

Ableiten von Spannungen bei Dichtungen

Funktionelle leitfähige Beschichtung wirkt dauerhaft gegen statische Aufladung

Dicht, flexibel, chemisch resistent und widerstandsfähig soll ein guter Dichtungswerkstoff sein. Elastomere passen hier bestens: Ob als O-Ring oder Formdichtung, sie garantieren hohe technische Dichtigkeit. Doch bei allen Vorteilen, die Elastomere für die Dichtungstechnik mit sich bringen, tauchen zwei ungewünschte Phänomene auf. Neben oft hohen Reibwerten tendieren viele Elastomere dazu, sich elektrostatisch aufzuladen. Bisherige Abhilfemaßnahmen sind aufwendig oder für Dichtelemente ungeeignet. Eine neue Beschichtungslösung rüstet nun Dichtungen bei Bedarf leitfähig aus und erleichtert gleichzeitig deren Handhabung.

Die Begleiterscheinungen elektrostatischer Aufladung kennt jeder: Was Haare zum Fliegen bringt und im Alltag eher als Spaß betrachtet wird, ist in technischen Anwendungen ungenügend. Statische Aufladung von Bauteilen kann nämlich zu unter-

schiedlichen Effekten führen. Diese können unerfreulich oder aber auch schädlich sein. Reiben zum Beispiel Elastomerbauteile aneinander oder an anderen Materialien, können sie sich elektrostatisch aufladen. Bei manchen Werkstoffen zeigen sich

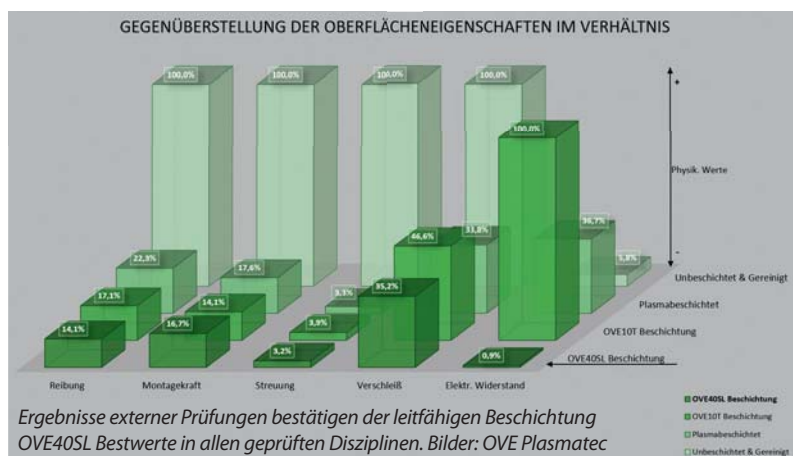
negative Auswirkungen schon früh. Bereits nach der Produktion, wenn Dichtungen verpackt werden, kleben sie durch die Aufladung aneinander oder an den Beuteln und wollen sich beim Ausschütten nicht von der Verpackung lösen. Endlich ausgepackt, ziehen sie sofort Staub und anderen Schmutz aus der Umgebung an und sind dadurch, ohne zusätzliches Reinigen, so manches Mal untauglich für saubere kritische Anwendungen. Die statisch aufgeladenen Dichtungen lassen sich in Vibrationswendelförderern dann meist nur schwer vereinzeln und durch anhaftende Teile stockt die Zuführung in Montageanlagen. Stillstand und lange Durchlaufzeiten sind die Folge. In einzelnen



Herausforderungen, die sich durch elektrostatische Aufladung ergeben, kann mit OVE40SL nachträglich begegnet werden, und das unabhängig von der Losgröße. Denn mit dem neuen Gleitlack lassen sich sowohl große Chargen als auch Losgröße 1 wirtschaftlich beschichten.

Fällen können sich die Ladungen der Bauteile sogar aufschaukeln und sensible elektronische Bauteile der Peripherie stören oder schädigen. Elastomere sind standardmäßig nicht oder nur geringfügig leit- oder ableitfähig. Unabhängig davon, über welchen Wirkmechanismus eine elektrostatische Aufladung bei den verschiedenen Bauteilen entsteht, sie lässt sich unter realen Bedingungen nicht verhindern. Ziel jeglicher Maßnahmen ist es also, die Erzeugung statischer Elektrizität durch rasches Ableiten zu minimieren. Die Auswahl der geeigneten Ableitmethode für ein Bauteil hängt in erster Linie von dessen eigener,

elektrischer Leitfähigkeit ab. Verschiedene Möglichkeiten versprechen dabei mehr oder weniger Erfolg. So können beispielsweise Antistatika, Entladesysteme oder die Erdung von Maschinenelementen helfen. Damit lassen sich Dichtungen während der Montagevorgänge zwar neutralisieren, jedoch ein nachträgliches Aufladen in der Anwendung nicht verhindern. Sind nur einige Dichtelemente betroffen, machen zielgerichtete, teilespezifische Lösungen häufig mehr Sinn als die Umrüstung kompletter Produktions- oder Montagebereiche durch umfassende Maßnahmen. **Weiter auf Seite 39**



Fortsetzung von Seite 1

Erstens durch konstruktive Maßnahmen: Bei Verwendung von Flanschen mit Feder/Nut oder Vorsprung/Rücksprung ist die Dichtung gekammert. Es besteht also ein zusätzlicher Formschluss. Die Flanschverbindung gilt per Definition als ausblassicher. Zweitens durch die Verwendung metallisch verstärkter Dichtungen: Metall- und Metall-Weichstoff-Dichtungen gelten nach all-

gemeiner Auffassung als ausblassicher, da sie durch die metallische Verstärkung nicht ohne Weiteres „aus dem Sitz gedrückt werden“ beziehungsweise am Umfang aufreißen können. Aus den oben genannten Gründen ist jedoch immer die ganze Systembetrachtung erforderlich. Drittens durch eine entsprechende Auslegung und versuchstechnischen Nachweis: Dazu wurde im Vorfeld mit dem Berechnungs-

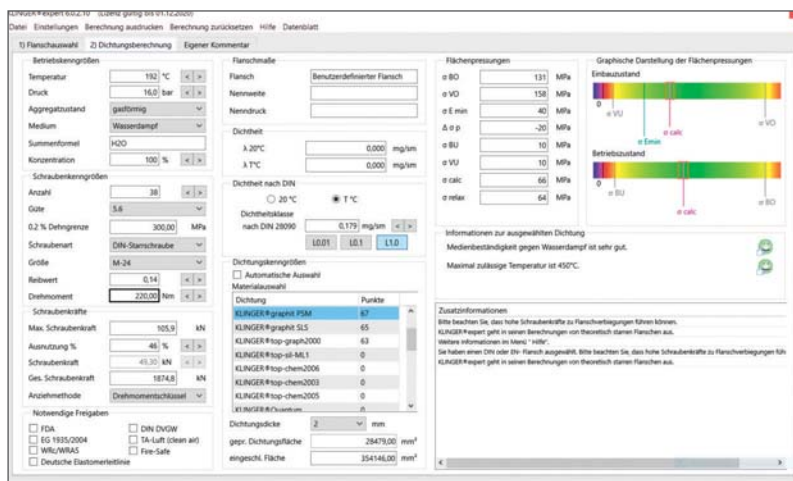
programm von Klinger die passende Flachdichtung für die Abmessungen 658 x 685 x 2 Millimeter herausgefunden. „Das war ganz unkompliziert“, erklärt in diesem Zusammenhang Frau Keiner aus der Lonkwitz-Konstruktion. Das Programm verwies auf das Produkt Klinger-graphit PSM 200 und hat parallel das nötige Anzugmoment für die Schrauben angezeigt. Daraus ergab sich dann ein Drehmoment von 220 Nm für die 38 Schrauben M24 5.6. Für einen sicheren Betrieb werden später mindestens 40 MPa Flächenpressung auf der Dichtung benötigt. Die maximale Flächenpressung läge bei 131 MPa, bevor die Dichtung mechanisch überpresst würde. Mit dem errechneten Drehmoment wird nach dem Setzen der Dichtung eine dauerhafte Flächenpressung von 64 MPa erreicht - ein sehr guter Wert. Zur eingesetzten Dichtung: Mit Klinger-graphit PSM 200 B steht



Eine der Stärken von Lonkwitz Edelstahltechnik ist der originalgetreue Nachbau von historischen Dampfkesseln und Zubehör. Bilder: Klinger

ein, wie der Hersteller betont, in der Praxis erprobtes Graphitlaminat mit einer 0,1 Millimeter dicken Spießblech-Edelstahleinlage zur Verfügung. Eingesetzt werden kann es im Temperaturbereich von minus 200 Grad Celsius bis plus 450 Grad Celsius. Es wird bevorzugt bei Anwendungen im Bereich Heißwasser und Wasserdampf genutzt und ist neben der hier benötigten

Dicke von 2 Millimetern auch in Standarddicken von 0,8 Millimeter, 1,0 Millimeter, 1,5 Millimeter und 3,0 Millimeter verfügbar. Bei der abschließenden Abnahme durch eine unabhängige Stelle wird unter anderem eine Kaltwasserdruckprobe mit einem Prüfdruck von 22,1 bar (variabel, je nach Kesselkonstruktion) gefordert. Der Kessel wird dazu vollständig mit Wasser gefüllt und langsam auf den Prüfdruck von 22,1 bar gebracht. Dabei dürfen keine Verformungen und Undichtigkeiten (Leckagen) am Kessel oder an der betrachteten Dampfdichtung auftreten. „Das hat mit der Klinger-Dichtung einwandfrei funktioniert“, erklärt Herr Schmidt, der Betriebsleiter. Insgesamt wurde der Druckkessel nach Richtlinie 2014/68/EU über Druckgeräte, Modul G und angewandten technischen Regeln/Normen der AD2000, TRD geprüft und hat bestanden. Einer Verwendung in der Lokomotive steht damit nichts entgegen. www.klinger.de
www.lonkwitz.com



Nutzen Sie die Vorteile von perma Schmiersystemen!

- Planbare Wechselintervalle senken Wartungsaufwand
- Präzise Spendeabgabe verhindert Überschmierung
- Permanente Nachschmierung bei laufendem Motor

müllmeister
Ihr Full-Time-Service-Partner

Hans Müllenmeister GmbH | Krefeld | www.muellenmeister.de



Fortsetzung von Seite 38

Was bei Metallen und anderen Leitern funktioniert, findet jedoch bei Nichtleitern wie Elastomerdichtungen schnell seine Grenzen. Sind die Dichtungen aus Standardelastomeren gefertigt, so kann in den Werkstoffen kein Strom fließen. Dementsprechend ist es kaum möglich, statische Aufladungen direkt abzuführen. Um Komponenten aus nicht leitenden Materialien sicher von statischer Aufladung zu befreien, ist es daher notwendig, die Objekte zuerst leitfähig auszustatten. Eine Möglichkeit bieten hier spezielle Dichtungswerkstoffe. Wo gängige Elastomermischungen mit Standarddrüben gefüllt sind, die in erster Linie mechanische Aufgaben erfüllen und nicht elektrisch leitfähig sind, werden diesen Sonderwerkstoffen Leitfähigkeitsruße oder Silberionen zugesetzt. Diese optimieren die elektrischen Eigenschaften der Werkstoffe, führen jedoch auch zu veränderten mechanischen Merkmalen und erhöhen maßgeblich den Preis. Da bestehende Elastomermischungen sich nicht einfach modifizieren lassen, wie beispielsweise Thermoplaste, werden solche Spezialwerkstoffe in der Regel komplett neu entwickelt, um sowohl der Anwendung als auch der geforderten Leitfähigkeit gerecht zu werden. Für Dichtungen, die kostenseitig zu den klassischen C-Teilen ge-

hören, lohnt sich die Neuentwicklung eines leitfähigen Elastomerwerkstoffes jedoch in der Regel nur bei sehr großen Bedarfsmengen.

Hinzu kommt, dass elektrostatische Probleme in der Regel erst dann auftauchen, wenn die gefertigten Dichtungen einer Montage zugeführt werden. Eine Änderung der Werkstoffe ist zu diesem Zeitpunkt häufig kaum mehr möglich.

Als sinnvolle Alternative bietet es sich daher sowohl aus wirtschaftlicher als auch aus technischer Sicht an, die Dichtungsflächen nur bedarfsweise zu modifizieren. Ein neu entwickelter, wasserbasierter Gleitlack optimiert die elektrische Leitfähigkeit der Dichtungen an deren Oberflächen und sorgt darüber hinaus für geringe Reibwerte und leichte Montage.

Baukastensystem zur Ableitung

Kommt es also bei einzelnen Dichtelementen zu störenden Effekten durch elektrostatische Aufladung, können diese nachträglich beseitigt werden. OVE40SL ist ein wasserbasierter und hitzebeständiger Gleitlack, der mit speziellen Hochleistungsadditiven modifiziert ist. Er wird in Schichtstärken von nur 3 bis 12 Mikrometern im Sprühverfahren auf die Dichtungen aufgetragen

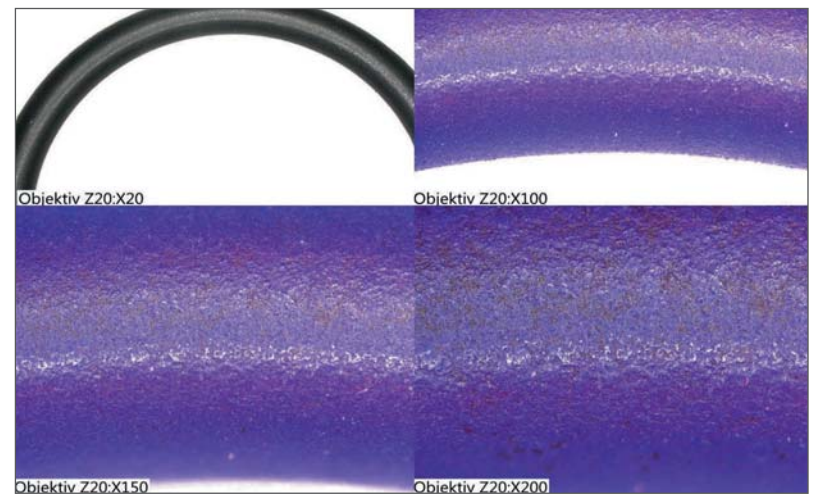
und bildet nach dem Aushärten eine hochstabile Gitterstruktur.

Additive gewährleisten eine gute Leitfähigkeit der Bauteiloberflächen und realisieren so die schnelle Abführung elektrostatischer Aufladung. Gleichzeitig reduziert die elastische und dennoch extrem verschleißfeste Beschichtung die Reibwerte der Dichtungen und erleichtert damit deren Handhabung.

Die beschichteten Dichtungen haften nicht mehr aneinander oder an der Verpackung und lassen sich aufgrund der geringen Fügekräfte einfach und sicher montieren. In der Anwendung unterstützt die fest anhaftende Beschichtung die Lebensdauer und Verschleißfestigkeit der Dichtelemente und schützt dauerhaft vor statischer Aufladung.

Mit einem durchschnittlichen Widerstand von nur $87,5 \cdot 10^3$ Ohm, gemessen nach DIN EN 62631 an EPDM O-Ringen der Größe 18x2, rangieren die beschichteten Elastomere auf dem Niveau von leitfähigen Spezialwerkstoffen. Selbst der gemessene maximale Widerstand bleibt unterhalb von 104 Ohm. Zum Vergleich: Standardelastomere können, je nach Füllstoff, einen Widerstand von bis zu 3×10^{14} Ohm aufweisen.

Auch hinsichtlich Reibung und Montagekräfte erzielt die Neuentwicklung gute Werte. Die durch die Modifizierung erreichten Reibwerte der neuen Beschichtung unterbieten bisherige Bestwerte von gängigen Gleitlacken um 18 Prozent. Um die positiven Effekte dieser geringen Reibwerte zu überprüfen, wurden entsprechende Montageversuche an O-Ringen durchgeführt und mit unbeschichteten, gereinigten Originalringen verglichen. Die gemessenen



Prüfling mit Beschichtung OVE40SL nach verschärfter Prüfung unter UV-Licht: Es ist nur eine geringe Abnutzung zu erkennen.

Druckfedern,



... Zugfedern,



... Schenkelfedern



... und Sicherungselemente



... ab Lager oder individuell gefertigt.

**GUTEKUNST
FEDERN**



www.federnshop.com

(+49) 07123 960-192
service@federnshop.com

So entsteht eine statische Aufladung

Ob und wie stark sich Elastomere aufladen, ist vom Aufbau des Werkstoffes und dessen Leitfähigkeit abhängig. So sind Elastomere standardmäßig nicht oder nur geringfügig leit- oder ableitfähig. Ein genauer Blick auf die Ursachen und Abläufe statischer Aufladung hilft zu verstehen, wie und wodurch sich Materialien aufladen und warum die spürbaren Effekte bei Elastomerdichtungen höchst unterschiedlich ausfallen.

Um statische Aufladung und damit die Wirksamkeit einzelner Abhilfemaßnahmen besser zu verstehen, macht es Sinn, die betroffenen Bauteile auf atomarer Ebene zu betrachten. Jedes Objekt, unabhängig von dessen Material, besteht aus einem Verbund von Atomen. Diese enthalten, neben ladungsneutralen Neutronen, positiv geladene Protonen im Atomkern und negativ geladene, frei bewegliche Elektronen in ihrer Hülle.

Unter normalen Bedingungen ist die Anzahl von Protonen und Elektronen gleich. Somit gleichen sich die Ladungen dieser einzelnen Teilchen innerhalb eines Atoms aus, wodurch das Atom, und damit das gesamte Bauteil, elektrisch neutral erscheinen. Reiben nun zwei Objekte aneinander oder werden sie voneinander getrennt, können sich einzelne Elektronen aus der Hülle lösen und auf Atome im benachbarten Objekt über-

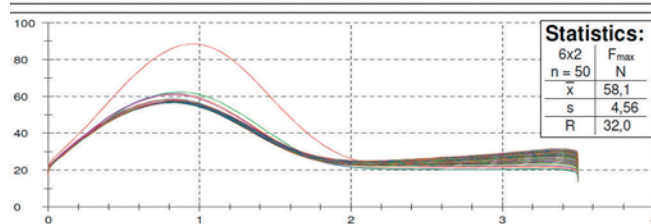
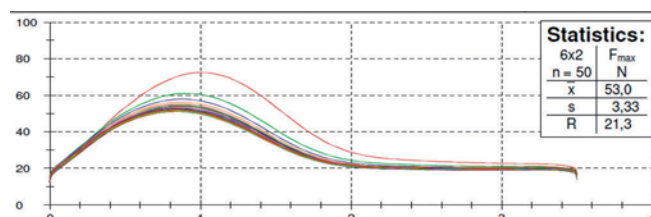
gehen. Dies passiert in der Praxis beispielsweise, sobald Dichtungen aus ihrer Packung geschüttet oder in Vibrationswendelförderern einzeln werden.

Die Dichtungen reiben dabei an der Tüte oder am Vibrationstopf. Die Elektronen beginnen also, sich infolge des Kontaktes von Atom zu Atom zu bewegen. Einer der Reibpartner wird dabei durch die überschüssigen Elektronen negativ, der andere durch fehlende Elektronen positiv aufgeladen.

Bei nicht leitenden Werkstoffen, so zum Beispiel verschiedenen Polymeren, können sich die Elektronen größtenteils nicht frei bewegen. Hier kommt es dann bei Reibung oder Trennung zu einer simplen Verschiebung der zuvor ausgeglichenen Ladungen innerhalb des Bauteiles ohne Elektronenübergang. Das Bauteil wird dabei auf einer Seite positiv und auf der anderen Seite negativ geladen.

Ob nun Ladungen nur verschoben werden oder sich teilweise auch Elektronen zwischen den Atomen bewegen, ist bei Elastomeren stark von deren Inhaltsstoffen abhängig und kann entsprechend unterschiedlich ausfallen.

Daher laden sich durchaus nicht alle Elastomerwerkstoffe gleichermaßen auf und die entsprechenden negativen Effekte werden nur bei manchen Dichtungen sichtbar.



Oben: Zwei Ringe wurden 50-mal mit einer Verpressung von 25 Prozent eingepresst mit dem Ziel, die Einpresskraft und Abnutzung der Oberfläche zu prüfen. Die oberen Kraftkurven zeigen den OVE40SL, die unteren den OVE10T. Die Standardabweichung und Spannweite zeigen, dass der OVE40SL stabiler ist und weniger Abnutzung zeigt.

Unten: Vergleich der Reibwerte OVE10T (unten) und OVE40SL (oben): Ein Schlitten mit drei Ringen am Unterboden mit 1 Kilogramm Gewicht wurde 50-mal über ein Flies gezogen. Es zeigen sich deutlich bessere Reibwerte und die geringe Abnutzung des OVE40SL.

