

Berger/Kiefer (Hrsg.)

DICHTUNGS TECHNIK

JAHRBUCH 2019

ISGATEC

Beschichtungen lösen Zielkonflikte von Dichtungen

Wie aus Elastomer-Dichtungen leistungsstarke und funktionssichere Premiumprodukte werden

Was Dichtungen alles können müssen, ist nicht hoch genug zu bewerten. Obwohl sie als klassische C-Teile gelten, müssen sie A-Funktionen übernehmen. So sollen sie möglichst den ewigen Zielkonflikt zwischen hervorragender Dichtwirkung, niedrigster Reibung und geringstmöglichem Verschleiß auflösen. Und das bei immer mehr neuen und komplexeren Anwendungen, neuen Materialien und Werkstoffen sowie neuen Geometrien für Bauteile und Dichtungen. Eine Beschichtung mit Gleitlack bringt Elastomerdichtungen allen konkurrierenden Zielen näher. Diese Nachbehandlung und Veredelung eignet sich für Großserien genauso wie für Kleinmengen ab Losgröße 1.

Wer früher das Handschuhfach im Auto geöffnet hat, kennt es noch: Mit einem Krachen rauscht es samt Inhalt nach unten – gehalten, nur von zwei Bändern. Genauso der Haltegriff am Dachhimmel: Hat man ihn losgelassen, ist er mit einem lauten Klack in die Ruhestellung zurückgeschnappt. Und zu Hause in der Küche oder im Wohnzimmer war es das Gleiche: Schubladen und Schranktüren schließen mit lautem Knall, ungebremst. Mit heutigem Komfortverständnis ist das nicht mehr vereinbar. Kein Auto- oder Möbelhersteller würde sich mit solcher Technik auf den Markt wagen. Das Handschuhfach gleitet heute sanft nach unten, der Haltegriff wird gebremst und geräuschlos in die Ursprungsstellung zurückgeführt, Schubladen und Schranktüren gleiten behutsam und lautlos in die jeweilige Endposition. Verantwortlich dafür sind Dämpfer, deren Kolben mit leistungsfähigen Dichtungen ausgestattet sind. Und auch eventuelle Geräusche der Dichtungen in Funktion sind heute deutlich niedriger oder sogar vollständig verschwunden. Das ist im Automobil sowie in der Möbelbranche immens wichtig. Gerade im Innenraum der Autos ist es heute immer leiser. Unvorstellbar, dass eine quietschende Dichtung diese Atmosphäre beeinträchtigt.

Dass diese Dichtungen ihre Arbeit zuverlässig und geräuschlos verrichten können, hat einen besonderen Grund: Ihre Oberflächen sind veredelt. Sie sind gereinigt, aktiviert und

Von Heiko Friedrich, Geschäftsführer
OWE Plasmatec GmbH | www.owe-plasmatec.de

beschichtet. Immer mehr setzt sich diese Nachbehandlung produzierter Elastomerdichtungen durch, nicht nur in Autos und Möbeln. In unzähligen weiteren Anwendungen, Bereichen und Branchen kommen beschichtete Dichtungen zum Einsatz. Und fast täglich kommen neue Anwendungen mit neuen Materialien und Werkstoffen sowie neuen Geometrien für Bauteil und Dichtung hinzu. Stets werden die Anforderungen dabei komplexer – auch für die Leistungsfähigkeit und Funktionssicherheit der Dichtungen werden immer höhere Forderungen definiert.



Bild 1: Mit dem Beschichten von Elastomer-Dichtungen werden aus einfachen Dichtungen leistungsfähige Hightech-Teile (Bild: OWE Plasmatec GmbH)

Aber sind diese zusätzlichen Veredelungsschritte durch Reinigen und Beschichten auch wirklich notwendig und sinnvoll? Und wenn ja, für welche Branchen und Anwendungen? Welchen Nutzen haben Anwender, und wie funktioniert das eigentlich?

Von Dichtungen werden Hightech-Funktionen erwartet

Fest steht, das hat die Praxis bisher gezeigt: Mit dem Beschichten von Elastomer-Dichtungen werden aus einfachen Dichtringen leistungsfähige Hightech-Teile (Bild 1). Damit lassen sich Reibwerte ebenso verbessern wie deren dynamische Funktionen. Durch Vereinzeln und optionale Farben wird die Montage erleichtert und ermöglicht oftmals erst die automatisierte Verarbeitung der Dichtungen, weil sie sich erst dann einzeln zuführen lassen. Gleichzeitig entfällt das aufwändige, meist manuelle Aufbringen herkömmlicher Fertigungs- und Montagehilfen. Die Beschichtung mit einer wasserbasierten Gleitlackschicht ist hauchdünn, hochelastisch und umweltfreundlich. Das Verfahren eignet sich für jede beliebige Menge ab Losgröße 1.

Nicht alle Verfahren entsprechen modernen Anforderungen

Am Markt werden mehrere verschiedene Beschichtungsverfahren angeboten. So gibt es z.B. nasse Beschichtungen. Dabei werden Wachse, Fette oder Öle, z.B. Silikonöle, verwendet. Beschichtungen durch aufgetrommeltes Pulver verwenden MoS₂, Talkum oder PTFE. Darüber hinaus gibt es Verfahren, bei denen die Dichtungen ummantelt werden. Alle diese Verfahren haben ihre Berechtigung, aber auch gravierende Nachteile.

So sind, z.B. mit Silikonölen, beschichtete Dichtungen zwar im Centbereich günstiger, häufig aber nicht für alle Branchen und Anwendungen zugelassen oder sinnvoll einsetzbar – so wie z.B. für den Medizin- oder Lebensmittelbereich. Für hoch anspruchsvolle Automotive-Bereiche gelten gleiche Einschränkungen. Wie bei den nassen Beschichtungen ist auch bei jenen mit aufgetrommelten Pulver das Verfahren nicht prozesssicher und wiederholgenau durchzuführen und kommt damit für die Standards des heutigen Qualitätsmanagements mit Rückverfolgbarkeit für viele Anforderungen nicht infrage. Das universellste Beschichtungsverfahren verwendet Gleitlacke, um die Leistungsfähigkeit von Dichtungen zu steigern. Seriöse Dienstleister bieten zu den Beschichtungsverfahren zusätzliche Qualitätsprüfungen an und führen z.B. Reibwert-, Drehmoment- und/oder Haftprüfungen durch, stellen verschiedene Farbvergleiche an oder können LABS-Tests durchführen. Die Prüfungsergebnisse können dann auch in einem Zertifikat dokumentiert werden.

Drei Schritte zur erfolgreichen Beschichtung

Drei Schritte sind durchzuführen, damit am Ende erfolgreich beschichtete Dichtungen mit höherer Leistungsfähigkeit stehen: Die Nassreinigung, die Plasmaaktivierung und schließlich die eigentliche Beschichtung.

1. Schritt: Nassreinigung

Nach der Herstellung weisen Elastomer-Dichtungen häufig Reste von Ölen, Fetten, Trennmitteln oder sonstigen Fertigungshilfsstoffen auf. Darüber hinaus sind sie häufig miteinander verklebt. So eingebaut, würden sie nicht zuverlässig funktionieren und sie würden sich auch nicht automatisiert montieren lassen. Im ersten Schritt der Oberflächenveredelung werden die Elastomerteile deshalb gründlich nassgereinigt und die sauberen Teile anschließend schonend getrocknet. Bei Anwendung des Sinnerschen Waschkreises (Bild 2) gilt es, unter Berücksichtigung der Faktoren Reinigungsmittel, Mechanik, Temperatur und Zeit, die optimale Einstellung der Faktoren für die für den Anwendungsfall günstigste und schonendste Methode zu finden – sowohl für den Reinigungserfolg als auch für die Wirtschaftlichkeit. In einer Trommelwaschmaschine werden die Dichtungen zusammen mit dem passenden Reinigungsmittel in der geeigneten Konzentration eine definierte Zeit mit der vom Werkstoff abhängigen Temperatur gewaschen. Das Ergebnis sind grundgereinigte Elastomer-dichtungen bzw. -teile. Darüber hinaus gibt es beim Reinigen heute vom einfachen Waschen über das tiefenwirkende Plasmareinigen ebenso geprüfte LABS-Freiheit nach verschiedenen Werknormen.

2. Schritt: Plasmaaktivierung

Anschließend folgt die Plasmaaktivierung. Hierbei kommen die grundgereinigten Elastomere in eine Niederdruckplasmaanlage, in der zunächst ein Vakuum erzeugt wird. Ein Hochfrequenzgenerator liefert elektrische Spannung, die gemeinsam mit Sauerstoff eingebracht wird. So entsteht ein elektrisch leitfähiges Gas – das Plasma –, das die Oberflächeneigenschaften der Dichtungsringe verändert, indem die Moleküle angeregt werden. Diese Aktivierung sorgt dafür, dass sich freie Radikale mit den ausdiffundierenden nicht-elastomeren Stoffen verbinden und oxydieren. Dieser Vorgang ist durch ein Sichtfenster an der lilafarbenen Flamme zu beobachten (Bild 3). Die Kohlenwasserstoffverbindungen verändern sich. Nun hat sich die Adhäsionsfähigkeit und Benetzbarkeit der Oberflächen erhöht und wasserbasierende Lacke lassen sich so bestens mit den unpolaren Stoffen verbinden. Die Benetzungsfähigkeit bzw. die Oberflächenspannung muss vor dem Beschichten jedoch geprüft werden. Hier bieten sich die Kontaktwinkelmessung sowie Versuche mit Testtinte an. Je nach Elastomer kommen dabei Testtinten in verschiedenen Ausführungen für unterschiedliche Molekularkräfte (mNm) zum Einsatz.

Die Dauer der Plasmaaktivierung hängt dabei vom Elastomer, den Zusatzstoffen und dem gewünschten oder benötigten Oberflächenergebnis ab. Hier ist die Erfahrung der Experten gefragt, denn vorgeschriebene Normwerte gibt es dabei genauso wenig wie immer gleiche Elastomere. Ist das gewünschte Ergebnis erreicht, können die Werkstücke beschichtet werden.

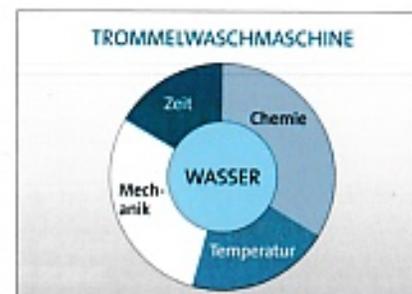


Bild 2: Bei Anwendung des Sinnerschen Waschkreises gilt es, die für den Anwendungsfall günstigste und schonendste Methode zu finden (Bild: OVE Plasmatec GmbH)



Bild 3: Die Aktivierung sorgt dafür, dass sich freie Radikale mit den ausdiffundierenden nicht-elastomeren Stoffen verbinden und oxydieren. Dieser Vorgang ist durch ein Sichtfenster sehr schön an der lilafarbenen Flamme zu beobachten (Bild: OVE Plasmatec GmbH)



Bild 4: Werden Dichtungen in speziellen Maschinen mit einer Gleitlackschicht auf Wasserbasis beschichtet, lässt sich die Reibung um durchschnittlich 50% reduzieren

(Bild: OVE Plasmatec GmbH)

3. Schritt: Beschichtung

Nun werden die Elastomer-Dichtungen in speziellen Maschinen mit einer hauchdünnen, hochelastischen und umweltfreundlichen Gleitlackschicht auf Wasserbasis beschichtet (Bild 4). Damit lässt sich die Reibung um durchschnittlich 50% reduzieren. Die gereinigten und aktivierten Schüttgutteile kommen in die Beschichtungstrommel, wo sie in einem Batchprozess beschichtet werden. Hierzu werden die Werkstücke in der Trommel in Bewegung versetzt und fallen dann durch einen Sprühnebel des Gleitlacks. Dieser wird in getakteten Sprühstößen auf die fallenden Elastomerteile gesprüht. Dadurch, dass die Teile in der Bewegung aneinander reiben, glättet sich der aufgesprühte Gleitlack. Das Beschichtungsergebnis entspricht der Normalverteilung. Im Ergebnis entsteht eine Schichtdicke von 3 bis 12 μ . Ob die Beschichtung im jeweiligen Fall ausreicht, zeigt sich durch prozessbegleitende Funktionsprüfungen eher als durch kaum realisierbare Messungen der Schichtdicke. Geprüft wird während des Beschichtungsvorgangs, indem einzelne Teile entnommen werden. So kann jeder Beschichtungsvorgang feinjustiert werden. Das ist auch notwendig, da die Elastomere unterschiedlicher Chargen niemals vollkommen identisch sind. Dazu ist der Stoff zu „lebendig“. Deshalb muss auf jeden Fall beim ersten Beschichtungsvorgang ein Rezept hinterlegt werden, das sämtliche Parameter dokumentiert.

Die großen Herausforderungen beim Beschichten sind einerseits, die richtige Menge und den passenden Umfang der Gleitlackbeschichtung herauszufinden sowie andererseits die Umstellung von manueller Besprühung auf maschinelle Lackaufbringung. Mit dem manuellen Prozess nähert man sich gemeinsam mit dem Dichtungshersteller und/oder dem Anwender der Dichtungen dem gewünschten Ergebnis an. Hierzu werden Menge und Umfang der Gleitlackbeschichtung hinsichtlich der jeweiligen Anwendung und das zu beschichtende Elastomerbauteil in einem iterativen Prozess entwickelt und festgelegt. Dabei wird das Rezept des Elastomers genauso wie das für

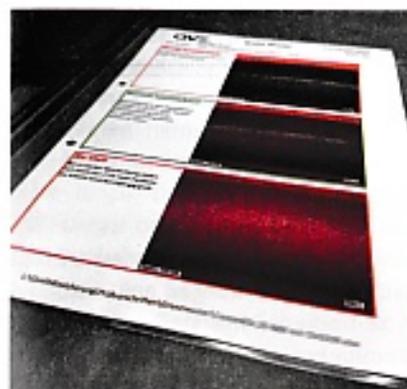


Bild 5: Oberflächen werden mit Mikroskopen geprüft und mit Vergleichskarten und Rückstellmustern abgeglichen

(Bild: OVE Plasmatec GmbH)



Bild 6: Um den Anwendern die beruhigende Sicherheit über den ordnungsgemäßen Zustand der Dichtungen zu geben, schließen sich nach dem Beschichtungsprozess zahlreiche Prüfungen an.

(Bild: OVE Plasmatec GmbH)

die Beschichtung aufgezeichnet und fest hinterlegt. Berücksichtigt werden darin u.a. Parameter wie die Ofenzeit und die Mindesthaltbarkeit genauso wie die Lager- und Verarbeitungsbedingungen. Ist das geschehen, gilt es, dieses Ergebnis auch beim maschinellen Vorgang zu erreichen. Neben regelmäßigen Prüfungen sind dabei auch die ständigen Rückmeldungen der Anwender von essenzieller Wichtigkeit.

Sehr wichtig für ein gutes Beschichtungsergebnis ist die Sauberkeit aller Sprühkomponenten. Das erfordert nach jedem Auftrag und bei jedem Wechsel des Gleitlacks die sorgfältige Reinigung von Trommel, Leitungen, Sprüheinheit und Haube. Erfüllt das Beschichtungsergebnis die geforderten Qualitätsanforderungen, folgt der letzte Teilprozess des Beschichtungsvorgangs. Die aufgetragene Gleitlackschicht wird eingebrannt. Am Ende steht so ein perfektes Beschichtungsergebnis.

Prüfungen und Dokumentationen geben Sicherheit

Um den Anwendern der nun hochleistungsfähigen Dichtungen die beruhigende Sicherheit über den ordnungsgemäßen Zustand der Dichtungen geben zu können, schließen sich nach dem Beschichtungsprozess zahlreiche Prüfungen an. So werden die Oberflächen mit Mikroskopen geprüft und mit Vergleichskarten und Rückstellmustern abgeglichen (Bild 5). In speziellen Anordnungen werden Drehmomentbelastung, Zug- und Druckkräfte, wie sie beim Fügen und Stecken der Produkte vorkommen, simuliert, um die mit dem Kunden vereinbarte Qualität der Beschichtung zu

testen. Bei Beschichtungen mit UV-Indikatoren folgt eine Prüfung der Gleitlackbeschichtung durch UV-Licht (Bild 6). Und schließlich werden physikalische und chemische Prüfungen durchgeführt, um die Qualität zu bescheinigen. Das können ganz einfache Knickprüfungen und Einlagerungsversuche unter bestimmten Umgebungsbedingungen sein. Verantwortungsvolle Beschichter können diese Prüfungsergebnisse auch dokumentieren und entsprechende Zertifikate mitliefern.

Im Endergebnis entstehen mit den maschinell aufgetragenen, wasserbasierten Gleitlacksystemen trockene, grifffeste und saubere Beschichtungen auf Elastomerbauteilen mit PTFE, Silikonen oder Siloxanen als Trockenschmierstoff. Dabei entstehen Oberflächenstrukturen, die die Reibwerte positiv beeinflussen und die Verschleiß-eigenschaften in Richtung höherer Festigkeit verbessern. Je nach Anwendung und Funktion der Dichtung gibt es unterschiedliche Beschichtungen. Darunter sind auch spezielle Beschichtungen für Dichtungen im Lebensmittel- oder Trinkwasserbereich. Die entsprechenden Gleitlacke sind dahingehend unbedenklich, erfüllen verschiedene Normen und Spezifikationen oder haben die erforderlichen Freigaben. Sicherheit geben dabei die zahlreichen Prüfungen samt Dokumentationen. Weitere Behandlungen der Oberflächen können zusätzliche Effekte bringen. So verhärtet z.B. die Behandlung mit Jod die Oberflächen von NBR-Dichtungen und lässt sie so künstlich altern. Das senkt die Reibung weiterhin, Stick-Slip-Effekte lassen sich nahezu vollständig eliminieren.

Farbige Lacke vermeiden Verwechslungen

Die Gleitlacke können sowohl transparent als auch farbig sein (Bild 6). Bei transparenter Beschichtung bleibt die Farbe des Basiswerkstoffes weiterhin erkennbar. Wird farbig beschichtet, lassen sich die Dichtungen besser unterscheiden. Das vermeidet Verwechslungen. So lassen sich die Dichtungen z.B. nach Lieferanten oder Anwendungen unterscheiden. Auf die reibungsreduzierenden Eigenschaften hat die Farbe keinen Einfluss, diese bleiben nahezu erhalten. Ebenso erleichtert sich durch die Beschichtung die Montage, weil die Dichtungen nicht mehr zusammenkleben. Zusätzliche Fertigungs- und Montagehilfen wie Öle und Fette, die umständlich aufgetragen werden müssen, sind nicht mehr notwendig. Eine automatisierte Zuführung im Rahmen einer Serienproduktion wird durch vereinzelte und reibungsoptimierte Dichtungen überhaupt erst möglich. Und auch der Nutzung tut das Beschichten gut, denn die Grenzwerte verschieben sich, die Dichtungen arbeiten länger.

Trotz aller Möglichkeiten, die das Beschichten herkömmlichen Dichtungen eröffnet, bleiben viele Einflussfaktoren, die das Beschichtungsergebnis erschweren und die es

zu beherrschen gilt. Das fängt bei der Werkstoffvielfalt mit unterschiedlichen Arten an. So gilt es, sich mit NBR, HNBR, AEM, FKM, EPDM, VMQ, FVMQ oder Gummi-Metallverbindungen auseinanderzusetzen. Hinzu kommen Compounds in ihrer Zusammensetzung aus natürlichem oder synthetischem Kautschuk, mit Füllstoffen aus Ruß oder Mineralen und mit Weichmachern – seien es Öle oder synthetische Produkte. Darüber hinaus beeinflussen Vernetzungsmittel wie Schwefel etc. Vulkanisationsbeschleuniger oder -verzögerer sowie Hilfsmittel wie Farbpigmente, Alterungsschutz etc. das Verhalten von Elastomeren. Und schließlich sorgen auch die chemischen und physikalischen Eigenschaften der Werkstoffe dafür, dass man den Veredelungsprozess nicht auf die leichte Schulter nehmen darf.

Und als ob das nicht schon genug wäre, können darüber hinaus auch variierende Anlieferungszustände der Dichtungen für abweichendes Verhalten im Beschichtungsprozess sorgen. So kämpfen Beschichter häufig mit unerwarteten Verunreinigungen und/oder Prozessänderungen während der Herstellung, weil Teile z.B. plötzlich chloriert, getempert oder entgratet sind, Werkstoffmischungen verändert werden, Werkzeugänderungen für eine andere Oberflächenrauigkeit der Bauteile sorgen oder dadurch dass das optische Erscheinungsbild der angelieferten Produkte oft voneinander abweicht. Dies alles bestätigt lediglich, dass es sich bei Gummi letztendlich um ein lebendiges Produkt handelt, dem größtmögliche Aufmerksamkeit gebührt. Die Beschichtungsverfahren müssen also mit größter Sorgfalt durchgeführt werden. Langjährige Erfahrung ist hierbei sicherlich von besonderem Vorteil.

Fazit und Perspektive: Dichtung meldet, dass Austausch ansteht

Versteht es ein Lohnveredler, mit all diesen Herausforderungen umzugehen, lassen sich durch das Beschichten die Leistungsfähigkeit und Langlebigkeit von Elastomer-Dichtungen erheblich steigern. Insbesondere hier werden weitere Herausforderungen auf Dichtungshersteller zukommen. Denn im Rahmen von QM-Systemen werden immer mehr, auch werks- oder OEM-spezifische Normen genauere und höhere Anforderungen an die Dichtungen stellen. Dichtungen werden auch durch weiterentwickelte Veredelungen verbessert werden. Und wer sagt denn, dass im Rahmen von Digitalisierung und Industrie 4.0 die Beschichtungen nicht eines Tages Sensoren und Elektronik enthalten? Dann meldet die Dichtung gleich selbst, wann sie ausgetauscht werden muss.