

Lederle GmbH Pumpen- und Maschinenfabrik

Christian Dahlke
Gewerbstraße 53, 79194 Gundelfingen
Tel.: 0761 5830-142
Fax: 0761 5830-157
E-Mail: Dahlke.Christian@lederle-hermetic.com
www.lederle-hermetic.com

Branche: Hersteller von hermetischen Pumpen
Projektschwerpunkte: Festlegung der tribologischen Betriebsbeanspruchung und der Werkstoffpaarungen, Fertigung / Bereitstellung von Probekörpern für Vorversuche (Gleitverschleiß), Tribologische Prüfung (Gleitverschleiß), Untersuchung des Schadensverlaufs, Fertigung von Bauteilen für die Beschichtung, Kurzzeit-Prüfstandsversuche mit beschichteten Komponenten, Anwender-tests, Lebensdauerermittlung für beschichtete Pumpenkomponenten

inprotec AG

Dr. Andreas Baranyai
Neuer Weg 1, 79423 Heitersheim
Tel.: 07634 5099-22
Fax: 07634 5099-29
E-Mail: aby@inprotec-ag.de
www.inprotec-ag.de

Branche: Hersteller von Beschichtungsanlagen
Projektschwerpunkte: Unterstützung bei der Weiterentwicklung und Hochskalierung der IWM-PECVD-Technologie, Bauliche Umsetzung und Integration von HF- und Gasführungssystemen in die PECVD-Anlage, Prozessablaufanalysen

GMN - Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG

Dr. Bernd Möller
Äußere Bayreuther Straße 230, 90411 Nürnberg
Tel.: 0911 5691-499
Fax: 0911 5691-672
E-Mail: b.moeller@gmn.de
www.gmn.de

Branche: Hersteller von Spindeln für die Präzisions- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung
Projektschwerpunkte: Anwendungsbereiche und Anwendungsprofile für mangelgeschmiert und trockenlaufende Spindellager von Werkzeugspindeln, Bereitstellung von Lagerringen bzw. Lagerringmaterial, Bauteilprüfung, Anpassung der Betriebsbedingungen, Analyse und Vergleich

A. MANNESMANN Maschinenfabrik GmbH

Dr. Wilhelm Brunner
Bliedinghauser Straße 27, 42859 Remscheid
Tel.: 02191 989-105
Fax: 02191 989-203
E-Mail: gf@amannesmann.de
www.amannesmann.de

Branche: Herstellung und Vertrieb von Maschinen-Elementen hoher Präzision, mechanische Fabrikation mit Spezialmaschinen und -Einrichtungen für Fein- und Feinstbearbeitung, thermische Behandlungen
Projektschwerpunkte: Anwendungsbereiche und Anwendungsprofile für mangelgeschmiert und trockenlaufende Muttern von Kugelgewindtrieben, Bereitstellung von Muttern unterschiedlicher Größe für Beschichtungsversuche, Bauteilprüfung, Anpassung der Betriebsbedingungen, Analyse und Vergleich

Balzers Verschleißschutz GmbH

Sascha Hessel
Am Ockenheimer Graben 41, 55411 Bingen
Tel.: 06721 793-232
Fax: 06721 2374
E-Mail: Sascha.Hessel@balzers.com
www.balzers.com

Branche: Lohnbeschichter
Projektschwerpunkte: Beratung bezüglich der Serienfähigkeit und der Wirtschaftlichkeit der Beschichtungsprozesse, Analyse beschichteter Bauteile nach dem Einsatz, Versagensanalyse

Georg Render GmbH

Ilse Render
Sölterstraße 31, 32107 Bad Salzufflen
Tel.: 05208 6595
Fax: 05208 6570
E-Mail: Ilse.Render@render-gmbh.de
www.render-gmbh.de

Branche: Hersteller von Reinigungsanlagen
Projektschwerpunkte: Anpassung einer kostengünstigen, beschichtungsgerechten, umweltneutralen und automatischen Reinigungstechnik in einer Arbeitsplatzausführung, Erhöhung der Reinigungsqualität unter Beachtung der PECVD-Randbedingungen, Reduzierung des Wasserverbrauchs durch integrierte/geschlossene Spülgänge, Verbesserung der Arbeitsqualität durch weniger Schadstoffe in Luft und Abwasser

Direkt strukturierte DLC-Dickschichten für tribologisch hoch beanspruchte Maschinenkomponenten (Strukturierte DLC-Dickschichten)

Das Projekt

Aufeinander gleitende und abwälzende Bauteile (z. B. Dichtungen, Führungen, Wälzlager, Kugelgewindtriebe) sind Schlüsselkomponenten von Maschinen und Produktionsanlagen. Von der Leistungsfähigkeit dieser Maschinenelemente sind unmittelbar die Funktionalität, die Präzision, die Wirtschaftlichkeit und die Umweltverträglichkeit des Systems abhängig. Die Forderungen nach kompakter Bauweise, hohen Tragfähigkeitsreserven bei immer extremeren Beanspruchungen und Verringerung des Einsatzes umweltproblematischer Schmiermittel stehen im Widerspruch zu der für Verschleißfreiheit erforderlichen vollständigen Trennung der Wälz- bzw. Gleitpartner durch einen intakten Schmierfilm.

Übliche Abhilfemaßnahmen sind bessere Schmiermittel, die Optimierung des Designs, die Veränderung der Topographie der Kontaktpartner und Beschichtungen bzw. Randschichtveränderungen mit dem Zweck, den Verschleißwiderstand zu erhöhen bzw. den Reibwert zu verringern. Im Projekt sollen diese unterschiedlichen Strategien der Funktionsoptimierung von Bauteilen in einem einzigen Prozessschritt, nämlich der Abscheidung dicker, strukturierter und reibmindernder Verschleißschutzschichten, realisiert und das Potenzial dieser neuartigen Technologie in einem möglichst breiten Spektrum von Anwendungen aufgezeigt werden.

Im Forschungsvorhaben „Strukturierte DLC-Dickschichten“ sollen als Demonstratoren schnelllaufende, beschichtete Schrägkugellager unterschiedlicher Baugröße (Cerobear), ein hochoberflächiges (20.000 bis 100.000 U/min) trockenlaufendes Zylinderrollenlager (Cerobear) für Ventilatoren, Strömungsmaschinen und Werkzeugmaschinen, beschichtete Spindelkugellager für den Einsatz in Hochleistungsspindeln (GMN) und eine Kugelgewindtriebsmutter für extreme Betriebsbedingungen (A. MANNESMANN) entwickelt werden. Die verwendete Beschichtungstechnologie soll zum Projektende Kleinserienreife aufweisen (siehe Bild).

Der gewählte Lösungsansatz beruht auf der etablierten Technologie der plasmaunterstützten Abscheidung (PECVD – plasma enhanced chemical vapour deposition) von reib- und

Das Konsortium:



verschleißmindernden diamantähnlichen Kohlenstoffschichten (DLC – diamond like carbon). Mit dieser Prozesstechnologie können komplex geformte Bauteile, die auch aus nicht leitfähigen Materialien bestehen dürfen, ohne aufwändige Bewegungen während des Beschichtungsprozesses beschichtet werden. Dabei werden die Teile nur mäßig erwärmt. Bisher ist diese Technologie nur in der Lage, relativ dünne Schichten (<10 µm) haftfest abzuscheiden, wodurch bei (oft nicht vermeidbarer) Verschleißbeanspruchung die Lebensdauer deutlich begrenzt ist.

In diesem Projekt soll eine neuartige, am Fraunhofer IWM in den Grundzügen entwickelte Prozesstechnologie erforscht und genutzt werden, welche die Abscheidung von (für Dünnschichttechnologien) relativ dicken (>30 µm), aber dennoch haftfesten Schichten erlaubt. Damit wird für tribologische Beanspruchungen die Wirkdauer der Schichten drastisch verlängert und die Lebensdauer der beschichteten Komponenten über die Schichtdicke skalierbar.

Weiterhin ist es möglich, diese Schichten strukturiert abzuscheiden. Somit können erstmals topographische Strukturen auf DLC-beschichteten Bauteilen erzeugt werden, ohne hierfür eine zusätzliche Vor- oder Nachbearbeitung durchführen zu müssen. Das tribologische Verhalten der Kontaktpaarungen soll dadurch verbessert werden. Vertiefungen in der Oberfläche können als „Schmierfächer“ wirken, die Schmiermittel aufnehmen. Erhebungen können wie „Rampen“ wirken und die verschleißgefährdeten Kontaktpartner trennen. Die am Fraunhofer IWM durchgeführten Vorversuche zeigen, dass das Spektrum der herstellbaren Topographien ausreicht, um ein weites Feld unterschiedlicher tribologischer Beanspruchungen zu erreichen. Damit wird es erstmals möglich, die Wechselwirkung von DLC-Schichten mit dem Schmiermedium unabhängig von den mechanischen Eigenschaften der Schicht zu steuern.

Die optimale Anpassung der Maschinenelemente an die Schichten zur konsequenten Ausnutzung der neuartigen tribologischen Kontaktbedingungen wird durch Auslegungsarbeiten des WZL der RWTH Aachen in Zusammenarbeit mit den Industriepartnern erfolgen.

Die Kooperation

Das Projektkonsortium entstand aus einer teilweise bereits lange bestehenden Arbeitsgemeinschaft von Firmen und Instituten, die sich mit der Steigerung der Leistungsfähigkeit von Lagerungen und Antriebselementen befassen. Für dieses Projekt stellt sich das Konsortium folgenden Randbedingungen:

Die neu entwickelte Beschichtungstechnologie soll schnell zur Marktreife gelangen

Federführung: Georg Render GmbH, inprotec AG, Balzers

Um dieses Ziel zu erreichen, nehmen sowohl Hersteller von Beschichtungsanlagen, ein Hersteller von Reinigungsanlagen als auch ein renommierter Lohnbeschichter am Projekt teil. Die Entwicklung einer auf die Dünnschichttechnologie ausgerichteten und für die Haftfestigkeit von Schichten entscheidenden nasschemischen Bauteilreinigung wird durch die Firma Render geleitet. Die serienfähige Gestaltung des Beschichtungsprozesses und der Anlagentechnik wird durch die Firmen inprotec und Balzers garantiert. Zwischen der Firma inprotec und dem Fraunhofer IWM besteht bereits eine langjährige Kooperation. Wesentliche Komponenten der neuen Anlagentechnik sind aus dieser Zusammenarbeit entstanden. Die Anpassung der im Labormaßstab durch das Fraunhofer IWM entwickelten Beschichtungstechnologie auf die projektrelevanten Bauteile wird wesentlich in Zusammenarbeit mit inprotec erfolgen. Balzers steht als Pionier und Marktführer auf dem Gebiet der Verschleißschutzbeschichtung beratend zur Seite, wenn es um die Serienfähigkeit und die ökonomische Gestaltung der Beschichtungsprozesse geht.

Verallgemeinerbare Lösungsansätze und Quantifizierung der Leistungsfähigkeit

Federführung: Fraunhofer IWM, WZL der RWTH Aachen

Die Entwicklung dicker, direkt strukturierter DLC-Schichten ist zwar in diesem Projekt auf wenige tribologisch beanspruchte Bauteile fokussiert, darüber hinaus aber für ein wesentlich breiteres Spektrum von Anwendungen interessant. Die Erschließung neuer Einsatzgebiete über die Projekthalte und Projektdauer hinaus sollen die Arbeiten des Fraunhofer IWM und des WZL der RWTH Aachen gewährleisten. Die Aufgabe des IWM wird es sein, die Möglichkeiten und Grenzen der Strukturierung von Schichten und der Steigerung der Schichtdicke auszuloten und die dafür nötigen Abscheideprozesse zu entwickeln. Das WZL hat die Aufgabe, Grunddaten der Leistungsfähigkeit beschichteter Maschinenelemente zu ermitteln, um eine belastbare Datenbasis für Auslegung und Design beschichteter Komponenten zu schaffen und die Basis für eine Lebensdauervorhersage zu schaffen. Fraunhofer IWM und das WZL können auf eine

langjährige Zusammenarbeit zurückblicken. Grundlagen für den in diesem Projekt relevanten Zusammenhang zwischen Oberflächenstrukturen und tribologische Eigenschaften wurden bereits in den neunziger Jahren durch gemeinsame Projekte zur Oberflächenstrukturierung keramischer Gleitlager geschaffen.

Erprobung der Beschichtungen in Grundelementen des Maschinenbaus

Federführung: Cerobear GmbH. A.MANNESMANN Maschinenfabrik GmbH & Co. KG, GMN - Paul Müller Industrie GmbH & Co. KG, Lederle Pumpen- und Maschinenfabrik GmbH, DREISTERN GmbH & Co. KG

Cerobear, als Pionier auf dem Gebiet von Keramik- und Hybridwälzlager, blickt auf eine langjährige Zusammenarbeit mit dem Fraunhofer IWM und dem WZL zurück. Wesentliche Entwicklungsschritte des Keramikwälzlagers und der Beschichtung von Hybridlagern wurden in Kooperation bewältigt. Schwerpunkte der aktuellen Zusammenarbeit werden die gleitbeanspruchten Komponenten (z. B. der Käfig) von Wälzlager sein. Interesse und Arbeitsschwerpunkt der Firma A. Mannesmann ist die Optimierung von Kugelgewindetrieben. Die Auswirkung der Beschichtung auf dieses wichtige Maschinenelement wird primär eine Reduzierung des Reibwertes und damit eine Erhöhung der Lebensdauer sein. GMN als Hersteller von Maschinenspindeln zur Präzisions- und Hochgeschwindigkeitsbearbeitung bearbeitet ein tribologisch extrem beanspruchtes Maschinenelement, das höchstdrehende minimalmengenschmierte Kugellager. Zielsetzung ist die Ausweitung von Belastbarkeit und Drehzahl dieser Lager durch den Schmierascheneffekt bzw. die Rampenwirkung strukturierter Oberflächen. Die Firma Lederle und das Fraunhofer IWM haben in einem kürzlich abgeschlossenen Verbundprojekt die prinzipielle Leistungsfähigkeit DLC-beschichteter Gleitlager aus Keramik aufgezeigt. Diese unter hohen abrasiven und korrosiven Beanspruchungen arbeitenden Pumpen für den Chemie- und Abwasserbereich sollen durch den Einsatz vor allem wesentlich dickerer DLC-Schichten eine bisher unerreichte Schadenstoleranz bei Unterbrechung des Förderstroms erreichen. Im gleichen Verbundprojekt wurden für Dreistern Beschichtungen für die Umformung von Aluminium entwickelt, die die Adhäsion des Aluminiums an den Umformrollen sicher verhindern. Im aktuellen Projekt stellen sich die Partner dem anspruchsvollen Problem der Edelstahlumformung mit minimalem Schmiermitteleinsatz.

Die Perspektiven

Die Ergebnisse des Vorhabens werden eine belastbare Basis für eine wirtschaftliche Nutzung der drei primären Projektergebnisse bieten. Eine zur Anwendungsreife entwickelte PECVD-Beschichtungstechnologie für dicke, strukturierte DLC-Schichten, quantifizierte Leistungsdaten und Einsatzbereiche neuartiger diamantähnlicher Kohlenstoffschichten und dokumentierte Vorteile beschichteter Schlüsselkomponenten des Maschinen- und Anlagenbaus in Pilotanwendungen lassen direkte und indirekte Verwertungschancen entstehen.

Direkte Verwertungsmöglichkeiten ergeben sich für die Hersteller und Anwender von PECVD-Beschichtungsanlagen. Die Dünnschichttechnologie ist eine hochkarätige Veredelungstechnologie, d. h. das erforderliche Know-how ist entweder beim erfahrenen Lohnbeschichter oder beim Hersteller von Großserienteilen angesiedelt. Die im Projekt beteiligten Anlagenhersteller und Lohnbeschichter werden aus eigenem Interesse für einen Transfer der neuen Möglichkeiten zum Anwender sorgen. Dieses Projekt wird die erforderlichen Prozesse und die prinzipiell geeignete Anlagentechnik zur Verfügung stellen. Eine direkte Verwertung ist auch für die Hersteller von Schlüsselkomponenten des Maschinen- und Apparatebaus gegeben. Höchstleistungsfähige Gleit- und Wälzlager, Kugelgewindetribe und Bearbeitungsspindeln werden ohne Probleme ihren Markt finden, da mit diesen Komponenten erstmals neue Funktionalitäten und Leistungsdichten realisiert werden können.

Die indirekten Verwertungsmöglichkeiten sind zwangsläufig weniger präzise definiert, aber um so vielfältiger. Im Projekt werden erste Hinweise darauf erarbeitet, in welchen Anwendungsbereichen welche Vorteile von dicken bzw. strukturierten Schichten erwartet werden können. Zur extensiven Weiterverfolgung und Nutzung dieser Hinweise wird es sicherlich erforderlich sein, Nachfolgeprojekte mit höherem Spezialisierungsgrad zu initiieren. Denkbar ist z. B. der Einsatz von DLC-Schichten zum Zweck der durchschlagfesten elektrischen Isolation oder des extrem beständigen Korrosionsschutzes. Hierfür sind dicke DLC-Schichten erforderlich, wie sie in diesem Projekt entwickelt werden.

Für die kurzfristige Initiierung von Nachfolgeprojekten wird das in diesem Projekt gefestigte Netzwerk zwischen Anlagenherstellern, Beschichtern, Anwendern von beschichteten Komponenten und Forschungseinrichtungen die Triebkraft liefern. Langfristig werden zusätzliche Partnerschaften gebildet werden, da erfahrungsgemäß nach Steigerung der Leistungsfähigkeit primärer Funktionsflächen von Bauteilen (z. B. Gleitflächen und Lagerkomponenten) eine Optimierung des umgebenden Systems erforderlich wird.

Das Projekt im Überblick

Direkt strukturierte DLC-Dickschichten für tribologisch hoch beanspruchte Maschinenkomponenten (Strukturierte DLC-Dickschichten)

Laufzeit: 01.01.2006 bis 31.12.2008

Projektkosten: 892.025 Euro

Förderungssumme: 461.718 Euro

Projektpartner **Forschung**

Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM) (Koordinator)

Dr.-Ing. Sven Meier
Wöhlerstraße 11, 79108 Freiburg
Tel.: 0761 5142-233
Fax: 0761 5142-403
E-Mail: smeier@iwmm.fhg.de
www.iwmm.fhg.de

Projektschwerpunkte: Schichtentwicklung, Prozessentwicklung, Musterbeschichtungen, Tribologische Grundcharakterisierung, Modellierung Strukturwirkung, Projektkoordination

Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen Lehrstuhl für Werkzeugmaschinen

Prof. Dr.-Ing. Christian Brecher
Steinbachstraße 53, 52074 Aachen
Tel.: 0241 80-26287
Fax: 0241 80-22293
E-Mail: c.brecher@wzl.rwth-aachen.de
www.wzl.rwth-aachen.de

Projektschwerpunkte: Analyse der bauteilspezifischen Belastungen, Mitarbeit bei Herleitung von Gestaltungsansätzen zur Berücksichtigung der Schichteigenschaften für Zylinderrollenlager, Spindellager / Schrägkugellager, Mutter des Kugelgewindetriebs, Entwicklung bzw. Anpassung der Prüftechnologie zur Erprobung der beschichteten Bauteile, Versuchsdurchführung, Auswertung der Versuche hinsichtlich des Schichtverhaltens, Ableitung von Hinweisen für das Schichtdesign

Projektpartner **Industrie**

DREISTERN-Werk Maschinenbau GmbH & Co KG. Erwin Karle

Wiechserstraße 9, 79650 Schopfheim
Tel.: 07622 391-344
Fax: 07622 391-88344
E-Mail: erwin.karle@dreistern.com
www.dreistern.com

Branche: Maschinenbau

Projektschwerpunkte: Anwendungsbereiche und Anwendungsprofil für DLC-Walzwerkzeuge; Analyse und Vergleich mit Referenzwerkstoffen; Erarbeitung von Qualitätssicherungsmaßnahmen; Definition des derzeitigen Leistungsstandes konventioneller Rollenwerkstoffe; Bereitstellung konventionell beschichteter und unbeschichteter Probekörper für tribologische und Beschichtungs-Vorversuche; Fertigung / Bereitstellung von Rollwerkzeugen; Kurzzeit-Prüfstandsversuche mit beschichteten Rollwerkzeugen; Anwendertest

Cerobear GmbH

Johannes Kreuser
Kaiserstraße 100, 52134 Herzogenrath
Tel.: 02407 9556-14
Fax: 02407 96224
E-Mail: jokreuser@cerobear.de
www.cerobear.de

Branche: Hersteller von Wälzlager

Projektschwerpunkte: Anwendungsbereiche und -profile für mangelgeschmiert und trocken laufende Keramiklager und Hybridlager, Bereitstellung von Lagerringen bzw. Lagerringmaterial, Käfigen und Käfigmaterial, Wälzkörpern, Bauteilprüfung, Anpassung der Betriebsbedingungen, Analyse und Vergleich