

# Optimieren des Spülergebnisses

## Teil 2: Spülen ist berechenbar und beherrschbar – Beispiele aus der Praxis

Der vorangegangene Teil der Beitragsreihe befasste sich mit den Grundlagen der Spültechnik und den steigenden Anforderungen an die Spülwasserqualität. Dieser Teil soll zeigen, welche besonderen Anforderungen in den unterschiedlichen Branchen in der Praxis gestellt werden, wie typische Fehlerbilder aussehen und welche Ursachen dahinter stecken.

Je nach Anwendungsfall unterscheiden sich die Anforderungen an Prozesswasser zum Spülen stark. So gelten gerade in der Medizinaltechnik höchste Anforderungen an das Spülwasser, insbesondere wenn es sich um komplexe Oberflächengeometrien handelt, wie sie sich zum Beispiel bei den typischen Hohlschrauben zeigen. Die Kreislaufführung ist in diesem Sektor recht neu und hat gegenüber der End-of-Pipe-Technologie eindeutige ökologische und ökonomische Vorteile. Deshalb ist der Bereich der Aufbereitung von Prozesswässern zur Spülung von Implantaten und Instrumenten in der Medizinaltechnik ein gutes Beispiel, um zu verdeutlichen, welche Maßnahmen erforderlich sind, um Spülwässer bei extremen Anforderungen im Kreislauf zu betreiben.

### Mikrobiologische Anforderungen in der Medizinaltechnik

Das Spülwasser dient zur Reinigung von chirurgischen Implantaten im galvanischen Prozess. In der Produktion werden Galvanoautomaten zum Elektro-polieren von Edelstahl sowie Anodisieren von Titan betrieben. Neben einer UV-Entkeimung sind Sterilfilter erforderlich, um eine Entfernung der abgestorbenen Mikroorganismen zu gewährleisten. Die Strahlerleistung der UV-Lampe wird online gemessen und registriert. Präventiv sind spezielle, sterile Be- und Entlüfter für die Behälter erforderlich. Der Einsatz von Biozid ist hier keine Alternative, denn das Risiko von Rückständen auf den Werkstücken wäre nicht akzeptabel. Diese müssen absolut rein und keimfrei sein.

Für Rohrleitungen sollten nur Edelstahl, PVDF oder wulstarm geschweißtes PP (IR-Schweißung) zum Einsatz kommen.

Die Ionenaustauscherharze müssen garantiert TOC-arm (Total Organic Carbon) sein, ähnlich denen, wie sie auch im Bereich der Kerntechnik zum Einsatz kommen. Der TOC-Gehalt im Spülwasser muss ebenfalls online gemessen und registriert werden.

### Sensible chemische Vorgänge in der Mikroelektronik

Bei der Herstellung von Leiterplatten und Teilen der Mikroelektronik werden immer engere Leiterbahnen und Strukturen hergestellt. Die zumeist chemischen Vorgänge reagieren sehr sensibel auf den Eintrag von Fremdlösungen durch unzureichende Spülung. Mikroorganismen in der Größe von Algen führen unweigerlich zu Fehlern und Ausschuss. Eine zentrale Kreislaufführung von Spülwässern erzeugt

sogenannte Querverschmutzungen, die ebenfalls zu Störungen der Prozesse führen können. Die spezifische Verschleppung beträgt von 50 bis 250 ml/m<sup>2</sup> Zuschnitt von Innenlagen mit 0,2 mm Dicke bis hin zu Multilayer-Platinen mit 4,0 mm Dicke und 500.000 Bohrungen. Der Abwasseranfall beträgt nach der Erfahrung von ProWaTech etwa 200 bis 1.000 Liter pro Quadratmeter Zuschnitt. Die elektrolytische Rückgewinnung von Kupfer kommt wegen den hohen Rohstoff- und Transportkosten zunehmend häufiger zum Einsatz.

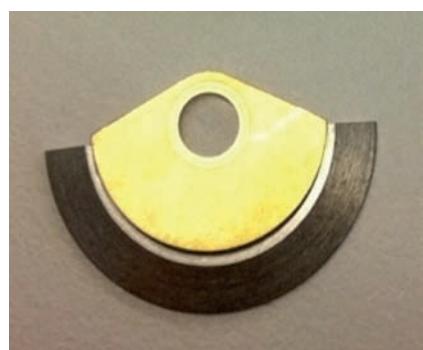
Zur Vermeidung großer Abwassermen gen werden statt der Kreislaufführung auch Spülkaskaden eingesetzt, die für ein beherrschbares Abwasservolumen sorgen und somit zu wirtschaftlich vertretbaren Prozessen führen. Stand der Technik ist der Einsatz mehrerer Spülwasser-Kreisläufe für die jeweiligen Prozessabschnitte, um Querverschleppung zu verhindern. Die Elektronikindustrie benötigt Reinwasser, setzt aber auch Weichwasser oder teilenthärtetes Wasser ein, zum Beispiel beim Entwickeln von photosensitiven Resisten.

### Hoher Qualitätsaufwand in der Uhrenindustrie

Die Anforderungen in der Uhrenindustrie sind trotz der vorwiegend dekorativen Ansprüche nicht zu unterschätzen. Die optische Reinheit der Werkstücke ist hier ausschlaggebend. Erschwerend für den Prozessablauf sind die komplexen Oberflächengeometrien und Mikrostrukturen der Werkstücke, die maßgeblich zu einem hohen Qualitätsaufwand beitragen. Genietete Teile wie Schwungmassen sind durch Kapillarwirkung in den schmalen Zwischenräumen problematisch, und chemische Rückstände kommen erst im Trocknungsprozess zum Vorschein. Die aktiven chemischen Inhaltsstoffe können die Werkstücke und die Beschichtung



In der Uhrenindustrie bergen zahllose feinste Bohrungen und zusammengesetzte Schwungmassen eine hohe Verschleppungsgefahr.



Bilder: ProWaTech AG

angreifen und beschädigen. Spülwasser- kreisläufe mit hohen Durchsätzen von drei bis sechs Badumwälzungen pro Stunde in der Fließspüle tragen hier zu einer wesentlichen Verbesserung bei. Warm betriebene Reinstwasserspülen mit Leitwerten unter  $2 \mu\text{S}/\text{cm}$  sind in dezentralem Kreislauf als letzter Spülschritt Stand der Technik. Empfehlenswert ist es außerdem, Reinwasserspülen mit Ultraschall-Unterstützung als Zwischenspülschritt vor den jeweiligen sehr sensiblen und teuren Edelmetallektrolyten einzusetzen. Die Nachreinigung kann auf wässriger Basis erfolgen, aber auch Kohlenwasserstoffe sowie modifizierte Alkohole werden häufig eingesetzt.

### Ursache gleich Wirkung

Das Bewusstsein über vorliegende Schwachstellen in einem optimalen Spülprozess ist äußerst wichtig. Noch wichtiger ist aber das rechtzeitige Entgegenwirken durch geeignete Verfahren und die richtige Auslegung der jeweiligen Anwendungen und Qualitätskriterien.

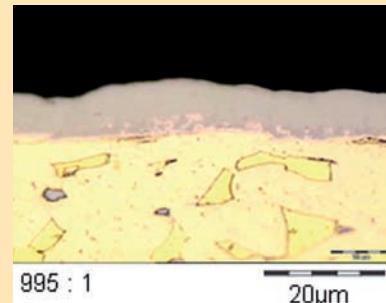
Schöpfende Teile, Sacklöcher und Rauigkeiten auf der Oberfläche tragen wesentlich zur Verschleppung der Prozesschemikalien durch Kapillarwirkung bei. Um kosten- und umweltschonend zu produzieren, lohnt sich, Werkstücke im Herstellungsprozess genau zu definieren und Bohrungen und ähnliche Arbeitsschritte, sofern technisch möglich, erst nach dem Beschichtungsprozess durchzuführen. Rauen Oberflächen ist mit einem hohen Diffusionsgradienten (Reinstwasser) bei erhöhten Temperaturen entgegenzuwirken.

Alkalien, Salzschrmelzen und hohe Konzentrationen an Prozesschemikalien, wie zum Beispiel in Verchromungselektrolyten, oder das Fehlen von Tensiden tragen wesentlich zu hohen Verschleppungen bei. Eine niedrigere Viskosität, die durch geringere Elektrolytkonzentrationen und – solange wirtschaftlich und nicht prozesshemmend – eine Erhöhung der Temperaturen erreicht werden kann, bewirkt ein besseres Abtropf- und Spülverhalten.

Geeignete Warengestelle mit überlegter Platzierung der Werkstücke und Kippvorrichtungen für schöpfende Artikel, damit ein einfaches Abtropfen gewährleistet werden kann, gehören zur optimalen Spültechnik ebenso wie das Entmetallisieren und Plastifizieren der Gestelle. Eine Abtropfzeit von 10 Sekunden über dem Aktivbad hat sich bewährt.

Schlechte Trommel- und Vibrobotpflege, kleine oder verschlissene Perforationen

### Typische Fehlerbilder



Querverschmutzungen durch eine zentrale Kreislaufführung können Fehler unter der Beschichtung verursachen.



Spülfehler durch unzureichende Was serqualität und -quantität werden häufig erst nach der Teiltrocknung oder gar erst bei Einsatz des Teiles sichtbar.



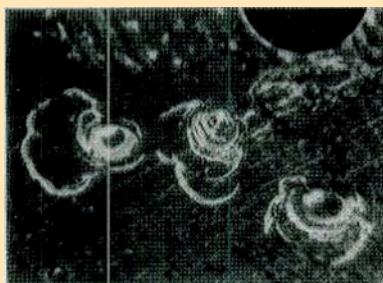
Viskose Prozesslösungen wie im Verchromungsprozess führen zu raschem Aufkonzentrieren der Sparspülen und zu fleckigen Rückständen.



Wird der Beizprozess durch die Spülung nicht ausreichend schnell gestoppt, kann die Oberfläche Schaden nehmen.



Salzreiche Wassertropfen setzen sich an den Kontaktierungen fest und trocknen an.



Mikroorganismen (Algen) im Spülwas ser führen zu Fehlerstellen durch Hinderung am Schichtaufbau.

und abgenutzte Kontaktierungen tragen zusätzlich zu Elektrolytverlusten bei. Bereits zweimal eine halbe Umdrehung der Trommeln über den Aktivbädern reduziert die spezifische Verschleppung wesentlich. Dennoch ist Pflege und Wartung sowie turnusmäßige Inspektion der Hilfsmittel unerlässlich.

### Resümee

Die Anforderungen an die Hersteller und Lieferanten der Oberflächenbranche neh-

men stetig zu und müssen effizient und zukunftsweisend umgesetzt werden. Die Fehlererscheinungen sind vielfältig, lassen sich jedoch durch eine geeignete Prozessführung minimieren. Diese beginnt bereits mit der Spültechnik. Die korrekte Auslegung, Wartung sowie Instandhaltung der Anlagen technik ist ausschlaggebend.

Nora Erlacher, Herbert Hauser