhofer.de