

» DAS WIRD DER **RENNER** AUF DER DIESJÄHRIGEN SURFACE TECHNOLOGY

EINEN VORGESCHMACK GIBT'S AUF SEITE 24/25

Besuchen Sie uns:
Halle 1, Stand C41, (42)

5.-7. Mai 2026
Stuttgart • Germany



IED, BREF, Industriestrompreis

ZVO setzt Akzente

Seite 20

ZVO-Oberflächentage 2026

Erstmals in Karlsruhe

Seite 26

Messe teil

SurfaceTechnology GERMANY 2026

Seite 35

Fachaufsatz

Oberflächenbehandlung und nachhaltig und wirtschaftlich elektrolytisches Plasmapolier

Bei Herstellungsprozessen werden zunehmend höhere Anforderungen hinsichtlich Qualität, Wirtschaftlichkeit und Umweltverträglichkeit gestellt. Gratfreiheit, Präzision, technische Sauberkeit etc. einzelner Komponenten stehen dabei ebenso im Fokus wie optimierte Fertigungsabläufe und umweltfreundliche Technologien. Somit ist es von essenzieller Bedeutung, den Fertigungsaufwand so weit wie möglich zu minimieren und nachhaltig zu gestalten. Eine Möglichkeit bietet sich durch Anwendung des umweltverträglichen elektrolytischen Plasmapolier-Verfahrens (EPP), im englischsprachigen Raum unter Plasma Electrolytic Polishing (PEP) bekannt. Für die Nachbehandlung von mechanisch oder additiv gefertigten Teilen werden mit EPP/PEP in einem Arbeitsgang die Oberflächengüte deutlich verbessert sowie Feinstgrate, partikuläre und filmische Verunreinigungen entfernt. Die Maßhaltigkeit präzise gefertigter Teile bleibt dabei erhalten. In der Regel sind eine Vor- bzw. Nachreinigung ebenso wenig erforderlich wie teilespezifische Sonderwerkzeuge.

Bei den vielen Schritten eines Fertigungsprozesses werden aus Rohmaterialien zunächst Einzelkomponenten, dann Baugruppen und schließlich Endprodukte hergestellt. Diese müssen sowohl der Spezifikation entsprechen als auch den wirtschaftlichen und den Anforderungen des Marktes Rechnung tragen und darüber hinaus dem Umwelt- und Nachhaltigkeitsgedanken gerecht werden. Zudem bedingen die einzelnen Fertigungsschritte einander und bauen aufeinander auf, denn die Ausgangsgrößen des vorhergehenden Produktionsschritts sind die Eingangsgrößen des Folgeschritts, sodass an die Qualität einzelner Komponenten hohe Anforderungen gestellt werden. Häufig müssen vor dem nächsten Arbeitsschritt Grate und Verunreinigungen entfernt werden. Das EPP/PEP ist eine vergleichsweise junge und innovative Technologie und kann dabei eine wirkungsvolle Option sein. Das Verfahren wird bei der Oberflächenbehandlung von Metallen eingesetzt, wobei beeindruckende Ergebnisse erzielt werden. Im Gegensatz zu anderen elektrolytischen Verfahren, bei denen aggressive Medien eingesetzt werden, ist diese Technologie durch die Verwendung eines wässrigen Elektrolyten umweltfreundlich und nachhaltig. Plasmapolieren kann vor allem dort mit seinen Stärken punkten, wo es um die Oberflächenbehandlung komplexer, hochgenau gefertigter Teile, höchste Ansprüche an die Oberflächengüte, Präzisionsfinish sowie umweltschonende und nachhaltige Bearbeitung geht. Spezielle Werkzeuge, die der Bauteilgeometrie angepasst werden müssen, sind nicht erforderlich. Die Erzielung bester Bearbeitungsergebnisse gelingt jedoch nur durch die richtige Wahl der auf den jeweiligen Anwendungsfall angepassten Bearbeitungsparameter. Die Spezialisten von plasotec sind bereits seit Anfang der 2000er Jahre auf diesem Gebiet tätig. Aus einem erfolgreichen ZIM-Förderprojekt hervorgegangen, wurde

schließlich 2007 die GmbH gegründet, die seitdem kontinuierlich wächst und erfolgreich am Markt tätig ist. Davon zeugen sowohl die vielen Schutzrechte als auch die Auszeichnungen und nicht zuletzt der große Kundenkreis, der von KMUs bis zu den ganz großen Unternehmen im In- und Ausland reicht, die seit vielen Jahren mit plasotec vertrauensvoll zusammenarbeiten [1].

Wirkungsweise und Verfahrensmerkmale

Bei diesem elektrolytischen Verfahren wird das metallische Werkstück in ein werkstoffspezifisches, elektrolytisches Bad eingetaucht. Eine Gleichspannung liegt am Werkstück und der Wanne an, wobei das Werkstück positiv, das heißt anodisch gepolt, die Wanne wiederum, in der sich der flüssige Elektrolyt befindet, dann folglich negativ als Kathode gepolt ist. Der eingesetzte Elektrolyt besteht lediglich aus einer wässrigen Ammoniumsulfat-Lösung und ist, im Gegensatz zu dem hinlänglich bekannten Elektropolieren, frei von aggressiven, giftigen und toxischen Substanzen. Damit sich ein Plasma an der Oberfläche herausbilden kann, wird eine Spannung von mindestens 200 VDC, in der Regel jedoch von über 300 VDC verwendet. Der sich ausbildende Stromfluss ist abhängig von der Oberfläche und liegt bei etwa $0,15 \dots 0,2 \text{ A/cm}^2$. Sobald das unter elektrischer Spannung stehende Werkstück in den Elektrolyten eintaucht, kommt es an der Anode zu Entladungsvorgängen, die eine Dampfbildung an der Bauteiloberfläche zur Folge haben. Es kommt zur Ausbildung eines Plasmas sowie zu elektrochemischen Reaktionen. Diese Vorgänge führen zu einem minimalen Materialabtrag, wodurch feinste Grate sowie Mikro-Rauheiten beseitigt werden und somit, mikroskopisch gesehen, eine Homogenisierung des Oberflächenprofils stattfindet.

Durch die Dampf- und Plasmawolke, die das gesamte Bauteil umschließt, werden zudem alle organischen und anorganischen Verunreinigungen entfernt, sodass die Oberflächen nach der Bearbeitung frei von Fett und Kühlschmierstoffen (KSS) sind und anschließend lediglich mit Wasser kurz abgespült und getrocknet werden. Anlauffarben und Verfärbungen werden beseitigt, wobei die Teile thermisch nicht beansprucht werden. Ein weiterer wesentlicher Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass eine Vorreinigung der Teile vor dem Plasmapolieren in der Regel nicht erforderlich ist, da die Verunreinigungen durch das Verfahren selbst entfernt werden. Der durchschnittliche Materialabtrag ist unter anderem materialabhängig und beträgt 4 bis 10 $\mu\text{m}/\text{min}$. Er findet gleichmäßig an den Unebenheiten der Oberfläche statt. Die Grundmaße und damit die geometrische Form des Werkstücks bleiben erhalten, was gerade bei der Bearbeitung von Präzisionsteilen mit engen Form- und Lagetoleranzen von entscheidender Bedeutung ist. Da sich die Abtragsrate, bei definierten und konstanten Randbedingungen, zeitlich nahezu linear verhält, ist durch einen gesteuerten Polierprozess ein sehr genaues

Reinigung: Effizient, in der Prozesskette durchren

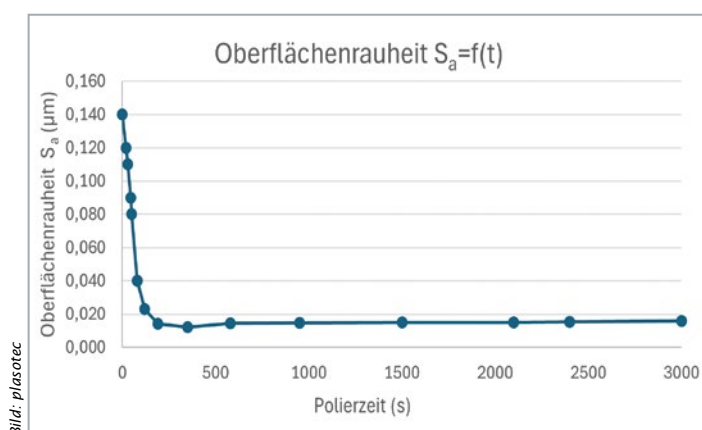


Abb. 1: Entwicklung der Oberflächenrauheit in Abhängigkeit von der Polierzeit; Material 1.4301

und reproduzierbares Bearbeitungsergebnis erreichbar [2] (siehe Abbildung 1). Eine mikrometergenaue Bearbeitung auf das Endmaß wird so möglich, was gerade bei gehärteten Präzisionsteilen, bei denen ein Präzisionsfinishing nach den Härten schwierig ist, große Vorteile bringt. Die Oberflächen- und Rauheitswerte (R_a , R_z) lassen sich damit nachweislich um den Faktor 10...15 verringern, was in späteren Applikationen, zum Beispiel bei nachfolgenden Klebe- oder Lötprozessen, einen entscheidenden Einfluss auf die funktionalen Eigenschaften eines Bauteils haben kann. Plasmapolierte Oberflächen sind durch geringere Adhäsion gekennzeichnet, sodass sich ein deutlicher Lotuseffekt (nachgewiesen durch Kontaktwinkelmessung) einstellt, der das Anhaften von Verunreinigungen erschwert. Zudem weisen derart behandelte Teile ein gutes Reinigungs-, Abtropf- und Trocknungsverhalten auf, was gerade im Bereich der industriellen Teilereinigung, zum Beispiel bei Warenträgern, ein nicht zu unterschätzender Vorteil ist [4]. Aus plasmapolierten Oberflächen lösen sich, wie mit dem Salzsprühnebeltest bewiesen werden konnte, weniger Eisen- und Nickelbestandteile heraus, außerdem bildet sich eine Passivschicht, sodass diese Oberflächen eine höhere Korrosionsbeständigkeit aufweisen [3].

Da es sich um ein elektrolytisches Verfahren handelt, lassen sich mit dem Plasmapolieren Metalle, insbesondere

- nichtrostenden Stähle
- Kobalt-Chrom- und Kobalt-Chrom-Molybdän-Verbindungen
- Nickel, Nickelbasislegierungen
- Titan, Titanlegierungen
- Kupfer, Messing, Bronze
- Wolfram
- Molybdän

sehr gut bearbeiten [1]; [2].

Anwendungsgebiete [4]; [5]

Medizintechnik

Durch die bereits genannte Entfernung von Verunreinigungen ist dieses Verfahren prädestiniert für die Bearbeitung von Medizinprodukten und zugelassen nach DIN ISO 13485. Die Oberflächen von mechanisch oder additiv gefertigten Instrumenten und Implantaten aus nichtrostendem Stahl, Titan und Titanlegierungen lassen sich gut bearbeiten. Die bereits genannten Vorteile, wie das Entfernen von partikulären und filmischen Verunreinigungen, die Erstellung von funktionalen Oberflächen über den Glanzgrat sowie der definierte, zeitlich steuerbare Materialabtrag, der die gewünschte Beibehaltung von scharfen Kanten ermöglicht, und die erhöhte Korrosionsbeständigkeit bei Produkten, die ständigen Sterilisationszyklen ausgesetzt sind, kommen zum Tragen.

Feinmechanik

An feinmechanische Werkstücke werden oftmals hohe Anforderungen an Gratfreiheit und Maßhaltigkeit gestellt. Zudem sind diese Teile meist filigran und mechanisch oder oberflächenempfindlich. Die speziellen Vorteile des elektrolytischen Plasmapolierens lassen sich bei der Bearbeitung solcher Teile besonders gut nutzen. Durch die sehr kleinen und zeitlich steuerbaren Abtragsraten während des Polierprozesses werden störende Grate schonend entfernt, darüber hinaus bleiben die Ausgangsmaße der Werkstücke erhalten. Ein wichtiger Umstand, der gerade bei der Behandlung von passgenauen Teilen eine wichtige Rolle spielt. Die Werkstücke werden thermisch und mechanisch nicht belastet und somit die Oberflächenstrukturen nicht geändert. Unter den entsprechenden Rahmenbedingungen sind Bearbeitungsergebnisse mit Rauheitswerten, die unter $R_a < 0,1 \mu\text{m}$ und $R_z < 1 \mu\text{m}$ liegen, eher die Regel als eine Ausnahme. Solche Oberflächen führen unter anderem zu besseren Gleiteigenschaften, Reibungsverluste werden reduziert und die Verschleißfestigkeit erhöht, was zu einer Verlängerung der Lebensdauer plasmapolierter Bauteile führt.

Halbleiterindustrie

Die hochkomplexe Halbleitertechnik stellt höchste Anforderungen an Komponenten, die in Maschinen und Anlagen der Halbleiterindustrie verwendet werden. Gerade für diese sehr anspruchsvollen Anwendungsfälle gibt es spezielle Elektrolyte und Bearbeitungsmethoden. Ein hohes Maß an Präzision, Zuverlässigkeit und Nachhaltigkeit, gepaart mit einem sicheren und reproduzierbaren Handling, sowie die umfassende Dokumentation von Prozessabläufen sind ein Garant dafür, den hohen Anforderungen der Halbleiterindustrie gerecht zu werden.

Bilder: plasotec



Abb. 2: Geschweißte Rohrbaugruppe links vor, rechts nach EPP/PEP



Abb. 3: Trichter für Schüttgüter der Lebensmittelindustrie links vor, rechts nach EPP/PEP

■ ■ ■ **Lebensmittel- und Pharmaindustrie sowie chemische Industrie**

Die geringe Rauheit plasmapolierter Oberflächen und der hohe Grat an Reinheit sind ideale Voraussetzungen für die Behandlung von Komponenten, die zum Fördern, Dosieren und Speichern von festen, flüssigen und dampfförmigen Medien dienen. Die so behandelten hochwertigen Oberflächen weisen einen geringen Reibwert auf, sodass ein reibungsbedingter Wärmeeintrag in das Fördergut sowie ein Anhaften von Partikeln und Stoffen deutlich reduziert wird. Dadurch werden höhere Fließ- und Fördergeschwindigkeiten beim Transport der Me-



Abb. 4: Additiv gefertigte Gelenkschale links vor, rechts nach EPP/PEP

Checkliste für Betriebe

- umweltschonendes, nachhaltiges Verfahren zum gleichzeitigen Entgraten, Polieren und Reinigen
- kein Einsatz von umweltschädlichen Substanzen und hochkonzentrierten Säuren (Umwelt- und Arbeitsschutz)
- keine Vorbehandlung oder spezielle Vorreinigung der Werkstücke
- hohe Oberflächengüte (Ra, Rz)
- minimaler, gleichmäßiger, steuerbarer Materialabtrag – Beibehaltung der Geometrietreue bzw. Erzielung eines definierten Endmaßes
- gute Benetzungs-, Reinigungs- und Trocknungseigenschaften
- zugelassen für die Medizintechnik (ISO 13485)
- Bearbeitung komplexer Strukturen möglich
- bisher unerreichter Glanzgrad, Glanzgrad einstellbar (funktionale Oberflächen)
- Erhöhung der Korrosionsbeständigkeit
- geringste thermische und mechanische Beanspruchung der Oberfläche ($t < 100 \text{ }^\circ\text{C}$)
- keine teilespezifischen Werkzeuge

dien möglich. Nicht zuletzt kann somit der Reinigungsaufwand, zum Beispiel bei Chargenwechsel oder Verschmutzung, verringert werden.

Additiv gefertigte Produkte

Ein relativ junges Anwendungsgebiet ist die Nachbearbeitung additiv gefertigter metallischer Bauteile. Durch nahezu beliebige geometrische Komplexität, eine geforderte hohe Oberflächengüte oder die Einhaltung von Toleranzen wird die Nachbearbeitung der Teile überaus anspruchsvoll. Beim EPP/PEP reinigt und poliert die das Bauteil allseits umschließende Gas- und Plasmawolke nicht nur die Oberfläche, sondern entfernt auch lose oder nicht vollständig verschmolzene Partikel. Die mitunter sehr feinen Bauteilstrukturen werden schonend behandelt. Damit wird diese Technologie zu einer überaus interessanten Methode der Oberflächenbehandlung und des Finishings additiv gefertigter Werkstücke.

Ständig werden neue Anwendungsgebiete erschlossen und sowohl die Verfahrens- als auch die Anlagentechnik weiterentwickelt und an neue Anforderungen angepasst.

Matthias Kroll, plasotec GmbH

Literatur

- [1] www.plasotec.de
- [2] Vortrag Tobias Weise auf der Fachtagung „Entgrattechnologien“, Nürtingen 2018
- [3] Vortrag Tobias Weise auf der Messe „Surface Technology“, Stuttgart 2018
- [4] Vortrag Matthias Kroll auf der 33. Fachtagung „Industrielle Bauteilreinigung“, Esslingen 2025
- [5] Vortrag Matthias Kroll auf der Fachtagung „ZVO-Oberflächentage“, Berlin 2025