



REIBUNGSREDUZIERUNG FÜR BAUTEILE IM EXTREMEINSATZ

Mit einer Beschichtungstechnologie aus der Raumfahrt konnten auch auf der Erde anspruchsvolle Reibungsprobleme wie geschmiert gelöst werden.



Reibung führt zu unerwünschter Erwärmung von Bauteilen, erhöhtem Energiebedarf sowie zu Verschleiß bis hin zum Versagen. Auch im Weltraum beeinträchtigt dies die Funktionstauglichkeit und -sicherheit von beweglichen Bauteilen, für die herkömmliche, im Vakuum verdampfende Schmierstoffe nicht geeignet sind. Deswegen wurde die reibungsreduzierende Beschichtung DICRONITE® DL-5 entwickelt. Dabei handelt es sich um eine universell einsetzbare, fest mit der Oberfläche verbundene Gleitbeschichtung mit bisher unerreicht niedrigem

Reibungskoeffizienten von $\mu = 0,03$ – weniger als halb so groß wie der von Graphit ($\mu = 0,073$). Beschichtet wurden z. B. Titanschrauben für Satelliten, Kugellager und Führungen in Raumfahrzeugen oder Planetengewindespindeln für den Bau der Internationalen Raumstation.

Der mit dem DICRONITE®-Verfahren erzeugte Trockenschmierfilm ist gleichmäßig etwa $0,5 \mu\text{m}$ dick und kann auf allen metallischen Untergründen aufgebracht werden. Er verhindert den direkten Kontakt metallischer Oberflächen und wirkt wie ein Ölfilm. Beim Beschichtungsprozess wird die vorbehandelte Oberfläche mit einem speziell mo-

difizierten Wolfram-Disulfid beschossen, das damit in die Gitterstruktur implantiert wird. Dabei kommt es zu molekularen Bindungen, aus denen die hohe Haftung in der Oberfläche resultiert. Die Beschichtung wird Teil der Bauteiloberfläche und kann nur zusammen mit Teilen des Trägermaterials wieder entfernt werden.

Nicht nur für Raumfahrtanwendungen sind die reibungsarme Kraftübertragung, die Kontaminationsfreiheit und der weite Einsatztemperaturbereich der Trockenschmier-schicht von -188°C bis $+538^\circ\text{C}$ interessant. Auch die besten Teams in der Formel 1 und einige der Verfolger setzen auf den geringen Reibungskoeffizienten von DICRONITE® DL-5, um Höchstleistungsaggregate vor zu großem Verschleiß zu schützen. Die Kunststoffverarbeitung profitiert in Form von reduzierten Zykluszeiten und verbesserter Qualität. In feinwerktechnischen Anwendungen können Antriebskräfte minimiert und selbst bei reibkritischen Materialien wie Edelstahl, Titan oder Aluminium Kaltverschweißung und Fressen verhindert werden. Bewegte Teile in der Vakuumtechnik können leichter laufen, ohne dass eine zusätzliche Kontamination stattfindet.

Konkrete Beispiele für einen erfolgreichen Technologietransfer hinsichtlich einzelner beschichteter Komponenten sind Lager eines Windkanal-Modellträgers, Schrauben eines im Vakuum eingesetzten Monochromators oder Antriebsritzel für Fördersysteme in der Automobilfertigung.

Lagerschmierung im Windkanal

Die in Köln ansässige ETW European Transonic Windtunnel GmbH hat einen beweglichen Modellträger für Windkanalversuche entwickelt. Zwei dieser Stahlkonstruktionen sind verfügbar, wodurch parallel zum Test eines Flugzeugmodells ein weiteres

nebst Test-Instrumentierung schon präpariert werden kann. Zylinderrollenlager mit 30 und 40 cm Außendurchmesser ermöglichen den Transport des samt Modell knapp 20 Tonnen schweren Modellträgers zwischen den verschiedenen Sektionen innerhalb des Testgebäudes. Diese sehr teuren Lager mussten bisher etwa jährlich ausgebaut und nach Japan geschickt werden, wo sie mit Trockenschmierstoff beschichtet wurden, da für Temperaturen im Windkanal von bis herab zu -150°C eine Fettschmierung nicht mehr in Frage kommt. Aufwand und Kosten der regelmäßigen Neubeschichtung konnten durch den Einsatz des DICRONITE®-Verfahrens beträchtlich reduziert werden. Zusätzlich wird erwartet, dass die Wartungsintervalle der Lager verlängert werden können.

Schrauben und Spindeln im Synchrotron

Da die Trockenschmierschicht Ultra-Hoch-Vakuum-tauglich ist, können damit beschichtete mechanische Teile wie Gewindespindeln oder Schrauben auch im Berliner Elektronenspeicherring für Synchrotronstrahlung BESSY eingesetzt werden. Die Schrauben und Spindeln finden z. B. Verwendung in einem Monochromator der Firma FMB Feinwerk- und Meßtechnik GmbH. Dabei handelt es sich um ein optisches Gerät zum Herausfiltern einzelner für das jeweilige Experiment gewünschter Wellenlängen aus der die gesamte Bandbreite vom Infrarot bis zur harten Röntgenstrahlung umfassenden Synchrotronstrahlung. Die DICRONITE®-Beschichtung der Komponenten ist deshalb wichtig, weil es andernfalls bei Reibung oder Druckkontakt im Ultra-Hoch-Vakuum zu Kaltverschweißungen und Oberflächenschäden durch sog. Fressen kommen würde. Außerdem können die Schrauben inzwischen auch mehrfach verwendet werden, was mit der bisherigen Silberbeschichtung nicht möglich war.

Fördersysteme ohne Schmierung

Neue Maßstäbe bei der Planung und im Bau von Sondermaschinen für die Automobilindustrie zu setzen, darum geht es der AuE Automations- und Einstelltechnik Kassel GmbH, deren traditionelles Geschäftsfeld die Verkettung ist. Verkettungstechnik wird benötigt, um in der Fertigung einen geregelten Materialfluss zu den Bearbeitungsmaschinen durch Zuordnung von speziellen Bereitstellungssystemen wie Förderbänder, Förderfahrzeuge oder Linearportale sicherzustellen.

In einer Bearbeitungslinie für Kurbelwellen werden die Werkstücke aus einem zentralen Regal geholt, zu den Bearbeitungsanlagen gebracht, dort wieder entnommen und den weiteren Fertigungsschritten zugeführt. Das Herzstück der Bearbeitungslinie ist das Linearportal, das für den Transport der Werkstücke zuständig ist. Teil des Linearportals wiederum ist der Laufwagen mit Hubsäulen und Greifern. Die Werkstücke werden von einem Greifer unterhalb einer Hubsäule aufgenommen und zum nächsten Ablageort transportiert. Der Laufwagen kann horizontal in zwei Richtungen und die Hubsäule von oben nach unten entlang von Zahnstangen verfahren werden. Die Zahnräder (Ritzel) aller Antriebe sind mit DICRONITE® beschichtet. Dies ersetzt eine Fettschmierung, was die Wartung vereinfacht, die Betriebskosten reduziert und nicht zuletzt auch der Umwelt bzw. dem Arbeitsumfeld zugute kommt.

Große Abb.: Computerdarstellung eines Satelliten des Typs Meteosat Second Generation (MSG). Bauteile des europäischen Wettersatelliten wurden mit dem DICRONITE®-Verfahren beschichtet.

Kleine Abb.: Blick in die Testsektion im Windkanal. Die Modelle werden an einer schweren Stahlkonstruktion befestigt, die von Zylinderrollenlagern gestützt und von Kegelrollenlagern geführt wird.



KÖRPER-IMPEDANZ-MESSUNG IN DER FRÜH-MOBILISATIONSTHERAPIE

Eines der ersten Therapieziele in der Rehabilitation von Querschnittgelähmten ist die möglichst rasche Rollstuhl-mobilisation. Besonders bei schwerwiegenden Schädigungen des Rückenmarks im Halsbereich ist diese infolge eines instabilen Kreislaufsystems oft nicht möglich. Um bereits in der Frühphase ein effektives Kreislauftraining durchführen zu können, wurde vom Forschungslabor der Orthopädischen Universitätsklinik II in Heidelberg und der Universitätsklinik Balgrist in Zürich ein dynamisches Stehbrett, der so genannte „Reha-Stepper“, entwickelt, das eine physiologische Gangbewegung bei normaler Gehgeschwindigkeit unter stufenloser Aufrichtung ermöglicht.

Zur Untersuchung der Therapiewirkung hinsichtlich der Stabilisierung des Herz-Kreislauf-Systems erfolgt im Rahmen einer kontrollierten, prospektiven Studie die Erfassung von Kreislaufparametern, die u. a. mittels Impedanzkardiographie gemessen werden. Das entsprechende Messgerät stammt von der Fa. Klaus Degen Medizin Technik.

Die Technologien zur Körper-Impedanz-Messung wurden für Experimente während der 1997 geflogenen D2-Mission und auf der Raumstation MIR bezüglich der Verteilung von Flüssigkeiten im menschlichen Körper unter Schwerelosigkeit und zur Bestimmung von Leistungsparametern des Herzens, vor allem des Herz-Zeit-Volumens, entwickelt. Körperflüssigkeiten haben eine höhere elektrische Leitfähigkeit als Gewebe, wodurch mit steigendem Flüssigkeitsanteil der elektrische Widerstand – Impedanz genannt – ab- und die Leitfähigkeit zunimmt. Die Leitfähigkeit kann durch Wechselströme unterschiedlicher Frequenzen gemessen werden.

Eine sehr genaue Frequenzauflösung, stabile Ströme und isolierte Eingangsverstärker machen die Besonderheiten des Impedanzmessgeräts aus, das nun eingesetzt wird, einen hochwirksamen Therapieansatz für die Kreislaufstabilisierung in der Frührehabilitation von Querschnittgelähmten zu überprüfen und zu verbessern.

Abb.: Reha-Stepper mit Bein-antrieb.