

Die unterschätzten Bauteilelemente: elastomere Dichtungen am Beispiel Automobilindustrie

Von Heiko Friedrich, Weil im Schönbuch

Eine besondere Herausforderung in Bezug auf die Funktionalisierung stellen elastomere Dichtungen dar, beispielsweise in Bezug auf der Reinheit oder erforderliche Beschichtungen. Eine plasmabasierte Behandlung erlaubt die gezielte Einstellung von Oberflächeneigenschaften für eine Weiterbehandlung oder die erforderliche Sauberkeit. Vor allem in der Automobilindustrie bietet die Plasmabehandlung für zahlreiche Anforderungen ausgezeichnete Ergebnisse mit der notwendigen Prozesssicherheit.

1 Einleitung

Dichtungen sind eine weit differenzierte Klasse wichtiger Konstruktionselemente. Speziell im Automobilbau herrscht eine unvergleichbare Vielfalt an verschiedensten Einsatzgebieten von der Elektronik über die Mechanik bis hin zum Interieur. Die Eigenschaften elastomerer Dichtungen sind hierfür ideal. Mitunter sind die vermeintlich günstigen Dichtungen ein unterschätztes Bauteilelement.

Eine der größten Herausforderung bei der Verwendung von elastomeren Dichtungen ist deren Oberflächenbeschaffenheit: saubere Elastomeroberflächen sind stumpf. Zu hohe Reibung und die vermehrt geforderte LABS-Freiheit sind dominierende Themen. Dies wird während der Konstruktionsphase nicht immer zu 100 % berücksichtigt. Daher treten Schwierigkeiten mit Dichtungen

meist dann auf, wenn es für Neukonstruktionen bereits zu spät beziehungsweise zu teuer ist (Abb. 1). LABS-Freiheit wird über die Wirkung beziehungsweise die Effekte der Verschmutzungssubstanzen definiert. Wenn eine Lackierung durch Krater gestört wird, dann ist das zu lackierende Werkstück beziehungsweise die Lackierumgebung nicht LABS-frei. Der Nachweis erfolgt unter anderem nach Volkswagen Prüfvorschrift PV 3.10.7 oder Festo FN942010-2.

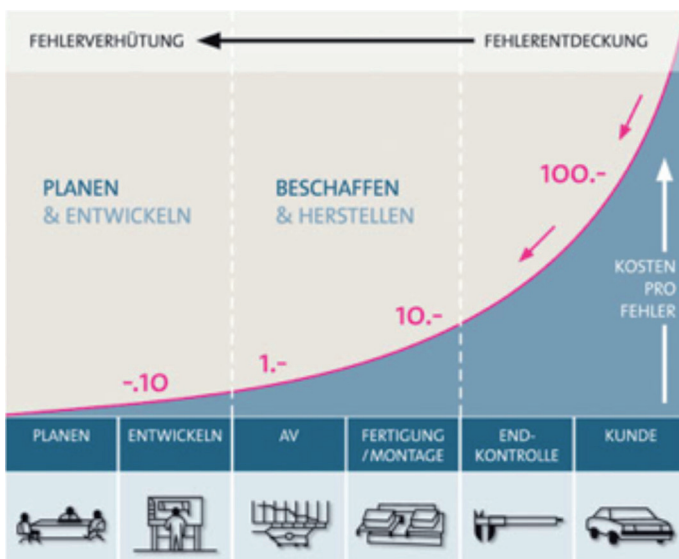
Die Herausforderungen erstrecken sich nicht nur auf Aspekte der Montagefähigkeit (Abb. 2), sondern treten ebenfalls beim Einsatz in der Anwendung auf. Technische Sauberkeit oder LABS-Freiheit sowie die Vermeidung von Verwechslungen ähnlicher Dichtungen, die unterschiedlichen Einsatzzwecken dienen, sind weitere Anforderungen. Dichtungen sind oft die kleinsten

Bauteile eines Systems, werden aber mitunter zum größten Problem.

Die in der Vergangenheit naheliegende Lösung, der Einsatz von einfachen Schmiermitteln wie Ölen, Fetten, Pulver, birgt gravierende Nachteile. So sinken die Prozesssicherheit und die Lebensdauer, der Verschmutzungsgrad wird stark erhöht und das System passt nicht zum Hightech-Selbstbild der Kfz-Branche.

2 Gleitlackbeschichtungen auf Wasserbasis

Bei der Gleitlackbeschichtung mit Lacken auf Wasserbasis hat sich ein über die Jahre bewährtes System etabliert. Je nach Verschmutzungsgrad ist eine Nassreinigung der Oberfläche nötig. Anschließend werden die Dichtungen in Niederdruckplasmaanlagen tiefengereinigt und aktiviert. Hierbei ist die nach Prozessende gemessene Oberflächenspannung ein entscheidendes Kriterium für die anschließende Beschichtbarkeit. Über die Behandlungszeit im



Quelle: Nach Wittig, K.-J., Qualitätsmanagement in der Praxis, Verlag B. G. Teubner, Stuttgart 1993

Abb. 1: Rule of ten

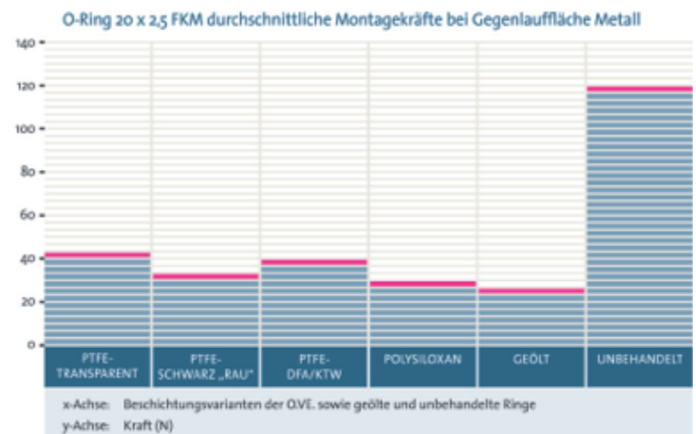


Abb. 2: Reibwertevergleich der durchschnittlichen Montagekräfte

Niederdruckplasma lässt sich ebenfalls die sogenannte LABS-Freiheit erzielen. Der Beschichtungsprozess mit der höchsten Konstanz bezüglich der applizierten Schichten wird mit Hilfe von Trommel-Sprüh-Anlagen gewährleistet.

Die Auswahl passender Lacksysteme (Abb. 3) ist vielfältig und gründet sich auf die Anforderungen des Kunden. Auswahlkriterien sind der Einsatzzweck (dynamisch, statisch), der verwendete Werkstoff, die Einsatztemperaturen, eingesetzte Medien (z.B. Öl, Benzin, Chemikalien), Verpressung, Druck des Mediums, geforderte Normen (FDA, NSF, DVGW, etc.), farbige Beschichtung, LABS-Freiheit oder UV-Indikator, um nur die wichtigsten zu nennen.

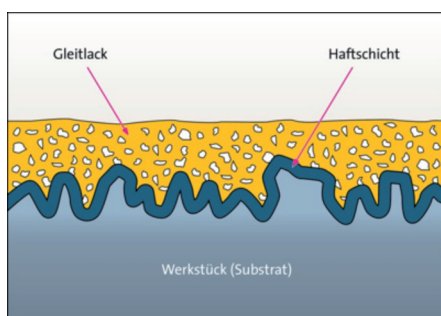


Abb. 3: Schematischer Aufbau einer Lackschicht

Aus den verschiedenen betrieblichen Perspektiven ergibt sich eine Reihe von Vorteilen bezüglich der Technologie, der Qualität, der Eigenschaften bei der Verarbeitung, der Wirtschaftlichkeit oder der heute immer mehr geforderten Umweltverträglichkeit.

- Entwicklung / Technik:
 - keine Veränderung des Einbauraums
 - Erhöhung der Standzeiten
 - Geräusch- und Verschleißreduktion
 - Stick-Slip-Verhinderung
 - Minimierung der Losbrechkräfte
 - LABS-Freiheit möglich
- Qualität:
 - Prozesssicherheit
 - Reproduzierbarkeit
 - Erhöhung der Bauteil- und Betriebssicherheit
 - Sauberkeit
 - Erfüllung von Freigaben der Automobilindustrie
 - IMDS- Eintrag verfügbar
- Produktion / Montage:
 - sichere Vereinzelung
 - Vereinfachte Wartung
 - Stillstandzeiten minimieren
 - Lebensdauerzyklen maximieren
 - Montageschäden minimieren

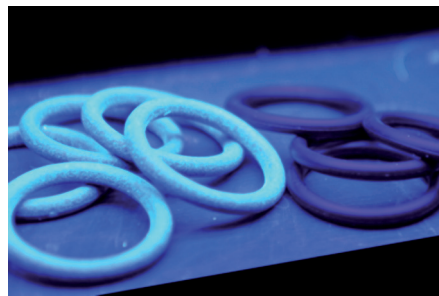


Abb. 4: O-Ringe links beschichtet mit Lack mit UV-Indikator, rechts unbeschichtet

- Saubere Bauteile und Fertigungseinrichtungen
- Farbige Beschichtung für eine Unterscheidung möglich
- UV-Indikator zur Detektion (Abb. 4)
- Wirtschaftlichkeit:
 - erweiterte Funktionalität
 - Kostenreduzierung durch optimierte Montage (intern)
 - Aufwertung der Bauteile (extern)
- Umwelt:
 - Lacke ausschließlich auf Wasserbasis

3 Anwendungsbeispiele: Probleme und Lösung

An einer Reihe von Beispielen wird ersichtlich, wie vielfältig Lösungen von problembehafteten Anwendungen aussehen können. Sie liefern gleichzeitig auch einen Anhaltspunkt, auf welche Weise Dichtungen für den Einsatz modifiziert werden können.

Bewegungsdämpfer Im Interieur werden für Klappen, Handgriffe beziehungsweise Handschuhfach und Zündschloss eine Bewegungsdämpfung gefordert, da eine zu hohe Reibung die geforderte Funktionalität verhindert und Quietschgeräusche entstehen. Eine Gleitlackbeschichtung mit spezieller Vorbehandlung gewährleistet definierte Reibmomente in einer vorgegebenen Bandbreite und verhindert auftreten des Quietschen.

Einspritzdüsen für Commonrailpumpen können Montageprobleme und zu hohe Reibung im Betrieb aufweisen. Eine Gleitlackbeschichtung ermöglichte die problemlose Montage sowie den geforderten Einsatz in der Anwendung.

Dichtungen in der Klimaanlage konnten nicht montiert werden, da auch hier die Reibung zu hoch war. Eine Gleitlackbeschichtung brachte den gewünschten Erfolg.

Für den Einsatz eines Radialwellendichtings in der Elektronik der Motorensteuerung ist kundenspezifisch eine absolute Silikonfreiheit gefordert. Die wird durch einen aufwendigen Plasmareinigungsprozess erreicht. Geprüft nach TOF-SIMS (Sekundärionen-Massenspektrometrie) ergab sich ein über Jahre hinweg stabiler Wert von kleiner < 3% Atom Silikonanteil.

Diverse Profilabdeckungen, die teilweise manuell montiert werden, wiesen in der Vergangenheit so hohe Reibungswerte auf, sodass die Abdeckungen nicht montiert werden konnten. Abhilfe schaffte wieder eine Gleitlackbeschichtung, die die Montage überhaupt erst ermöglichte.

Für Lackieranlagen in beziehungsweise für der Kfz-Industrie ist die Forderung nach LABS-beziehungsweise Silikonfreiheit der kompletten Anlage mittlerweile Standard. Der Lieferant muss also dafür sorgen, dass sämtliche Bauteile seiner Lackieranlage dementsprechend geliefert und anschließend im Werk des Kunden installiert werden. LABS-freie Dichtungen sind also ein Muss.

4 LABS-Freiheit und Technische Sauberkeit

LABS-Freiheit wird über die Wirkung beziehungsweise die Effekte der Verschmutzungssubstanzen definiert. Die Prüfung ist relativ einfach, das Ergebnis kann aber interpretiert werden (Abb. 5). Die Prüfvorschriften beschreiben eindeutige Lackbenetzungsstörungen. Oft werden aber auch Bläschenbildung, Verfärbungen oder Partikeleinschlüsse detektiert und als nicht LABS-frei erkannt.

Technische Sauberkeit wiederum, definiert über Restschmutzregularien wie VDA 19 oder ISO 16232, spezifiziert die zulässige Menge (Masse oder Volumen) relativ zur Prüflingsmasse, Oberfläche oder Volumen. Zusätzlich werden für Partikelgrößen (ein-, zwei- oder dreidimensional) in Klassen die jeweiligen Maximalmengen definiert. Die Materialart oder Härte der Partikel wird



Abb. 5: Ergebnisse LABS-Test nach VW PV 3.10.7

aber (noch) nicht berücksichtigt. Für bewegte Bauteile sind überwiegend harte Partikel unerwünscht, da diese Verschleiß bis hin zu Fressen initiieren können. Weiche Partikel sind eher harmlos. Bei Medienführenden Systemen ist entscheidend, ob die Partikel Düsen oder Bohrungen verstopfen können oder sich auf Ventil- oder Dichtflächen anlagern und so Leckagen verursachen.

5 QS-Perspektive

Qualitätssicherung bei Automobilherstellern und Zulieferer basieren mittlerweile auf den Vorgaben der ISO TS 16949. Bei rechtzeitiger Einbindung des Beschichtungsdienstleisters können die einschlägigen Erfahrungen in die Produktentwicklung und Qualitätsvorausplanung (APQP) einfließen. Die Beschichtungsprozesse werden auf die Kundenanforderungen angepasst und sind durch Prozess-FMEA und Produktbeobachtungen abgesichert. Nach Abschluss der Entwicklung erfolgt die Produkt- und Prozessfreigabe nach VDA Band 2 (PPF) oder nach QS9000 (PPAP). Die Prozesse sind in Prozessablaufplänen (PAP) und Prozesslenkungsplänen (PLP) dokumentiert. Durch eine lückenlose Rückverfolgbarkeit, speichern der Maschinendaten sowie Rückstellmuster zu jedem Auftrag werden die besonderen Anforderungen der Automobilindustrie abgedeckt. Ein Kanbansystem für die Beschichtungsmaterialien und den Einsatz gleicher Maschinen erlaubt es, mögliche Produktionsengpässe bei Bedarfsspitzen zu vermeiden. Alle Maschinen und die Infrastruktur werden selbstverständlich vorbeugend gewartet. Die zuständigen Mitarbeiter werden regelmäßig geschult.

Bei der Beschichtung und Reinigung der Materialien wird besonders auf

umweltfreundliche Produktionsprozesse geachtet. Das bei der Nassreinigung anfallende Abwasser wird mit Hilfe eines Vakuumverdampfers aufbereitet und wiederverwendet. Es wird dadurch Wasser und Energie gespart und gleichzeitig eine umweltgerechte Entsorgung der aus den Dichtungen austretenden chemischen Verunreinigungen wie beispielsweise Zink- und Bleioxid garantiert.

6 Schichtdickenmessung auf Elastomeren

Schichtdicken auf metallischen Substraten sind sehr präzise und vergleichsweise einfach zu messen. Auf Elastomeren können Kunstharzschichten durch die verwendeten Verfahren nicht gemessen werden. Die Unterschiede in Elektrischer- oder Wärmeleitfähigkeit, Eigenfrequenzen und Magnetismus zwischen Substrat und Beschichtung sind zu gering um zuverlässige Ergebnisse zu gewährleisten.

Elektronenmikroskope, Topographen oder ähnliches sind nicht wirtschaftlich in die Prozesskette zu integrieren. Nach Prozessende kann anhand von Schliffbildern unter Lichtmikroskopen eine Schicht festgestellt werden (Messen ist in diesem Zusammenhang nicht möglich). Der Kontrast und die Trennschärfe von transparenten oder schwarzen Beschichtungen gegen die Einbettmasse und das Elastomer sind nicht ausreichend um ein prozessfähiges Ergebnis zu erzielen. Zwischen Elastomer und Schicht sowie zwischen Beschichtung und Einbettmaterial gibt es diffuse Mischschichten, die eine exakte Bestimmung der Schicht nicht zulassen. Bei farbigen Beschichtungen kann die Dicke von Pigmentagglomeraten bestimmt werden. Diese werden fälschlicherweise mit der Schichtdicke gleichgesetzt.

Es sind bis heute keine Messverfahren verfügbar, die für eine Prozesssteuerung zugänglich sind. Deshalb erfordert die Prozessführung hohes Know-how und Erfahrung, um eine gleichmäßige Beschichtung von Massenteilen zu erzielen. Über den Zusatz von UV-Indikatoren kann die Abdeckung der zu beschichtenden Oberfläche während des Prozesses bestimmt werden. Bei einem eingespielten Mensch-Maschine-System zeigt die anschließende Beurteilung der Querschliffe eine hohe Konstanz der Schichtdicke. Die Schichtdicke korreliert jedoch nicht mit den erwünschten Eigenschaften. Nur eine komplett deckende Schicht führt zum gewünschten Effekt.

OVE Plasmatec ermöglicht in Absprache mit Kunden die Verwendung von Drehmoment-, Steckkräfte- oder Reibwertemessungen oder die Verwendung von Grenzsternkarten als Nachweis für einen korrekt ausgeführten Prozess.

7 Fazit

Es gibt innovative Lösungen, die die hohen Anforderungen der Kfz-Industrie erfüllen. Teilweise fehlt bei den Anwendern jedoch das Wissen um die Möglichkeiten oder auch die erforderliche Eigeninitiative, ein bestehendes System zu optimieren. Die Wahl des Lieferanten sollte nicht ausschließlich unter Kostenaspekten erfolgen. Die Qualität der Dienstleistungen, die Kapazität des Lieferanten, die technische Beratung sowie die Liefertreue stehen im Vordergrund. Erhöhten Einkaufskosten für die Dienstleistung Beschichtung oder LABS-Freiheit stehen Einsparungen bei Reinigungsaufwand, störungsfreie Prozessen, Steigerung der Zuverlässigkeit, Funktionserweiterung des Bauteils, Verlängerung der Lebensdauer und Sicherheit gegenüber.