



**MARTIN WALTER**  
ULTRASCHALLTECHNIK

*A Crest Group Company*

# SIMPLY CLEAN

EXCELLENCE OF SONIC POWER



**TITELTHEMA**  
EBM / HAUSGERÄTE

**LACKIEREN**

Präzise Beschichtung für  
Schreibtischhubsäulen

Dauerhafte Schmierung von  
Silikonem durch Gleitlack

Praxistaugliche  
Schichtdickensimulation  
minimiert Testaufwand

Dauerhafter Korrosionsschutz  
für Offshore-Windparks

**GALVANOTECHNIK**

Ersatz für Borsäure bringt  
Prozessvorteile

Chrom(III)-Farbthematik  
unter Kontrolle

**MECHANISCHES  
BEARBEITEN**

Optimierung additiv  
gefertigter Bauteile

**MARKTÜBERSICHT**

Reinigungsanlagen

**mo-Special**  
Reinigen in Produktion  
und Instandhaltung





Bilder: APO

Für die Beschichtung von Kleinteilen aus Silikonkautschuk sind besonders konzipierte Prozessabläufe und Substanzen notwendig.

# Silikone erfolgreich beschichten

Ein neuer Gleitlack und optimierte Beschichtungsprozesse garantieren dauerhafte Trockenschmierung für Silikonenteile

Silikone sind zwar vielfältig einsetzbar, lassen sich jedoch nur schwer und meist nur unzuverlässig mit Gleitlacken beschichten. Ein neu konzipierter Prozess inklusive einer speziellen Funktionsbeschichtung schafft für diese Problematik nun wirkungsvolle Abhilfe.

Als eher noch junge Vertreter in der Geschichte der Polymere stehen Silikone bereits hoch im Kurs. Sowohl in der Automobilindustrie als auch im Lebensmittel-, Pharma- oder Medizinbereich werden die Allrounder gerne eingesetzt. Die vielseitigen Silikonelastomere überbrücken große Temperaturunterschiede, sind chemisch belastbar, alterungs- und witterungsbeständig und sind bei passender Vernetzung physiologisch unbedenklich. Und doch stellen sie die Anwender immer wieder vor große

Herausforderungen. Denn ganz im Gegensatz zu ihren öligen Verwandten lassen die Gleiteigenschaften von Silikonelastomeren meist zu wünschen übrig.

## Schmierung – unverzichtbar?

Teilweise kleben die meist kleinen Bauteile bereits bei der Anlieferung aneinander, so dass sie in Montageanlagen schwer vereinzelt oder zugeführt werden können. Sind die Teile aus der Packung entnommen

haften auf ihren Oberflächen rasch Staubpartikel, die zuvor in der Luft nicht wahrnehmbar waren. Die ungünstigen Reibwerte der Teile machen einen unerwartet hohen Kraftaufwand für ihre Montage notwendig. Und im dynamischen Einsatz neigen Silikonenteile gerne zu Stick-Slip-Effekten – sofern sie nicht ohnehin komplett an den Gegenläufigen anhaften.

Technische Silikonprodukte wollen also geschmiert werden, wann immer es möglich ist. Können hierfür nicht uneingeschränkt

Öle oder Fette genutzt werden, greifen Anwender häufig zu den inzwischen weitverbreiteten Gleitlacken. Doch gerade gegen diese sperren sich Silikone: Bereits bei der Bearbeitung kleben die Teile aneinander und die Beschichtungen haften zudem häufig sehr schlecht auf Silikonkautschuk. Will man Silikone erfolgreich beschichten, ist es zunächst notwendig, die Beschaffenheit dieser speziellen Werkstoffgruppe näher zu betrachten. Denn dies erklärt so manches seltsame Verhalten der Teile während des Beschichtungsprozesses.

Aus Sicht einer technischen Anwendung, beispielsweise in der Dichtungstechnik, sind es eher Eigenschaften wie die chemische Beständigkeit oder der Druckverformungsrest, die für die Auswahl eines Elastomerwerkstoffs eine Rolle spielen. Fragen nach der Oberflächenenergie oder einer Hydrophobie des Elastomers werden in der Regel nicht betrachtet. Oberflächentechniker hingegen achten genau auf diese Merkmale, denn diese haben einen großen Einfluss auf den Erfolg von Beschichtungsprozessen. Da Gleitlacke in der Regel als Flüssigkeit auf Kleinteile aufgebracht werden, ist es wichtig zu wissen, wie gut sich die flüssigen Lacke auf der Bauteiloberfläche verteilen und anschließend mit ihr verbinden.

Silikonkautschuke weisen ein grundsätzlich trennendes Verhalten auf. Die typische, extrem niedrige Oberflächenenergie der Silikone verhindert, dass sich Flüssigkeiten – also auch Gleitlacke – gleichmäßig auf der Materialoberfläche ausbreiten können. Die Flüssigkeiten ziehen sich auf Silikonoberflächen meist zu Tropfen zusammen, statt einen durchgängigen Film zu bilden. Zudem wirken Silikone stark hydrophob und verbinden sich aufgrund ihres hohen Sättigungsgrades nur schwer mit den aufgetragenen Beschichtungen. Diese haften nicht ausreichend und platzen bei mechanischer Belastung schnell wieder ab.

### Vorbehandlung führt zum Erfolg

Damit Silikonteile dauerhaft und zuverlässig beschichtet werden können ist es notwendig, diese Oberflächeneigenschaften zu verändern. Der Ablauf der



O-Ringe durchlaufen im ersten Schritt des optimierten Vorbehandlungsprozesses eine Nassreinigung mit Temperaturkontrolle und speziellen Reinigern.

Beschichtungsvorbehandlung unterscheidet sich bei Silikonen nicht von gängigen Prozessen. Eine wässrige Reinigung befreit die Produkte von oberflächlichen Verschmutzungen. Sind die Bauteile gewaschen und vollständig getrocknet, schließt sich ein Behandlungsschritt im Niederdruckplasma an. Das Plasma reagiert im Vakuum chemisch und physikalisch mit dem Werkstoff und erzeugt reaktive Stellen oder chemisch funktionelle Gruppen an dessen Oberfläche. Die erfolgreich veränderten Bauteile besitzen eine stark erhöhte Oberflächenenergie, lassen sich gut benetzen und verbinden sich anschließend gut und dauerhaft mit den aufgetragenen Gleitlacken.

Doch bereits im ersten Arbeitsgang verhalten sich viele Silikone in herkömmlichen Prozessen völlig anders als andere Elastomere. Die Bauteile lassen sich oft schwer bearbeiten, kleben während der Behandlung zusammen und sprechen nur ungenügend auf eine Plasmaaktivierung an. Klassische Beschichtungen haften selbst bei erfolgreicher Vorbehandlung nur unzuverlässig auf Silikonen und lösen sich im Lauf der Zeit oder während der Montage der Teile von

den Oberflächen ab. Die Beschichtungsqualität schwankt daher häufig von Charge zu Charge, was in modernen industriellen Abläufen nicht akzeptiert werden kann.

### Lösungspaket für Silikone

Im Rahmen eines Projektes nahmen sich daher Experten der Oberflächentechnik und Lackherstellung gemeinsam einer Prozessoptimierung und Lackentwicklung für Silikone an. Die Ziele der gemeinsamen Arbeit waren es, effiziente und zuverlässige Prozesse zu etablieren und einen leistungsstarken Gleitlack zu schaffen, der zuverlässig und dauerhaft auf verschiedenen Silikonqualitäten haftet. Im Verlauf des Entwicklungsprojektes wurde zunächst der Einfluss der einzelnen Schritte der Vorbehandlung auf die Silikonwerkstoffe untersucht und für bestmögliche Beschichtungsergebnisse weiterentwickelt.

Obwohl Silikone für ihre Hitzebeständigkeit bekannt sind und auch bei hohen Temperaturen keinen Schaden nehmen, reagieren sie doch auf einen Temperaturanstieg während der Bearbeitung. Wird ▶

**Oberflächentechnik**  
**Entgratung**  
**Beschichtung**

[www.benseler.de](http://www.benseler.de)

**BENSELER**

es im Reinigungsbad zu warm, so neigen einige Silikone dazu, stärker zu verkleben. Eine leichte Reaktion mit den eingesetzten Waschsubstanzen kann diesen Effekt noch verstärken.

### Wärme im Prozess reduzieren

Häufig führt dies zu aufwändiger Nacharbeit oder zum kompletten Abbruch der Bearbeitung. Es galt also im Rahmen der Prozessentwicklung, bewährte Waschverfahren zu hinterfragen, passende Reiniger zu finden und Reinigungs- und Trocknungstemperatur exakt auf die Silikonwerkstoffe abzustimmen.

Gleiches gilt für die Plasmabehandlung. Obwohl Niederdruckplasma generell zu den nichtthermischen, also kalten Plasmen zählt und sich daher sogar für temperaturempfindliche Materialien eignet, erwärmen sich die Bauteile doch während der Behandlung in einem gewissen Ausmaß, was die Klebeneigung von Silikonteilen erhöht.

### Mit Hochfrequenz weniger Wärmeentwicklung

Je länger eine Behandlung im Plasma dauert, desto stärker steigt auch die Objekttemperatur an. Nun kann die Behandlungsdauer für Silikonteile natürlich nicht beliebig verkürzt werden. Sie ist abhängig vom angestrebten Ergebnis, dem eingesetzten Prozessgas, den Prozessparametern und letztlich auch von der Anlagentechnik. In der Regel werden Elastomer-Kleinteile in Niederdruck-Plasmaanlagen aktiviert, die mit niedrigen Anregungsfrequenzen von etwa 40 kHz arbeiten. Das so erzeugte, recht homogene Plasma weist eine eher geringe Dichte auf. Da die Geschwindigkeiten der Reaktionen von der Plasmadichte abhängen,



Im zweiten Schritt des optimierten Vorbehandlungsprozesses für Silikone werden die O-Ringe im Hochfrequenz-Niederdruckplasma aktiviert, hier prüft ein Mitarbeiter visuell den Prozess.

laufen sie bei der Niederfrequenzanregung eher langsam ab. Die Bauteile verweilen deshalb bei herkömmlichen Prozessen relativ lange in diesem Behandlungsschritt, bis sie ausreichend aktiviert sind.

Um die Behandlungszeiten zu verkürzen, wird im neuen Prozess für die Aktivierung von Silikonem daher das Plasma bei hohen Frequenzen von 13,56 MHz erzeugt. Das dichtere Hochfrequenzplasma führt zu effizienteren Prozessen: Die daraus resultierenden Bearbeitungszeiten betragen nur einen Bruchteil der üblichen Dauer, weshalb sich die Bauteile während der Behandlung auch nur minimal erwärmen. Kombiniert mit einem angepassten Prozessgas bereitet dieser Schritt nun die Silikonwerkstoffe optimal auf die nachfolgende Beschichtung vor. Ein neuer Gleitlack für Silikone. Abgerundet wird das Lösungspaket mit der

wasserbasierten Beschichtung APO-W3. Im Gegensatz zu herkömmlichen Beschichtungsvarianten ist diese neue Lackrezeptur speziell auf die Eigenheiten von Silikonsubstraten ausgelegt und lässt sich einfach und effizient verarbeiten. Im Sprühverfahren aufgebracht, bildet der transparent Gleitlack auf den Bauteiloberflächen einen hauchdünnen und gleichmäßigen Film und verbindet sich zügig und zuverlässig mit dem Basiswerkstoff. Innerhalb kurzer Zeit und bei moderaten Objekttemperaturen vernetzt der hochelastische Gleitlack zu einer funktionellen Schicht, die dauerhaft die Reibwerte der Silikonenteile senkt und ihre Klebrigkeit komplett eliminiert. Lagerungstests ergaben, dass die Schicht auch nach längerer Zeit selbst bei mehrfachen Montagevorgängen zuverlässig auf Silikonem haftet. Das Prädikat einer Pilotkunden, die Reibung wäre beinahe zu gering, bestätigt die erfolgreiche Arbeit des Entwicklungsteams und die Leistungsfähigkeit der neuen Beschichtung.

Anwender von Silikonenteilen können dank dem neuen Lösungspaket die Vorteile der Tausendstaus Silikon bedenkenlos nutzen. Der Gleitlack APO-W3 und die optimierte Silikon-Beschichtungsprozesse sind erprobt und stehen bereits für VMQ-Silikone zur Verfügung. Die Arbeit des Entwicklungsteams ist hier jedoch noch nicht beendet, denn in Zukunft sollen Beschichtung und Prozess auch LSR- und FVMQ-Bauteile verbessern.



Die neue Beschichtung APO-W3 eliminiert die Klebeneigung von Dichtungen aus VMQ-Silikonem und verbessert die Gleiteigenschaften der Bauteile dauerhaft.

**i** APO GmbH  
Massenkleinteilbeschichtung  
[www.apo.ac](http://www.apo.ac)