



Schichten in optimierten Dichtungssystemen

Serienbeschichtung von Dichtungshülsen mit Keramik in der Produktion von Putzier Oberflächentechnik.

Jens Putzier

Der Maschinen- und Anlagenbau steht vor dem immer drängenderen Problem, technischen Fortschritt mit niedrigeren Kosten und geringerer Umweltbelastung zu vereinbaren. In der aktuellen Wirtschaftssituation bietet sich die Chance, die technologische Vorreiterrolle Europas mit umweltfreundlichen Lösungen auf dem Weltmarkt weiter auszubauen. Das Thermische Spritzen wird allen diesen Anforderungen gleichermaßen gerecht, indem es den Oberflächen von Grundwerkstoffen durch eine Beschichtung völlig andere Eigenschaften verleiht: Die Verbesserung der Werkstoffeigenschaften geht einher mit Materialersparnis, Recyclingfähigkeit, Leichtbau und CO₂-Einsparung.

Eines der Maschinenelemente, das sich in Kombination mit thermischen Spritzschichten für eine solche Optimierung anbietet, ist der Radialwellendichtring (RWDR). Er dichtet drehende Wellen in vielen Bereichen der heute entwickelten und produzierten Maschinen und Anlagen ab.

Der RWDR lässt sich zwar wie ein einfaches Bauteil einsetzen, kann in der Praxis aber bei Überschreitung seiner Leistungsgrenzen zu erheblichen Problemen führen.

Konstruiert wurde der RWDR ursprünglich aus Elastomerwerkstoffen für metallische Gegenläufigen bei optimaler

Schmierung und Druckbelastung. Eine bekannte Anwendung ist die Abdichtung der Kurbelwelle von PKW Motoren. In vielen industriellen Einsatzfällen sind diese optimalen Voraussetzungen aber nicht gegeben. Hier soll vielmehr in kleinsten Serien, bei hohen Umfangsgeschwindigkeiten, starkem Korrosionsangriff, hohem Druck und bei schlechten Schmierungsverhältnissen zuverlässig abgedichtet werden. Zudem müssen oft Gegenläufigen verwendet werden, die nicht verschleißbeständig sind. Für diese Anwendungen wurden Varianten des RWDR aus Werkstoffen entwickelt, bei denen PTFE (Polytetrafluorethylen) durch Füllstoffe zusätzliche Eigenschaften wie Verschleiß- und Druckfestigkeit verliehen werden. Mit diesen Werkstoffen kann die Dichtungsstruktur optimal an die Anforderungen angepasst werden. Diese Dichtungen unterscheiden sich letztlich grundlegend von den herkömmlichen genormten RWDR und erfordern daher verschleißgeschützte Gegenläufigen. Mit der Auswahl des Dichtungselements ist

also zugleich die Auswahl der geeigneten Gegenlauffläche verbunden – die Dichtungsauswahl wird um das komplexe Gebiet der Oberflächentechnik erweitert.

Zusammenspiel von Dichtung und Gegenlauffläche

Der Anwender hat die umfangreiche Wahl zwischen thermisch, chemisch, mechanisch oder galvanisch behandelten Werkstoffen (zum Beispiel nitriert, gehärtet, verchromt, rolliert, gedreht oder gestrahlt) und thermisch gespritzten Beschichtungssystemen. Umfangreiche Versuche haben gezeigt, dass Oberflächenbeschichtungen, die eine Dicke von weniger als 50 µm aufweisen oder über Oberflächentopographien verfügen, die das Dichtungselement verschleifen, nicht geeignet sind. Auch die Kombination einer sehr dünnen und harten Schicht mit einem weichen Substrat ist ungeeignet. Durch den sogenannten Eierschaleneffekt kann die Beschichtung in den Substratwerkstoff eingedrückt werden.

Ein Dichtungssystem kann also nur funktionieren, wenn das Umfeld von der Schmierfähigkeit über Druck und Temperatur des abzudichtenden Mediums bis hin zu den Umgebungsbedingungen der Maschine optimal gestaltet ist. Insgesamt beeinflussen mehr als 70 Parameter Leakage, Reibung und Verschleiß des Dichtungssystems und bestimmen damit den Energieaufwand und die Wartungskosten. Das in den letzten Jahren durch intensive Forschung und Entwicklung gewonnene Wissen der Dichtungshersteller über geeignete Gegenlaufflächen und der Oberflächentechnik über die Eignung ihrer Oberflächen für berührende Dichtungen hat bislang noch wenig Einfluss auf die Beratung und die Entwicklung optimierter Dichtungssysteme gewonnen.

Der Anwender des Dichtungssystems verfügt deshalb über keine umfassende Informationsquelle für eine qualifizierte Auswahl der geeigneten Systemkomponenten, soll aber mit der Auswahl der Bauteile die weitest reichenden Entscheidungen treffen. Die daraus resultierenden Probleme können zu vorzeitigen Ausfällen oder zum völligen Versagen des Dichtungssystems führen. Da Anlagen immer öfter erst während der Herstellung in Details endgültig konstruiert werden können, steht der Anlagenbauer oft vor völlig unerwarteten Problemen, die kurzfristig gelöst werden müssen: Zu hoher Verschleiß und zu hoher Energieaufwand.

Dichtungsfreundliche Beschichtungssysteme

Mit dem thermischen Spritzen werden lokal begrenzte Schichten auf die Oberfläche von Maschinenbauteilen aufgetragen. Beschichtungssysteme aus reinen Metallen und Legierungen über Hartmetalle bis hin zu Keramiken in Dicken von wenigen Mikrometern bis hin zu mehreren Zentimetern sind möglich.

Das thermische Spritzen beschleunigt und erschmilzt den meist pulverförmigen Beschichtungswerkstoff mit einem heißen Gasstrahl und trägt die Beschichtungspartikel mit hoher kinetischer Energie in schmelzflüssigem Zustand auf die Oberfläche des zu beschichtenden Substrats auf. Hier erzeugen die Partikel durch Erkalten eine dichte, fest haftende Schicht. Gleichzeitig ermöglicht die präzise Führung der Beschichtungsan-



Im 20.000 °C heißen Plasmastrahl entstehen optimale Gegenlaufflächen aus Keramiksichten.

ge eine gezielte Auftragung der Schicht, so dass im Gegensatz zu anderen Verfahren die Beschichtung nur dort aufgetragen wird, wo sie benötigt wird.

Die wichtigsten Verfahren des thermischen Spritzens sind das atmosphärische Plasmaspritzen (APS), das Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF), das Flamm-spritzverfahren (FS) und das Kaltgasspritzen (CGDS). Das Kaltgasspritzverfahren schmilzt die Partikel des Beschichtungswerkstoffes nicht mehr auf, sondern trägt sie mit dreifacher Schallgeschwindigkeit auf das Substrat auf. Dieses Verfahren erlaubt die Erzeugung von reinen metallischen Schichten auf vielen Grundwerkstoffen.

Grundsätzlich richtet sich das Beschichtungsverfahren nach dem Beschichtungswerkstoff. Für jeden Beschichtungswerkstoff und jede Anwendung existiert ein optimal geeignetes Verfahren. Aus diesem Grund werden Werkstoff und Verfahren vorzugsweise in einem Beschichtungssystem zusammengefasst. Die große Schichtstärke, hohe Verschleißfestigkeit und sehr gute Korrosionsbe-

ständigkeit prädestinieren diese Systeme für den Einsatz als Gegenlaufflächen in Dichtungssystemen.

Die Morphologie unterscheidet sich deutlich von der homogener metallischer Werkstoffe. Die Mikroporosität und der lamellare Aufbau bieten wesentliche Vorteile für Dichtungssysteme, wie die Beständigkeit gegenüber Temperaturwechselbeanspruchungen. Die Oberfläche des Schichtsystems erhält durch geeignete Finishverfahren eine dichtungsfreundliche Topographie.

Allerdings können die messtechnisch ermittelten Oberflächenrauheitswerte nicht mit denen von metallischen Werkstoffen verglichen werden. Die gemessenen Ra als auch Rz Werte geben den tatsächlichen Oberflächenzustand und insbesondere die Eignung der Oberfläche für ein Dichtungssystem nicht geeignet wieder.

Kenngrößen, die die Verteilung der Materialanteile aus der sogenannten Abbottkurve abbilden, sind bereits wesentlich besser geeignet. Allerdings stellen auch diese Messwerte Rpk (Spitzenrauheit), Rk (Kernrauheit) und Rvk (Rauheitstäler) nur einen 2-dimensionalen Schnitt durch die Oberfläche dar.

Aus diesem Grund wird zurzeit an verschiedenen Universitäten intensiv an modernen Methoden zur 3D-Charakterisierung von Gegenlaufflächen in Dichtungssystemen gearbeitet,



Beim Hochgeschwindigkeitsflammspritzen (HVOF) werden Hartmetalle mit Überschallgeschwindigkeit auf das zu beschichtende Objekt geschossen.

mit denen auch die Dralleigenschaften der Oberfläche bewertet werden können.

Grundsätzlich ist ein thermisch gespritztes Beschichtungssystem im Vergleich zu anderen Oberflächen bei gleichen Ra oder Rz Werten deutlich glatter und dichtungsfreundlicher. Die Rauheitstäler bilden ein optimales Schmierfilmreservoir für eine hydrodynamische Schmierung ohne Schmutzaufnahmevermögen. Verschleißfördernde Rauheitsspitzen sind nicht vorhanden.

Auswahl geeigneter thermischer Spritzschichten

Viele Beschichtungssysteme, die sich aufgrund ihrer Verschleiß- und Korrosionsbeständigkeit in vielen Anwendungen bereits bewährt haben, sind für die Kombination mit einem Dichtungssystem geeignet. Besonders geeignet sind die oxidkeramischen Schichtsysteme Chromoxid und Aluminiumoxid/Titanoxid sowie das Hartmetallschichtsystem Chromkarbid. Unter Berücksichtigung der korrosiven Belastungen wurden auch mit Beschichtungssystemen auf der Basis von Wolframkarbid hervorragende Ergebnisse erzielt.

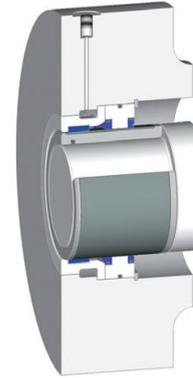
Der Durchbruch beider Leistungsfähigkeit von Dichtungssystemen wurde aber erst vor wenigen Jahren durch die wissenschaftlich fundierte Optimierung des Gesamtsystems Dichtung/Beschichtungssystem erzielt. Präzise aufeinander abgestimmte Konstruktionen und Werkstoffe senken im Vergleich zu bislang bekannten Kombinationen wesentlich den Verschleiß und die Reibungsverluste im Dichtungssystem.

Verlängerung der Lebensdauer

Schüttgutanlagen fördern Pulver oder Granulate in Aufbereitung und Transport. Die Anforderungen an die Langlebigkeit der Komponenten ist hier besonders hoch. Eine Zellenrad-schleuse fördert teilweise höchst abrasives Schüttgut schonend unter einem Druck von bis zu 3,5 bar kontinuierlich mit drehend angeordneten Förderkammern.

Da die Dichtungselemente zwischen Welle und Gehäuse bislang direkt in das Schleusen-gehäuse eingebaut sind, ist beim Dichtungs-wechsel und bei der Kalibrierung die De-montage der gesamten Schleuse erforderlich. Häufige Wechsel der Dichtungen führen zur Beschädigung des Gehäuses und zu Undich-tigkeiten und Druckverlusten.

Um den Gesamtaufwand bei der Her-stellung und Instandhaltung der Schleuse zu minimieren, wurde ein Dichtungssystem entwickelt, bei dem sich Dichtung und Gegen-laufläche in Form einer vormontierten und kalibrierten Kassette einfach und ohne Spezialwerkzeug montieren lassen. Durch die Verwendung eines aufeinander abgestimm-ten Systems aus Dichtung und Beschichtung konnte darüber hinaus die Lebensdauer des Dichtungssystems um 200 Prozent bei völliger Verschleißfreiheit der Welle erhöht werden. Dadurch verlängert sich das Serviceintervall ebenfalls auf das Dreifache. Zudem kann das Dichtungssystem durch Austausch von



Abdichtungskassette für Zellenrad-schleusen. Dichtung und Gegenlaufläche werden als einbaufertiges System gefertigt.

Dichtung und Gegenlaufläche vollständig recycelt werden. In einer verfahrenstechnischen Anlagengruppe eine größere Wellenabdichtung mit hoher korrosiver Belastung in einer Nickelba-

sislegierung ausgeführt. Problematisch zeigten sich die geringe Wärmeleitfähigkeit und die geringe Verschleißbeständigkeit des Grundmaterials. Hohe Werkstoffkosten bei geringer Standzeit und erhöhtem Dichtungsverschleiß durch die enorme Temperaturbelastung bargen ein großes Verbesserungspotenzial.

Verschiedene Optimierungsschritte resultierten in der Ausführung der Wellenschutz-hülse als mehrteilige Schweißkonstruktion, welche die Verwendung von Edelstahl in den nicht medienberührten Bereichen erlaubt. Gleichzeitig konnte die mit einem kera-mischen Schichtsystem verschleißgeschützte Gegenlaufläche mit einer Ölkühlung ausge-rüstet werden.

Die Herstellkosten wurden um 50 Prozent gesenkt, die Lebensdauer um 380 Prozent erhöht und die Temperatur im Dichtungssystem um 30 Prozent gesenkt. Aus dieser Leistungs-steigerung ergibt sich die wesentliche Redu-zierung der Umweltbelastung.

Zusammenfassung

Das thermische Spritzen bietet hohes Po-tenzial, technischen Fortschritt mit Kosten einsparung, Umweltverträglichkeit und Ressourcenschonung zu verbinden. Speziell in Dichtungssystemen eröffnet sich darüber hinaus noch erhebliches Potenzial, mit einer Systemlösung Synergieeffekte zu erzielen. Diese Möglichkeiten geben dem Konstrukteur effektive Werkzeuge zur Lösung der zukünftigen Herausforderungen an die Hand. ●



Verschleißhülse aus einer Schweißkonstruktion aus Edelstahl /Nickel die mit einer keramischen Beschichtung die halben Herstellkosten und eine 3,8 fache Lebensdauer zur bisherigen Konstruktion erreicht. Bilder: Putzier

Kontakt

Dipl.-Ing. Jens Putzier
 Putzier Oberflächentechnik GmbH
 Deesys Dichtungssysteme GmbH
 Julius-Kronenberg-Straße 3
 42799 Leichlingen
 Tel.: +49 2175 8889-0, Fax -99
www.putzier.com
www.deesys.de