

Hochglanzoberflächen zuverlässig herstellen

Optimaler Oberflächenschutz in der Kunststoffverarbeitung

Um einen optimalen Oberflächenschutz in der Kunststoffverarbeitung herstellen zu können, kommen vermehrt Kombinationsverfahren zum Einsatz. DLC-Schichten in Verbindung mit anderen Schichtsystemen helfen dabei, eine hohe Oberflächenqualität bei gleichzeitiger Kosteneinsparung zu erzielen.

Die Verwendung von Kunststoffen ist in den letzten Jahren sehr vielfältig geworden. So findet sich heute wohl kein Lebens- und Industriebereich, in dem Kunststoffherzeugnisse nicht zur Anwendung kommen. Ein Grund dafür ist nicht zuletzt die gezielte Einstellung der möglichen Produkteigenschaften durch unterschiedliche Verarbeitungsverfahren und Ausgangsmaterialien oder das Beimischen von Additiven.

Wenn es um die Produktion von Kunststoffen mit anspruchsvollen Oberflächen geht, ist besonders der Maßstab für die Qualität und Optik angehoben worden. Die Oberflächenqualität des im Spritzguss oder mittels Extrusion hergestellten Produktes wird dabei durch den verwendeten Kunststoff, das eingesetzte Verfahren und dessen Parameter, jedoch ganz entscheidend durch die Oberflächenqualität des Formwerkzeuges beeinflusst.

Abgestimmte Oberflächenbehandlung von Kunststoffen

Werkzeuge unterliegen in der Produktion durch den plastifizierten Kunststoff oder/und durch die anschließende Reinigung unterschiedlichen Beanspruchungen und Verschleißmechanismen. So kann

Korrosion vor allem in Form von Flächen- und Lochfraßkorrosion auftreten. Aber auch abrasiver Verschleiß infolge eingelagerter Partikel oder Additive im Kunststoff wirken auf das Werkzeug. Belagsbildung durch kleinste Partikel oder geschlossene Beläge auf den Werkzeugen können zudem die Qualität des Endproduktes beeinträchtigen.

Für die Sicherstellung einer einwandfreien Produktion und hoher Lebensdauer der Werkzeuge ist nicht nur der richtige Werkzeugstahl, sondern eine abgestimmte Oberflächenbehandlung oder -beschichtung von

enormer Bedeutung. Sie kann den auftretenden Verschleißmechanismen entgegenwirken.

Verschleißfeste Werkzeuge

Im Umgang mit Hochglanzoberflächen auf Formwerkzeugen zeigt sich, wie wichtig und vorteilhaft eine Oberflächenbehandlung sein kann. Bei diesen speziellen Anwendungen kommt es auf makellose Oberflächen an; die Bauteile müssen eine hohe Oberflächenqualität aufweisen. Aufgrund des großen Zeitaufwandes und des dadurch entstehenden enormen Kostenfaktors beim Bearbeiten von Hochglanz-Formoberflächen in der Kunststoffverarbeitung wird dringend nach Einsparungsmöglichkeiten gesucht. Dies dient auch der Verkürzung der Zykluszeiten und Steigerung der Produktivität.

Dies wird erreicht durch die Diffusionsbehandlung Primeform von Oerlikon Balzers. Eine Schicht mit gradierter Oberflächenhärte schützt vor Verschleiß und reduziert Beläge, um die Formreinigung deutlich zu erleichtern. Sichtbare Fehlstellen in den Kunststoffteilen können ausgeschlossen werden, da weder Abplatzungen noch Versprödungen der Schicht auftreten.



Durch einen plasmaunterstützten Behandlungsprozess kann die Oberflächenqualität von Kunststoffoberflächen gezielt optimiert werden



Bilder: Oerlikon Balzers

Durch eine zusätzliche DLC-Schicht nach der der Plasma-Oberflächenbehandlung lassen sich die Vorteile verschiedener Verfahren kombinieren

Aufgrund angepasster Diffusionstiefen und einer Bearbeitungstemperatur von 380 bis 480 °C bleiben Bauteile maß- und formgetreu. Selbst die Behandlung von Innenfunktionsflächen, wie Durchgangsbohrungen und Sacklöchern, ist möglich.

Eine gute Polierbarkeit wird nach der Beschichtung erreicht; polierte Hochglanz- oder Strichpolituroberflächen können durch manuelles Finish besonders leicht auf die gewünschte Oberflächengüte und Brillanz eingestellt werden. Neben einer guten Bearbeitbarkeit verfügt das mit Primeform behandelte Werkzeug auch über eine gute Reparaturschweißbarkeit. Gegenüber dem Grundwerkstoff werden das Verschleißverhalten sowie die Festigkeit deutlich verbessert. Zugleich werden die Formen kratzbeständig und die Behandlung wirkt korrosionshemmend.

In der Praxis zeigt das Verfahren seine Vorteile. Bei der Herstellung von Hochglanz-Abdeckungen eines Elektrotechnik-Unternehmens entstand bisher an dem mit TiN- und CrN-beschichteten Werkzeug in der Produktion stets Korrosion an schwer zugänglichen Stellen. Entstandene Kratzer konnten nur schwer oder gar nicht

entfernt werden. Die Behandlung mit Primeform sorgte für ein verbessertes Entformungsverhalten und eine gesteigerte, konstante Bauteilqualität. Die Produktivität verläuft nun effizienter und zuverlässiger und konnte um 60 Prozent gesteigert werden.

Optisch hochwertige Oberflächen durch DLC-Beschichtung

DLC-(Diamond-Like Carbon) Schichten können grundsätzlich mittels PVD-(Physical Vapor Deposition) Verfahren oder PACVD- (Plasma Assisted Chemical Vapor Deposition) Verfahren appliziert werden. Das PACVD-Verfahren stellt eine plasmaunterstützte Variante des CVD dar, die unter deutlich niedrigeren Temperaturen abläuft und während der Beschichtung bei Temperaturen um 200 °C stattfindet. In der Kunststoffindustrie kommen vor allem DLC-Schichten des Typs a-C:H (wasserstoffhaltige amorphe Kohlenstoffschichten) zum Einsatz. Die besonders glatten, amorphen a-C:H-Schichten werden überall dort, wo es auf optisch hochwertige Oberflächen ankommt, eingesetzt.

Sie zeichnen sich in der Kunststoffverarbeitung durch ihre reibungsarme, antiadhäsive und chemisch iner-

te Oberfläche aus. Die Vorteile liegen unter anderem in der Minderung der Belagsbildung, dem Eliminieren von Brennerschlieren, sowie der Verbesserung des Fließverhaltens der Kunststoffschmelze und somit der Erhöhung der Förderleistung. Gleichzeitig zeichnen sich DLC-Schichten durch einen sehr guten Verschleiß- und Korrosionsschutz aus, auch bereits bei einer Standardschichtdicke von 2 bis 3 µm.

Vorteile in einem Schichtsystem vereint

Wird nach einem Primeform-Prozess zusätzlich eine DLC-Beschichtung aufgetragen, können die individuellen Vorteile beider Verfahren vereint werden. Durch die anschließende DLC-Beschichtung kann ein vollständiger Korrosionsschutz sichergestellt werden, der allein durch eine Primeform-Behandlung nicht möglich wäre. Ebenso wird der Schutz vor abrasivem Verschleiß deutlich erhöht und ein Anhaften oder Kleben des Polymers am Werkzeug verhindert. Neben einer leichteren Polierbarkeit, verbesserter Oberflächenqualität, sowie einer besseren Entformung bietet diese Kombination von Diffusionsprozess und Beschichtung zusätzlich einen erhöhten Kratzschutz.

Erfahrungen belegen, dass der Reinigungsaufwand erheblich reduziert werden konnte und die Entformung sich durch weniger anhaftendes Material deutlich verbessert hat. Bei Anwendungen zur Herstellung von optisch anspruchsvollen Oberflächen mit minimalen Fehlertoleranzen blieben Fehlstellen aus. Die kratz feste Oberfläche führte zu verringerten Ausfallzeiten, geringerem Wartungs- und Formpflegeaufwand und erhöhte somit deutlich die Produktivität. ■

Kontakt:

Oerlikon Metaplas, Bergisch Gladbach
Tel. 02204 2990, www.oerlikon.com

Metallhaltige Kohlenstoffschichten für Zahnräder

Mit Beschichtung mehr Biss im Zahn

Wie beeinflussen Beschichtungen und Oberflächen die Grübchentragfähigkeit und die Zahnfußfestigkeit von Leistungsverzahnungen etwa in Getrieben? Auf diese Frage gaben Laborversuche Antworten. So konnten metallhaltige Kohlenstoffschichten die Grübchentragfähigkeit um bis zu 40 Prozent steigern. Die Vorbehandlung der Zahnflanken spielt dabei eine wichtige Rolle.

Werkstoff, Oberflächenrauheiten, Verzahnungsgeometrien, Öle, Additive – all diese Faktoren wirken bei Getriebeanwendungen zusammen. Je besser eine Getriebe konstruktion diese Elemente auslegt und aufeinander abstimmt, desto weniger Verschleiß entsteht in diesem tribologischen System – und desto leistungsfähiger bleibt das Getriebe auch über längere Betriebszeiträume. Dabei geht es bei Verschleißmechanismen in Getrieben hauptsächlich um Oberflächenermüdung (Grübchen), Adhäsion (Fressen), Abrasion (Verschleiß) sowie Zahnfußbrüchen.

Diese Wirkzusammenhänge beziehungsweise die Betrachtung des gesamten Tribosystems in der jeweiligen Anwendung spielen eine entscheidende Rolle auch bei der Entwicklung und beim Einsatz von Verschleißschutzschichten. Um sein Verständnis davon zu vertiefen, führte der Beschichtungsspezialist Oerlikon Balzers eine intensive Versuchsreihe mit unterschiedlich endbearbeiteten beziehungsweise behandelten Getriebezahnrädern durch. Der Partner war hierbei das Werkzeugmaschinenlabor WZL der RWTH Aachen.

Tests mit Kohlenstoffschicht

Zunächst wurden Zeitfestigkeitsuntersuchungen zur Grübchentragfähigkeit mit einer durch eine leichte Breitenballigkeit modifizierten Standardprüf-

verzahnung (Prüfbedingungen analog zu FVA 2/IV) durchgeführt, die auf einem klassischen Zwei-Wellen-Verzahnungsprüfstand (Achsabstand 91,5 mm) nach der ISO-Norm 14635 liefen. Dabei wurde für jede Prüfverzahnung in drei bis fünf Testläufen die Zahl der Lastwechsel (maximal 40 Mio.) bis zum Erreichen des Ausfallkriteriums (4 Prozent Grübchenfläche am Einzelzahn) für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 50 Prozent ermittelt.

Für die Versuche wurden Ritzel und Rad (16MnCr5E, FZG-C_{mod} Geometrie) in unterschiedlichen Kombinationen geschliffen, strukturiert beziehungsweise beschichtet (Bild 2). Teilweise wurde dabei eine Kohlenstoffbeschichtung (a-C:H:Me) eingesetzt: Balinit C (WC/C) von Oerlikon Balzers. Diese Schicht bewährt sich seit langem zum Beispiel in schnell oder langsam laufenden Getrieben und verbessert hier die Notlauf Eigenschaften, wenn der Schmierfilm abreißt. Entsprechende Anwendungsbereiche sind Luftfahrt, Windkraft sowie der allgemeine Maschinenbau.



Im Werkzeugmaschinenlabor der RWTH Aachen fanden am FZG-Verzahnungsprüfstand die Pittingtests statt

Gute Resultate durch Kombination

Nach intensiven Tests zeigten zwei Paarungen besonders gute Resultate: zunächst die Kombination eines gleitgeschliffenen, WC/C-beschichteten Ritzels mit einem geschliffenen, aber unbeschichteten Rad (Test 4/siehe Bild 2); vor allem aber die Paarung aus jeweils strukturiertem sowie beschichtetem Ritzel und Rad (Test 5). In diesem Fall wurden mit Abstand die besten Ergebnisse erzielt – mit einer Steigerung der Lastspielzahl bis zum Grübchenschaden um bis zu 40 Prozent. Dabei gab es teilweise auch „Durchläufer“ ohne Grübchenbildung.

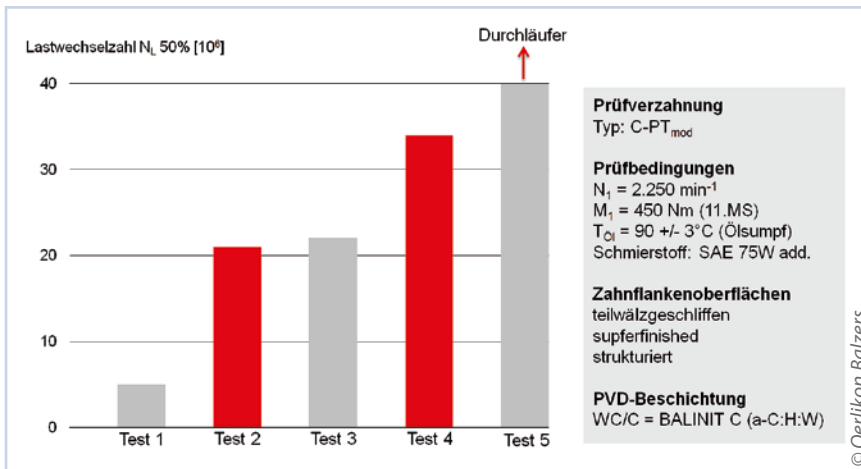


Bild 2: In drei bis fünf Testläufen wurde für jede Prüfverzahnung die Zahl der Lastwechsel bis zum Erreichen des Ausfallkriteriums für eine Ausfallwahrscheinlichkeit von 50 Prozent ermittelt (Test 1: Ritzel und Rad, teilwälzgeschliffen; Test 2: Ritzel, gleitgeschliffen – Rad, teilwälzgeschliffen; Test 3: Ritzel, mikrogestrahlt – Rad, teilwälzgeschliffen; Test 4: Ritzel, gleitgeschliffen + Kohlenstoffbeschichtung – Rad, teilwälzgeschliffen; Test 5: Ritzel, mikrogestrahlt + Kohlenstoffbeschichtung – Rad, mikrogestrahlt + Kohlenstoffbeschichtung)

Am Pulsator-Prüfstand, mit dem die Zahnfußfestigkeit ermittelt wurde, ließ sich Bemerkenswertes feststellen: Die einzelnen Test-Kombinationen von Beschichtung und sämtlichen Vorbehandlungen haben die Zahnfußfestigkeit nicht negativ beeinflusst. Damit haben sich Ergebnisse aus früheren vergleichbaren Tests (zum Beispiel FVA 393) nicht bestätigt. Damals lagen die Beschichtungstemperaturen prozessbedingt bei über 180 °C. Eine wichtige Vorbedingung für die Beschichtung von Bauteilen lautet jedoch: Die Beschichtungstemperatur muss stets kleiner sein als die Anlasstemperatur des Grundmaterials, die bei Zahnrädern im Bereich von 160 °C bis 180 °C liegt. Dies wurde bei der neuerlichen Versuchsreihe beachtet und somit die Zahnfußfestigkeit nicht beeinträchtigt.



Bild 3: Das Ritzel aus Test 4 mit Gleitschliff und Kohlenstoffbeschichtung

Oberflächenrauheit maßgebend

Abschließend zur Versuchsreihe ist hervorzuheben, dass vor allem die Oberflächenrauheiten der Zahnflanken einen maßgeblichen Anteil am jeweiligen Ergebnis haben. Dies betrifft nicht nur Größen wie R_z (gemittelte Rautiefe) und R_a (mittlere Rauheit), sondern gerade auch den Rauheitswert R_{pkx} , der die maximale Spitze im Rauheitsprofil beschreibt und ausschlaggebend für das gute Zusammenspiel der Reibpartner ist.

Um hier optimale Resultate und Rauheitswerte in Kombination mit Beschichtungen zu erzielen, prüft Oerlikon Balzers bei jeder Anwendung, welches Verfahren zur Zahnrad-Vorbehandlung wie etwa Mikrostrahlen, Nassstrahlen oder Gleitschleifen sich jeweils am besten eignet. Zum einen erhält eine Beschichtung dadurch einen besseren Haftgrund, zum anderen resultieren daraus entsprechend gute Reibwerte und Notlaufeigenschaften sowie ein geringerer Verschleiß.

Entwicklungsprojekt gestartet

Zudem startete das Unternehmen 2015 ein Entwicklungsprojekt, um Zahnradbeschichtungen zu ent-

wickeln oder weiter zu verbessern, jeweils zugeschnitten auf spezielle Applikationsfelder. Dabei geht es um die Bereiche allgemeiner Maschinenbau, Rennsport sowie den Trockenlauf von Zahnrädern, was insbesondere in der Luftfahrt eine wichtige Anforderung darstellt. Hier finden sich in hohem Maße Extremwendungen, bei denen Beschichtungen höhere Leistungssteigerungen versprechen als bisher gängige Lösungen wie die Einstellung der Oberflächen durch Vorbehandlungen, wie etwa dem Gleitschleifen. Erste Versuche wurden im Rahmen des Projekts bereits durchgeführt, geplant ist auch die Einbindung von Partnern wie dem WZL.

Klar ist, dass sich der Einsatz von Beschichtungen zum Beispiel besonders bei langsam laufenden Getrieben etwa in der Windkraft- oder Großgetriebetechnik lohnen kann. Denn hier baut sich im Betrieb kein Schmierfilm auf, eine Schicht mit Notlaufqualitäten kann daher unterstützen. Ähnliches gilt auch für Hochgeschwindigkeitsgetriebe, wie sie etwa bei Minibohrern in der Zahnmedizin verwendet werden.

Ein aktuelles Einsatzfeld eröffnet zudem die Minimierung sogenannter Planschverluste. Diese entstehen durch die Planschbewegung der Getriebeteile im Schmierstoff und lassen sich durch einen niedrigen Ölstand sowie eine geringere Viskosität des Öls reduzieren. Beschichtungen schützen dann die entsprechend höher beanspruchten Teile vor Verschleiß. Sie ermöglichen schließlich Leistungssteigerungen per se und können so Neukonstruktionen erübrigen. Für Oerlikon Balzers verbindet sich damit zugleich ein wichtiges langfristiges Ziel: die Entwicklung und Nutzung von Oberflächenlösungen als Konstruktionselement in Tribosystemen. ■

Kontakt:

Oerlikon Balzers Coating Germany, Bingen,
 info.balzers.de@oerlikon.com, Tel. 06721/793-0,
 www.oerlikon.com/balzers/de