

Höhere Lebensdauer von Präzisionsbauteilen für anspruchsvolle Einsatzbedingungen

von Oerlikon Balzers

PVD-Beschichtungen erhöhen die Oberflächenhärte und Verschleißbeständigkeit von Präzisionsbauteilen, wie z.B. Verzahnungen, Hydraulik-, oder Lageranwendungen. Dadurch kann ihre Lebensdauer unter hohen Belastungen signifikant verlängert werden.



(Bild: Shutterstock)

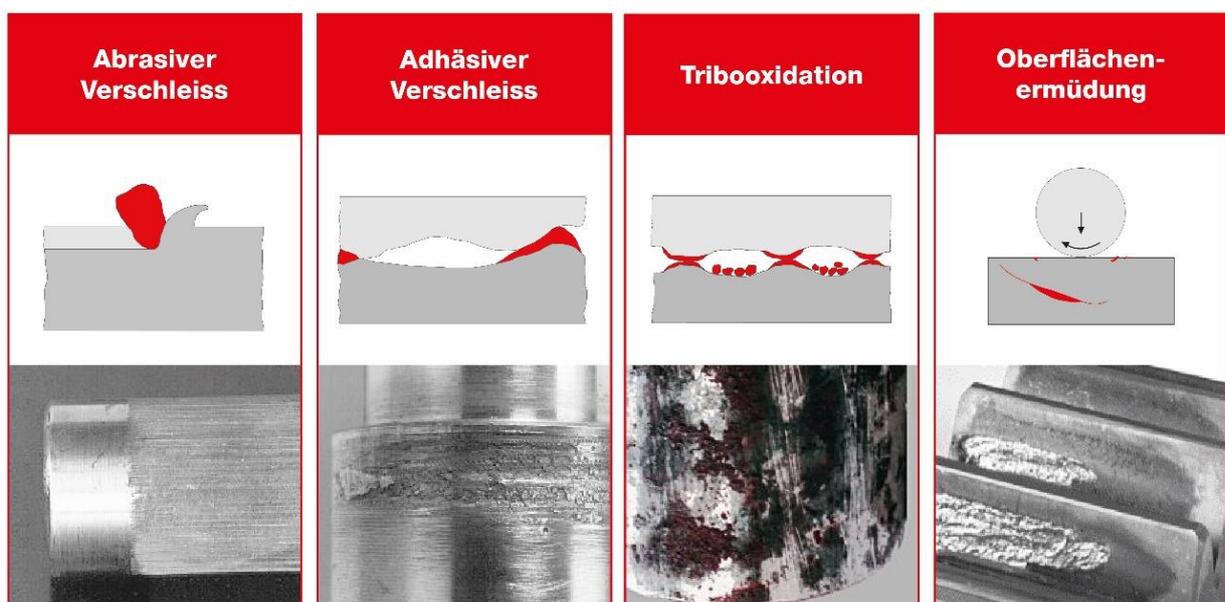


(Bild: Shutterstock)



(Bild: Shutterstock)

Auch wenn Verzahnungen, Hydraulik-, oder Lageranwendungen und andere Präzisionskomponenten grundsätzlich aus gehärtetem Stahl oder anderen Hochleistungslegierungen gefertigt werden, kann es dennoch vorkommen, dass diese aufgrund von etwa erhöhtem Abrasionsverschleiß, Oberflächenermüdung (Grübenbildung) oder Korrosionsprozessen der hohen Belastung nicht standhalten.



(Bild: Oerlikon Balzers)

Dieses Risiko ist stark erhöht im Falle von Metall-Metall-Paarungen in Kombination mit hohen Flächenpressungen sowie hohen Relativgeschwindigkeiten oder bei Mangelschmierung. Ebenso können Verunreinigungen (Partikel), erhöhte Einsatztemperaturen und rasch wechselnde lastkollektive Reibung und Verschleiß im Zuge von Gleit-, Roll-, oder Schwingungsbewegungen stark zunehmen.

Um dieses Problem in den Griff zu bekommen, entscheiden sich Ingenieure immer häufiger für den Einsatz von PVD-Beschichtungen (PVD = Physical Vapour Deposition), die meist nur in einer Dicke von 0,5 bis 5 Mikrometern (μm) abgeschieden werden und der Oberfläche dieser Komponenten eine sehr viel höhere Härte verleihen.

Durch das Aufbringen von Beschichtungen, die für derart anspruchsvolle Umgebungen optimiert wurden, profitieren die Bauteile neben einer verbesserten Oberflächenhärte auch von einem deutlich geringeren Reibungskoeffizienten. Folglich müssen kritische Komponenten, wenn überhaupt, deutlich weniger häufig ausgetauscht werden bzw. müssen seltener Wartungen vorgenommen oder ungeplante Ausfallzeiten in Kauf genommen werden. Somit kann durch gezielte Beschichtung die Leistung von Maschinen insgesamt deutlich optimiert werden.

Beschichtete Bauteile finden aufgrund dessen bereits heute ein breites Einsatzspektrum. Dieses reicht von modernen Treibstoffeinspritzsystemen mit höchsten Drücken über kritische Lagerapplikationen wie zum Beispiel in Windkraftanlagen, Getriebeanwendungen in Agrar-, Bergbau-, oder Automobilindustrie bis hin zu Motorsportapplikationen. Ebenso finden sich beschichtete Bauteile in unterschiedlichen Hydraulikkomponenten sowie Pumpen- und Ventilanwendungen allgemein, und bei Verschleißteilen aus Edelstahl in der Lebensmittelverarbeitung, bei der eine Schmierung nur eingeschränkt oder gar nicht möglich ist.

Gehärtete Komponenten und alternative Beschichtungsmethoden

Viele Komponenten sind nach wie vor nicht beschichtet. Stattdessen werden diese häufig aus wärmebehandelten, nitrierten oder einsatzgehärteten Stählen oder aus langlebigen Hochleistungswerkstoffen wie Titan- oder Nickellegierungen hergestellt. Allerdings tritt je nach Beanspruchung selbst bei diesen Werkstoffen vorzeitiger Verschleiß oder Ausfall auf, wenn nicht ausreichend geschmiert wird. In einigen Branchen ist allerdings Schmierung nur eingeschränkt zulässig, oder überhaupt nicht möglich, wie z.B. in der Lebensmittel- und Pharmaindustrie, Kryotechnik, bei Vakuumsystemen, oder in Reinraumanwendungen.

In diesen Fällen können Ingenieure auf eine Vielzahl von Beschichtungs-, Galvanisierungs- und Nitrier-Technologien zurückgreifen, um die Oberflächen besser vor Verschleiß oder Korrosion zu schützen. Ein solches Verfahren ist zum Beispiel das Brünieren. Beim Brünieren erzeugt man gezielt eine Oxidschicht auf der Oberfläche, die durch eine chemische Reaktion zwischen dem Eisen auf der Oberfläche eines Eisenmetalls und oxidierenden Salzen entsteht. Nachdem die Teile mit Öl nachbehandelt wurden, weist die Oberfläche einen Schutz gegen Korrosion und eine bessere Schmierfähigkeit auf. Zudem wird das Risiko von Kaltverschweißungen von Metall-Metall-Kontakten etwas verringert.

Allerdings sind brünierte Oberflächen nicht besonders langlebig und können sich bei anhaltend hoher Belastung schnell abnutzen.

Die Beschichtung mit PTFE (Polytetrafluorethylen) ist ein weiteres beliebtes Verfahren und bekannt für niedrige Reibungskoeffizienten. Auch diese Technologie wird nicht für Anwendungen mit hoher Beanspruchung empfohlen, da die weichen Schichten durch hohe Belastungen schnell verschleifen und ersetzt werden müssen.

Für höhere Beanspruchungen hinsichtlich Verschleiß- und Korrosionsschutz werden häufig auch Hartchrom und chemische Vernickelung aufgeführt. Komponenten, die abrasivem Verschleiß unterliegen, können zwar durchaus mit Hartchrom beschichtet werden, allerdings schränkt die prozessbedingte Mikrorissbildung den Einsatz von Hartchrom gegen Korrosion ein. Der Mikrorissbildung kann mit einer Reduktion der Schichtdicke entgegengewirkt werden, jedoch bieten diese Lösungen dann auch nur eine geringere Verschleißfestigkeit. Chemisches Vernickeln ist bekannt für exzellenten Korrosionsschutz und deckt eine große Bandbreite an Härtegraden ab. Die maximale Härte liegt jedoch bei lediglich ca. 600 HV (Vickershärte). Bei diesen Beschichtungstechniken bestehen zudem Bedenken hinsichtlich umweltschädlicher Verbindungen, Emissionen oder Rückstände.

PVD-Beschichtungen

Die physikalische Gasphasenabscheidung (Englisch: Physical Vapour Deposition, PVD) ist ein vakuum-basiertes Verfahren zur Abscheidung sehr dünner Hartstoffschichten. PVD wird normalerweise eingesetzt, um Komponenten bei relativ niedrigen Temperaturen von 200-500°C zu beschichten. Da somit die Beschichtungstemperaturen zum Teil deutlich unterhalb der Anlasstemperatur von Hochleistungsstählen liegen, ist dieses Verfahren ideal, insofern grundlegende Werkstoffeigenschaften durch den Wärmeeintrag während des Beschichtens nicht beeinflusst werden.

Unter die relativ „kalten“ PVD-Prozesse fallen auch unterschiedliche Schichtsysteme auf Kohlenstoffbasis, die insgesamt eine einzigartige Kombination aus sehr hoher Oberflächenhärte und einem extrem niedrigen Reibungskoeffizienten bieten.

Eine solche Schicht ist laut Dr. Florian Rovere, Market Segment Manager General Engineering Components bei Oerlikon Balzers, BALINIT® C, eine sogenannte WC/C-Kohlenstoffbeschichtung, eine Mischung aus metallischem Wolframcarbid und diamantähnlichem Kohlenstoff, die insbesondere gegen Adhäsionsverschleiß (Fressen) sehr widerstandsfähig ist. Die Schicht erhöht zudem den Widerstand gegen Oberflächenermüdung, schützt vor Tribokorrosion (Fretting), und das selbst bei mangelhafter Schmierung oder bei vollständigem Trockenlauf.

Ein weiteres Beispiel ist BALINIT® DLC. Hierbei handelt es sich um eine metallfreie Beschichtung aus diamantähnlichem Kohlenstoff, die noch verschleißfester ist. Diese Beschichtung wird durch plasmaunterstützte chemische Gasphasenabscheidung (PACVD) aufgebracht. DLC eignet sich für extremere Verschleißbeanspruchung und relativ hohe Gleitgeschwindigkeiten. Die Tragfähigkeit kann durch zusätzliche Abscheidung verschiedener Stützsichten wie etwa CrN (Chromnitrid) noch weiter erhöht werden.

Diese und andere Beschichtungen der BALINIT®-Familie, die auf spezielle Anforderungen zugeschnitten sind, können auf unterschiedlichste einsatzgehärtete Stähle oder Vergütungs- und rostfreien austenitische Stählen sowie auf Nickel-, Titan-, Kupfer-, Magnesium- und Aluminiumlegierungen aufgebracht werden.

„Diese Werkstoffe bieten eine hervorragende und gewissermaßen einmalige Kombination aus niedrigem Reibungskoeffizienten wie PTFE, allerdings mit der Härte von Keramik“, erklärt Rovere.

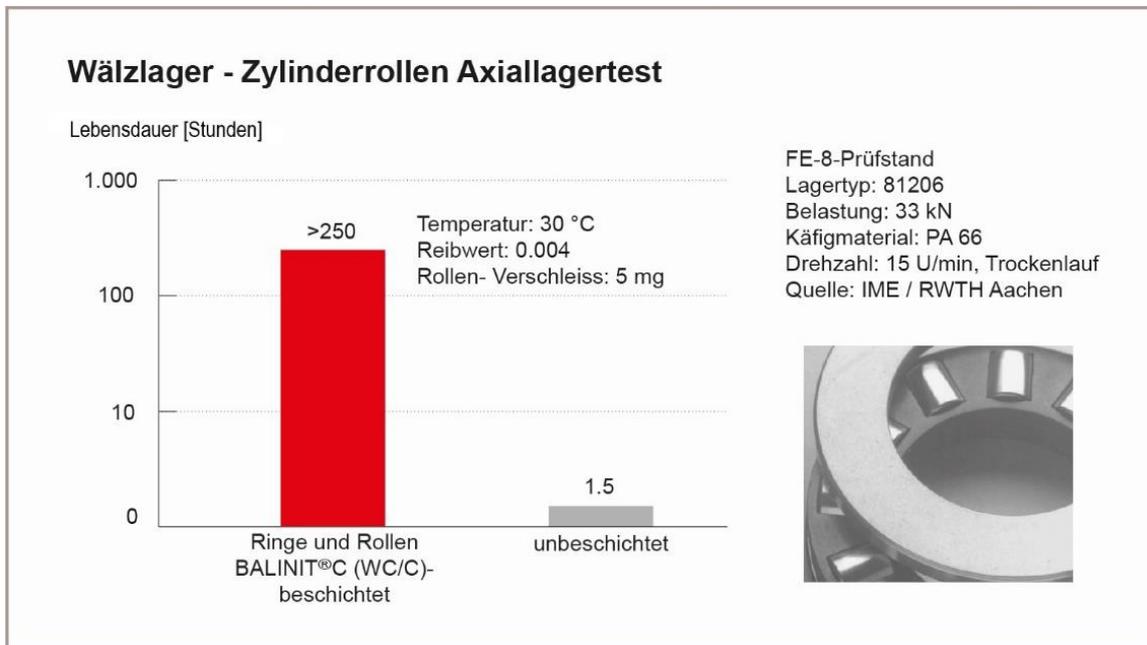
Darüber hinaus bieten diese Beschichtungen den Vorteil, dass sie sehr dünn sind – in der Regel gerade einmal 0,5 bis 5 Mikrometer. In Verbindung mit engen Toleranzen bedeutet diese Eigenschaft, dass für die Komponenten nach dem Beschichten keine weitere Nachbearbeitung in Bezug auf Form, Passung und Abmessungen erforderlich ist.

Anwendungen mit hohem Potenzial

Lager

Lageranwendungen unterliegen typischerweise Oberflächenermüdung und gegebenenfalls abrasivem Verschleiß durch Fremdpartikel. Eine Beschichtung wie BALINIT C eignet sich besonders für typische niedrig angelassene Lagerstähle oder Einsatzstähle, da sie bei Temperaturen unter 200°C aufgebracht werden kann.

Die PVD-Beschichtung kann hier nicht nur auf innere und äußere Laufringe sowie Zylinderrollen aufgebracht werden, sondern auch auf die Kugeln von Kugellagern – und das mit einer sehr gleichmäßigen Schichtdicke von 0,5 bis 1 Mikrometer. Auch wenn hier die Rauheit leicht zunimmt, lässt sich die Beschichtung jedoch gut im Einsatz durch „Einlaufen“ polieren. Dadurch wird die Laufbahn von Innen- und Außenringen geglättet und ein zusätzlicher Schutz vor adhäsivem Verschleiß und Grübchenbildung/Oberflächenermüdung geboten.



Das Beschichten von Ringen und Rollen mit BALINIT® C (WC/C) führt zu deutlich längerer Lebensdauer, geringer Reibung und lediglich geringfügigem Verschleiß bei diesem Trockenlauftest der Lager. (Grafik: Oerlikon Balzers)

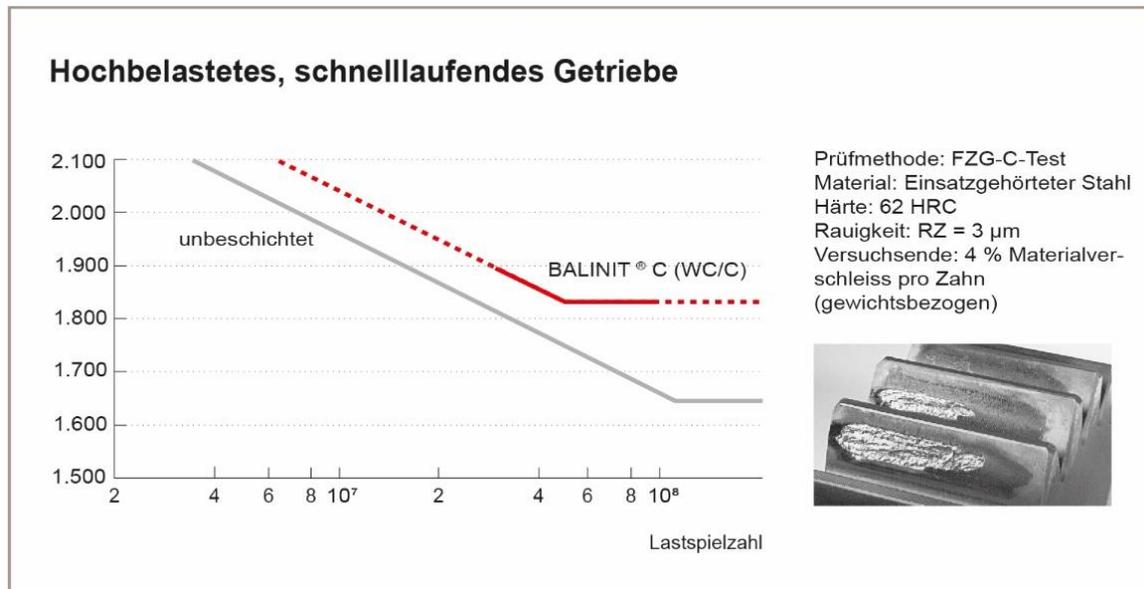
In den Lagern von Kalandervalzen in Papiermaschinen kommt es beispielsweise häufig zu Aufschmierung. PVD-Beschichtungen reduzieren nicht nur die Wahrscheinlichkeit, dass ein solch adhäsiver Verschleiß auftritt. Es hat sich zudem auch gezeigt, dass die Lebensdauer dieser Komponenten um das Drei- bis Vierfache gesteigert werden kann, wenn die Oberflächenhärte der Lager mit dieser Beschichtung deutlich erhöht wird. Infolgedessen müssen die Lager in Papierfabriken erst ersetzt werden, wenn die Kalandervalzen nachgeschliffen werden müssen, wodurch teure Stillstandzeiten erheblich reduziert werden.

Ähnlich verhält es sich bei Zylinderrollenlagern in Kompressoren, die zwar oft geringerer Belastung und Vibration ausgesetzt sind, was aber ebenfalls zu Aufschmierungen führen kann. Durch das Auftragen einer PVD-Beschichtung bei diesen Lagern wird dieses Problem gänzlich unterdrückt.

Zahnräder

Bei Zahnrädern tritt ein ähnlicher Verschleiß wie bei Lagern auf. Auch hier verringern PVD-Beschichtungen den adhäsiven Verschleiß und Oberflächenermüdung/Grübchenbildung in erheblichem Ausmaß. Es hat sich in Tests gezeigt, dass BALINIT C die Lebensdauer von Hochgeschwindigkeitsgetrieben vervielfachen kann.

In standardisierten FZG C-Tests zeigt sich, dass die Dauerfestigkeit gegenüber einsatzgehärteten, jedoch nicht beschichteten Zahnrädern durch Beschichtung mit BALINIT C um 10 bis 15 % zunimmt. Als Ausfallkriterium für die Einsatzdauer des Getriebes wurde im Versuch ein Einzelzahnverschleiß von 4% durch Grübchenbildung (Oberflächenermüdung) definiert.



BALINIT® C (WC/C) erhöht die Tragfähigkeit (Ermüdungsfestigkeit) von einsatzgehärteten Zahnrädern um 10 - 15%. Grund hierfür ist eine geringere Hertzsche Pressung bedingt durch eine Verringerung der Reibung und das Einlaufen der Beschichtung. (Grafik: Oerlikon Balzers)

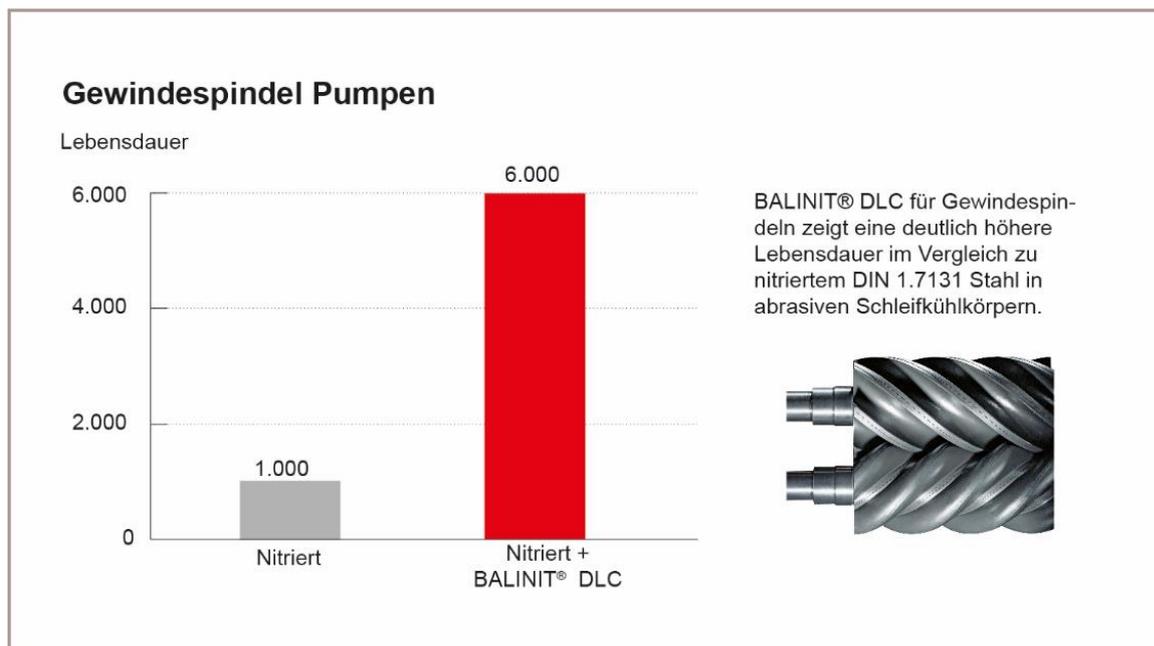
Das bessere Ergebnis kann auf die verringerte Reibung beim Rollkontakt sowie das exzellente Einlaufverhalten der Beschichtung und eine daraus resultierende Reduktion der Hertzschen Pressung im Tribokontakt zurückgeführt werden.

Beschichtungen können auch für Schneckengetriebe von Vorteil sein, bei denen die allgemein herausfordernde Schmierung nicht immer ausreicht, um die schrägverzahnten Getriebe vor Reibung und Verschleiß zu schützen. Durch die Gleitbewegung und Kraft zwischen dem Schneckengetriebe und den Zahnradflächen verteilt sich der Schmierfilm nur schlecht. Daher werden die Zahnräder oft aus Bronze gefertigt, um adhäsiven Verschleiß zu vermeiden.

Im Einsatz verschleissen die Zähne dieser Bronz Zahnräder jedoch relativ schnell, weshalb das Zahnrad dann neu ausgerichtet oder ausgetauscht werden muss. Schneckengetriebe aus Stahl, die mit kohlenstoffbasierten Beschichtungen versehen sind, können die Ausfallsicherheit, allgemeine Leistung und Präzision verbessern, indem sowohl beim Schneckengetriebe als auch beim Bronz Zahnrad ein geringerer Verschleiß auftritt.

Pumpen, Kompressoren

Schraubspindel-, Flügelzellen-, Zahnrad-, Drehkolben- und Kreiselpumpen werden oft in Medien mit hohem Abrieb und geringer Schmierung wie etwa Kühlmittelkreisläufen eingesetzt. Mit BALINIT beschichtete Pumpenkomponenten bieten eine ideale Kombination aus Härte und geringer Reibung, um Verschleiß unter derart schlechten Schmierbedingungen entgegenzuwirken.



BALINIT® DLC für Gewindespindeln zeigt eine deutlich höhere Lebensdauer im Vergleich zu nitriertem DIN 1.7131-Stahl in abrasiven Schleifkühlkörpern. (Grafik: Oerlikon Balzers)

Ähnlich verhält es sich bei Komponenten von Industriekompressoren, wo Kolben, Schrauben, Ventilplatten, oder Gleitringdichtungen erhöhtem Verschleiß ausgesetzt sind, wenn ein ölfreier Betrieb, Trockenlauf, sowie schlecht schmierende Kühlmittel zum Einsatz kommen, oder Betriebsbedingungen den Einsatz von Schmiermitteln einschränken.

Kundenauftragsspezifische Lösungen

Neben der Entwicklung und Herstellung von PVD-Beschichtungsanlagen bietet Oerlikon Balzers Beschichtungsdienstleistungen in mehr als 110 Beschichtungszentren weltweit an.

Moderne Beschichtungsunternehmen wie Oerlikon Balzers verfügen über die F&E-Einrichtungen, um Beschichtungslösungen gezielt auch an sehr spezielle Anforderungen anzupassen. Neben Schichtdicke und -härte lassen sich so Eigenschaften wie Mikrostruktur, chemische Zusammensetzung, oder Beständigkeit gegen Erosion, Oxidation und thermische Stabilität sehr präzise einstellen.

In den meisten Fällen ist es jedoch nicht erforderlich, Beschichtungen speziell anzupassen, da einige Standardbeschichtungslösungen existieren, die bereits für viele Anwendungen mit ihren typischen Belastungsprofilen optimiert wurden.

„Ich erlebe oft, dass Ingenieure über zwei Faktoren am meisten überrascht sind, wenn sie mehr über PVD-Beschichtungen erfahren“, sagt Rovere. „Erstens, dass die Beschichtung sehr dünn sind und typischerweise in einer Dicke von nur 0,5 bis 1 Mikrometer aufgebracht werden, und zweitens, dass diese dünnen Beschichtungen über die gesamte Einsatzzeit der Maschine oder Anlage, in der sie eingesetzt werden, halten. Und das trotz schwierigster Betriebsbedingungen.“

Weitere Informationen zu den Beschichtungslösungen für Komponenten mit Oerlikon Balzers erhalten Sie auf www.oerlikon.com/balzers

Für weitere Fragen kontaktieren Sie bitte:

Petra Ammann
Head of Communications Oerlikon Balzers
T +423 388 7500
petra.ammann@oerlikon.com
www.oerlikon.com/balzers

Über Oerlikon Balzers

Oerlikon Balzers ist ein weltweit führender Anbieter von Beschichtungen, die die Leistungsfähigkeit und Lebensdauer von Präzisionsbauteilen sowie von Werkzeugen für die Metall- und Kunststoffverarbeitung wesentlich verbessern. Diese unter den Markennamen BALINIT und BALIQ entwickelten Beschichtungen sind extrem dünn, zeichnen sich durch hohe Härte aus und reduzieren Reibung und Verschleiß entscheidend. BALITHERM bietet ein breites Spektrum an Wärmebehandlungen, während BALTONE Beschichtungen umfasst, die mit ihren eleganten Farben perfekt geeignet sind für dekorative Anwendungen. Die speziell für medizinische Anwendungen entwickelten BALIMED Dünnschichten sind verschleißfest, biokompatibel, antimikrobiell und chemisch inert. Mit der Technologie-Marke BALIFOR führte das Unternehmen individuelle Lösungen für den Automobilmarkt ein, und ePD steht für Lösungen für die Metallisierung von Kunststoffteilen im Chromlook.

Weltweit sind mehr als 1'300 Beschichtungsanlagen bei Oerlikon Balzers und seinen Kunden im Einsatz. Entwicklung und Montage der Balzers Anlagen sind in Liechtenstein, in Langenthal (Schweiz) und in Bergisch Gladbach (Deutschland) ansässig. Oerlikon Balzers verfügt über ein dynamisch wachsendes Netz von über 110 Beschichtungszentren in 36 Ländern Europas, Nord- und Südamerikas und Asiens. Zusammen mit Oerlikon Metco und Oerlikon AM ist Oerlikon Balzers Teil des Surface Solutions Segmentes des Schweizer Oerlikon-Konzerns (SIX: OERL).

Über Oerlikon

Oerlikon (SIX: OERL) ist eine weltweit führende Innovationsschmiede in den Bereichen Oberflächentechnologie, Polymerverarbeitung und additive Fertigung. Ihre Lösungen und umfassenden Services, ergänzt durch moderne Werkstoffe, verbessern und optimieren die Leistung und Funktion, das Design und die Nachhaltigkeit der Produkte und Fertigungsprozesse der Kunden in wichtigen Industriezweigen. Seit Jahrzehnten ist Oerlikon Technologie-Pionier. Alle Entwicklungen und Aktivitäten haben ihren Ursprung in der Leidenschaft, die Kunden dabei zu unterstützen, ihre Ziele zu erreichen und eine nachhaltige Welt zu fördern. Mit Hauptsitz in Pfäffikon, Schweiz, betreibt der Konzern sein Geschäft in zwei Divisionen: Surface Solutions und Polymer Processing Solutions. Der Konzern ist mit über 10 600 Mitarbeitenden an 179 Standorten in 37 Ländern präsent und erzielte 2020 einen Umsatz von CHF 2,3 Mrd.