

Hohe Produktivität für smarte Bauteile

Direct Coating mit Polyurethan-Beschichtungen eröffnet Design- und Funktionsoptionen

Klassische Beschichtungstechniken wie das Sprühlackieren stoßen in der Fertigung funktional hochintegrierter und edel dekorierte Kunststoffteile an ihre Grenzen. Im Gegensatz dazu ist die Prozesskette des Direct-Coating-Verfahrens inzwischen optimiert worden. Für diesen Herstellungsprozess sind nun selbstheilende, schnell härtende PUR-Gießlacke und Polycarbonat-Compounds verfügbar, die auch nach Alterung fest aneinanderhaften.



Mit dem DC-Verfahren lassen sich edel aussehende Bauteile mit integrierten Sensoren und Lichtelementen einfacher und schneller herstellen © Covestro

Die Trends E-Mobilität, Konnektivität und autonomes Fahren inspirieren eine neue Designsprache im Fahrzeugbau. Gefragt sind z. B. Exterieurbauteile für Pkw mit glasartiger Oberfläche, in die neben Beleuchtungszahlreiche Sensorelemente integriert sind. Im Automobilinterieur setzen sich großflächige Dekorteile mit multifunktionalen, fugenlos integrierten Anzeige-, Bedien- und Ambientlichtelementen durch. Daher steigt der Bedarf an smarten Kunststoffteilen, die neben einem hochwertigen Design einen hohen Grad an Funktionsintegration aufweisen.

Das Direct Coating (DC) mit Beschichtungssystemen aus Polyurethan (PUR) eignet sich besonders zur Herstellung smarter Bauteile. Es besitzt gegenüber dem nachträglichen Lackieren von Kunststoffteilen den Vorteil, dass es nicht nur zu

Oberflächenveredelung, sondern auch zur Integration hochkomplexer funktionaler Bauteileigenschaften nutzbar ist. Es vereint zwei seit Jahrzehnten in Großserie etablierte Technologien in einem Prozess: das Spritzgießen von Thermoplasten und das Reaction Injection Molding (RIM) von PUR-Systemen.

Das PUR-beschichtete Bauteil entsteht in einem Werkzeug, das die Spritzgieß- und RIM-Technik kombiniert. Zunächst wird dabei in der ersten Kavität der thermoplastische Träger hergestellt und anschließend in eine zweite Kavität überführt, die um die Lackschichtdicke vergrößert ist. Durch einen RIM-Mischkopf wird dort dann das PUR-System auf den Träger injiziert. Es entsteht ein Bauteil mit einer PUR-Schicht, die von ca. 200 µm bis hin zu mehreren Millimetern dick sein kann. Bei Einsatz eines Drehteller- oder

Wendeplattenwerkzeugs kann in der ersten Kavität bereits der nächste Träger gefertigt werden, während das PUR-System in der zweiten Kavität noch aushärtet. Das stellt kurze Zykluszeiten und eine hohe Produktivität sicher. Darüber hinaus verfügt das DC-Verfahren über viele Vorteile hinsichtlich Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit (siehe Kasten).

Gestaltungsfreiheit für Oberflächen

PUR-Beschichtungssysteme eröffnen einen ungewöhnlich breiten Spielraum in der Gestaltung der Bauteiloberfläche. Diese lässt sich transparent, transluzent oder durchgefärbt fertigen und mit hoher Beständigkeit gegen Abrieb und chemische Medien wie fetthaltige Hautcremes ausstatten. Lederähnliche Soft-touch-Haptiken können ebenso erzeugt werden wie harte, kratzfeste Optiken mit brillantem Tiefenglanz. Ein wesentlicher Vorteil des DC-Verfahrens mit PUR gegenüber dem Sprühlackieren besteht darin, dass mit der RIM-Kavität detaillierte Oberflächenstrukturen präzise abformbar sind. Makroskopisch können das etwa Fühlhilfen und Designelemente wie Kanten sein. Mikroskopisch lassen sich sehr feine Narbungen bis hin zu Nanostrukturen für spezielle Effekte wie Antireflectionseigenschaften abbilden. Hochglanzbereiche können direkt an matte Strukturen angrenzen. Gerade diese Designmöglichkeit ist mit gängigen Beschichtungsmethoden nur unter großem Aufwand umsetzbar und daher ein Alleinstellungsmerkmal des DC-Verfahrens.

Die Rühl Puromer GmbH und der Leverkusener Polymerhersteller Covestro sind Pioniere des DC-Verfahrens. Sie haben unabhängig voneinander und teil-

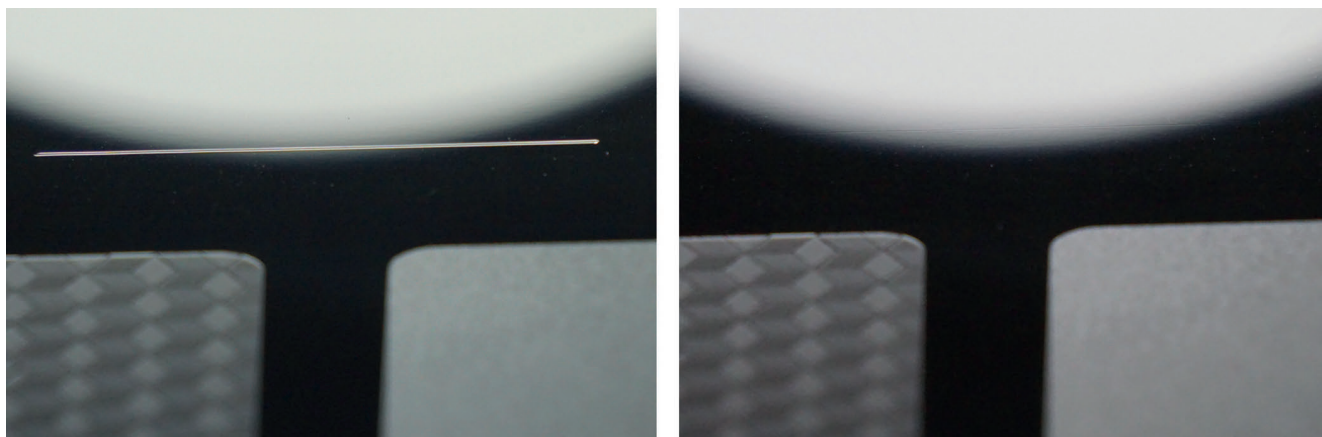


Bild 1. Weißlichtinterferogramme einer Kratzspur: Nach 48 Stunden ist der Kratzer aufgrund des Selbstheilungseffekts nicht mehr sichtbar

© Rühl Puromer

weise auch gemeinsam wichtige Grundlagen dieser Fertigungstechnologie u.a. in puncto Materialformulierung, Bauteilgestaltung, Werkzeugauslegung und -technik, Maschinenausstattung und Prozesssimulation erarbeitet und dabei oft mit Maschinen- und Werkzeugherstellern kooperiert. Verarbeitungsverfahren und Rohstoffsysteme für den thermoplastischen Träger und die PUR-Beschichtung wurden von den beiden Unternehmen genau aufeinander abgestimmt.

Im Material integrierte Trennfunktion

Mit Puroclear bietet Rühl z.B. für Holz- und Pianoblack-Zierteile licht- und farb-stabile Zwei-Komponenten-Beschichtungssysteme aus PUR auf Basis aliphatischer Isocyanate an. Für das DC-Verfahren wurde die Reaktivität der Produktfamilie auf kurze Aushärtezeiten hin optimiert, wodurch die RIM-Zykluszeiten mindestens denen des Spritzgießens entsprechen. Daher ist eine wirtschaftliche Fertigung gegeben. Die Systeme sind zudem mit einer in das Material integrierten, vielfach erprobten „inneren Trennfunktion“ selbst-trennend eingestellt. Das Werkzeug muss daher weder mit Trennmittel eingesprützt werden, noch benötigt es spezielle Beschichtungen. Das trägt ebenfalls zu kurzen Zykluszeiten und einem einfacheren Prozessablauf bei. Der große Vorteil dieser selbsttrennenden PUR-Systeme besteht darin, dass sie die werkzeu-gfallende Herstellung von Bauteilen mit brillanten Oberflächen ohne Nachbearbeitung ermöglichen. Separate Trennmittel verhindern hingegen das direkte Entstehen von Hochglanzoberflächen.

Die Puroclear-Reihe enthält auch Varianten, die selbstheilend sind, also über den sogenannten Reflow-Effekt verfügen. Oberflächliche Kratzer im Lack – beispielsweise durch Fahrzeugschlüssel oder Stein-schlag – schließen sich nach kurzer Zeit von selbst (**Bild 1**). Bauteile behalten dadurch länger ihr hochwertiges Aussehen und ihre Funktion. Zu dieser hohen All-tagstauglichkeit trägt auch die Abriebfestigkeit dieser PUR-RIM-Lacke bei. Der rein physikalisch basierte Selbstheileffekt beruht auf einer speziellen Netzwerkstruktur. Diese enthält neben chemischen auch physikalische Vernetzungsstellen, sogenannte Hartsegmentdomänen, die auf Wasserstoffbrückenbindungen beruhen. Letztere bilden sich als reversible Bindungen nach Beschädigung an der Oberfläche erneut aus, was zusammen mit dem Rückstellvermögen des chemischen Netzwerks, dem Memory-Effekt, zum Verschwinden der Kratzer führt.

Hohe Transparenz ermöglicht Integration von Licht und Sensoren

Covestro hat für das DC-Verfahren spezielle Polycarbonat- (PC) und PC-Blend-Compounds seiner Produktreihen Makrolon, Bayblend und Makroblend sowie für PUR-Lacke einen umfangreichen Baukasten an Lackrohstoffen ohne Lösemittelzusatz, wie spezielle Isocyanatvernetzer aus der Desmodur- und Polyole aus der Desmophen-Serie, entwickelt. Bei den thermoplastischen DC-Werkstoffen liegt ein Fokus auf PC. Die sehr guten mechanischen Eigenschaften des Polymers und seine hohe Transparenz entsprechen den Anforderungen aktueller Designideen im

Automobilinnenraum etwa für Ambientelicht und große, fugenlose Bedienfelder. Im Exterieur erleichtert es die Integration von Anzeigefunktionen zur Kommunikation mit anderen Verkehrsteilnehmern »

Die Autoren

Christoph Bontenackels ist CAE-Ingenieur im Global Digital Engineering Team des Segments Engineering Plastics bei Covestro;

christoph.bontenackels@covestro.com

Dr. Ulrich Fehrenbacher ist Leiter der Entwicklung bei der Rühl Puromer GmbH und arbeitet seit 2014 für das Unternehmen; ulrich.fehrenbacher@ruehl-ag.com

Dr. Ingo Kleba ist Geschäftsführer der Rühl Puromer GmbH und seit 2009 im Friedrichsdorfer Unternehmen; ingo.kleba@ruehl-ag.com

Dr. Markus Mechtel ist Senior Manager im Industrial Marketing Automotive des Segments Coatings and Adhesives von Covestro; markus.mechtel@covestro.com

Dr. Olaf Zöllner ist Leiter der Anwendungsentwicklung Europa im Segment Engineering Plastics bei Covestro; olaf.zoellner@covestro.com

Service

Digitalversion

» Ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv

English Version

» Read the English version of the article in our magazine *Kunststoffe international* or at www.kunststoffe-international.com

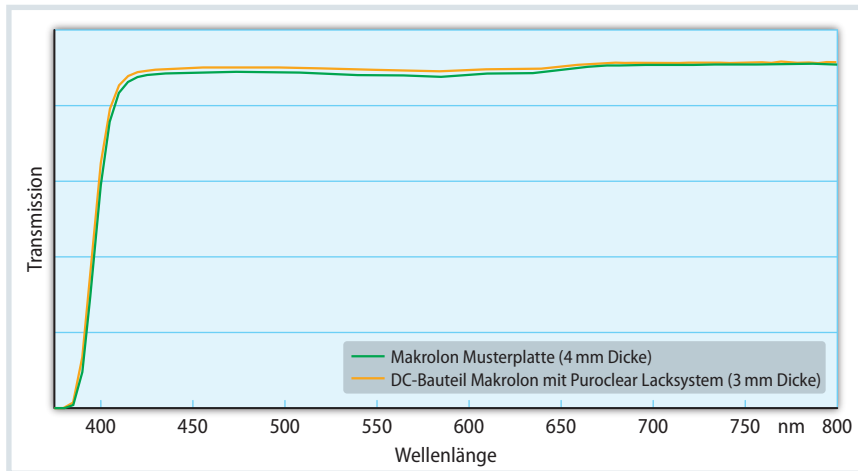
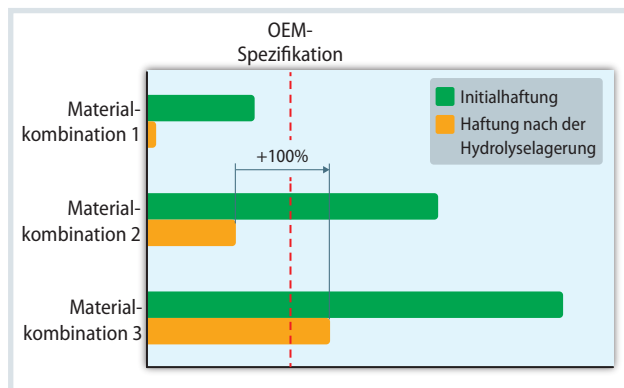


Bild 2. Transparenz im Verbund: Vergleichende Transmissionsmessungen zeigen, dass sich Makrolon und Puroclear mit ihrer jeweils hohen Transparenz sehr gut ergänzen

Quelle: Covestro, Rühl Puromer; Grafik: © Hanser

Bild 3. POSI-Test für ein PC mit einem PUR-Lack (1) und die Kombination eines Makrolon-Typs mit einem Puroclear-Standardlack (2) und mit einem für PC optimierten Puroclear-Lack (3) Quelle: Covestro; Grafik: © Hanser



und von Sensorelementen für Fahrerassistenzsysteme auf Basis von Radar- und Lidar-Frequenzen. Passend zu solchen Anwendungen hat Rühl PUR-RIM-Lacke entwickelt, die selbst bei größeren Schichtdicken eine sehr hohe Transparenz ohne Einbußen bei sonstigen automobilrelevanten Eigenschaften aufweisen. Sie sind daher idealer Synergiepartner und bieten einen guten Schutz für transparente PC-Substrate (**Bild 2**).

Die Haftfestigkeit zwischen PUR und PC sicherstellen

Grundsätzlich gilt die Haftfestigkeit zwischen PC und PUR als herausfordernd, vor allem unter Alterungseinfluss. Zwar weisen Makrolon- und transparente Puroclear-Typen an sich schon gute Haftungen auf. Dennoch haben die Entwicklungspartner Rühl und Covestro die Haftfestigkeit mit Blick auf die Langzeitstabilität nach Alterung weiter verbessert. Dazu wurden mehrere Materialkombinationen optimiert und deren Haftfestigkeiten im

POSI-Abzugstest (nach ISO 4624) beurteilt. Dadurch konnte erreicht werden, dass selbst Proben, die durch längere Lagerung in heiß-feuchter Umgebung einer hydrolytischen Alterung ausgesetzt waren, die Haftungsspezifikationen von OEM erfüllen (**Bild 3**). Weitere Untersuchungen zeigten zudem, dass die innere Trennfunktion in den PUR-Systemen ihre vorgesehene Aufgabe – die leichte Entformung – erfüllt und die Haftung zwischen PUR und Substrat nicht negativ beeinflusst.

Darüber hinaus arbeiten beide Unternehmen daran, das Film Insert Molding (FIM) von Folien in den DC-Prozess zu integrieren. Die verformten und mit Dekor bedruckten Folien erweitern nicht nur beträchtlich die Optionen beim Design der Bauteile, sondern sind auch für die Funktionsintegration sehr wichtig. Beispielsweise sind mit ihnen durch Bedrucken mit Leiterbahnen und Schaltbildern induktive Tastenfunktionen umsetzbar, die hinterleuchtet werden können (**Bild 4**). Der Spritzgießschritt kann da-

bei ebenfalls als 2K-Prozess gestaltet werden.

Covestro und Rühl unterstützen Projektpartner über die gesamte Entwicklungskette eines DC-Bauteils mit einem umfangreichen anwendungstechnischen Service. Schwerpunkte sind dabei die prozessgerechte Bauteilauslegung und Werkzeugtechnik und die Simulation des DC-Prozesses und der Bauteileigenschaften. Gerade die präzise Simulation der PUR-Füllung und des Verzugs ist essenziell, um z.B. für den Automobilinnenraum große, fugenlose PC-Dekorleisten mit Glaseffekten, Lichtelementen und Touch-Sensorik umzusetzen. Bauteile dieser Art müssen bei stark variierender Dicke der PUR-Schicht eine fehlerlose Oberfläche besitzen. Sie können darüber hinaus durch ihre Größe und die unterschiedliche Schwindung von PC-Trägermaterial und PUR-System zum Verzug neigen. Grundsätzlich sollten PUR-Füllvorgang und Verzug schon in einer frühen Projektphase simuliert werden, um Bauteil und Werkzeug von vornherein richtig auszulegen und nachträgliche teure Anpassungen zu vermeiden.

Tools für die Füllsimulation

Covestro hat entsprechende Berechnungs- und Simulationstools entwickelt. Für die Füllsimulation steht eine neue Berechnungsmethode auf Basis einer Zwei-Phasen-CFD-Simulation (Computational Fluid Dynamics) zur Verfügung. Im Ge-



Bild 4. Der Demonstrator für das Bedienpanel einer Mittelkonsole mit induktiven Tastenfunktionen wurde im DC-Prozess durch Hinterspritzen einer bedruckten Makrofol-PC-Folie hergestellt und die Oberfläche mit einem Tiefenglanz auf Basis von Puroclear veredelt

© Covestro, Rühl Puromer

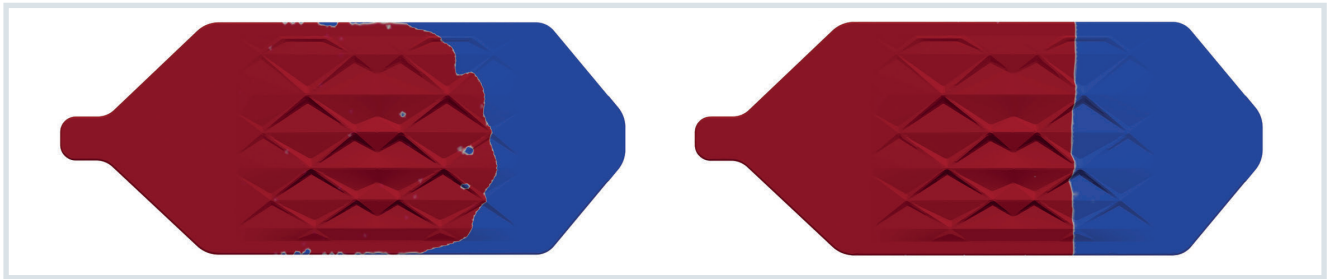


Bild 5. Simulation der DC-Werkzeugfüllung am Beispiel einer Musterplatte (rot=PUR-Lack, blau=Luft): Sind Oberflächenstrukturen in den PUR-Lack integriert, können sich im Lack Luftpneinschlüsse durch Voreilen des Lacks in dickere Bereiche bilden (links). Befinden sich hingegen die Oberflächenstrukturen im PC-Substrat, entstehen im PUR-Lack durch die gleichmäßige Wanddicke und Fließfront keine Luftpneinschlüsse (rechts) © Covestro

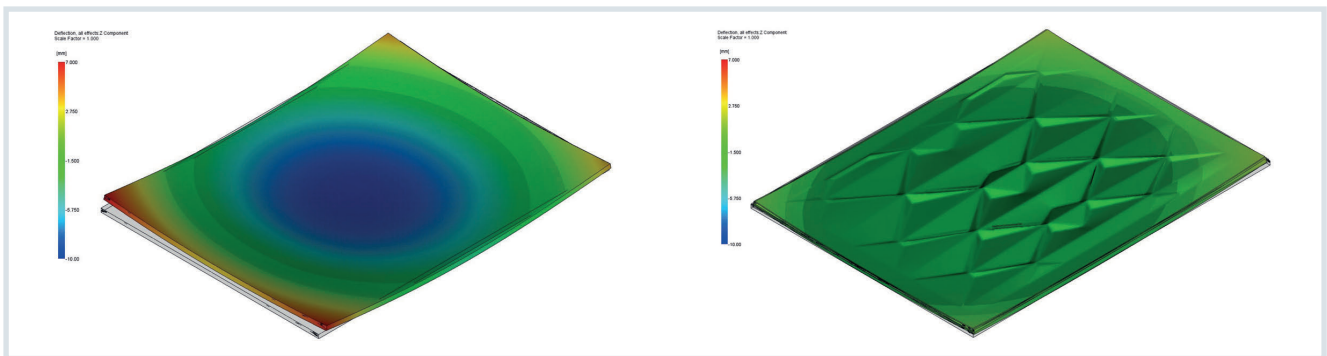


Bild 6. Simulation des Verzugs am Beispiel einer Musterplatte: Befinden sich die Oberflächenstrukturen im PUR-Lack, kann durch das größere Schwindungspotenzial in den dickeren PUR-Lackbereichen ein erhöhter Verzug auftreten (links). Der Verzug ist allerdings weitestgehend vermeidbar, wenn die Oberflächenstrukturen in das PC-Substrat integriert sind und dadurch die PUR-Wanddicke homogen und gering ist (rechts) © Covestro

gensatz zu konventionellen Methoden für die Spritzgießsimulation betrachtet diese die bei der PUR-Füllung aus dem Werkzeug verdrängte Luft nicht als Vakuum, sondern als eigene Phase. Dadurch lässt sich im Unterschied zu bisherigen Tools in Abhängigkeit von der Struktur in der Beschichtung und im Träger genau ermitteln, wo sich Luftblasen bilden, wohin sie wandern und ob sie im Bauteil bleiben oder die Entlüftung erreichen (**Bild 5**).

Für die Simulation des Bauteilverzugs wurde eine Berechnungsmethode entwickelt, die das Materialverhalten der Beschichtungssysteme im Hinblick auf Schwindung und Verzug abbildet. Die PUR-Systeme schwinden während der Formgebung stärker als die thermoplastischen Substrate. Grundsätzlich sollten daher bei der Konstruktion eines Bauteils 3D-Strukturen mit größeren Wanddickensprüngen in den Träger gelegt werden, um die Schichtdicke des PUR-Systems gleichmäßig und den Verzug gering zu halten. Das ist allerdings in den meisten Anwendungen nur im Idealfall möglich. Die Simulation hilft daher in solchen Fällen, ein optimales Schichtdickenverhältnis zu finden, bei dem der Verzug und zu-

gleich ebenfalls die Zykluszeiten minimal sind (**Bild 6**).

Automobilindustrie schätzt das DC-Verfahren

Derzeit liegt der Einsatzfokus des DC-Verfahrens auf dem Pkw-Interieur. Es wird aber auch immer öfter für Bauteile im Exterieur verwendet wie Säulenverkleidungen mit Touchpanel für die Eingabe von Codes zum Öffnen und Schließen des Innenraums. Weitere potenzielle Exterieur-Anwendungen sind hochintegrierte Spoiler-

elemente, Radarabdeckungen und an Kühlerblenden erinnernde Frontblenden (**Titelbild**). Letztere dienen bei Elektrofahrzeugen primär als markenprägendes Designelement, mit oder ohne Integration von Licht und Sensorträgern. Grundsätzlich schätzt die Automobilindustrie das DC-Verfahren zunehmend als effiziente Alternative zu anderen Fertigungskonzepten für die Großserie, weil es erhöhte Bauteilleistung und Designfreiheit bietet. Auch die Medizin-, Geräte-, IT- und Kommunikationstechnik entdecken inzwischen die Vorzüge des Verfahrens. ■

Vorteile des Direct-Coatings auf einen Blick

- keine Investition in separate Lackieranlagen
- keine Reinraumbedingungen notwendig
- keine Lackverluste durch Overspray
- keine Lackier Vorbereitung z. B. durch Primer- oder Corona-Behandlung
- keine üblichen Lackierprobleme wie Orangenhaut oder Lackanhäufungen
- weniger logistischer Aufwand beim Handling der Teile
- geringerer Platz- und Ressourcenbedarf
- weniger Ausschuss durch Lackierfehler (z. B. Staub, Verläufe)
- kaum Emissionen dank PUR-Systemen ohne Lösemittelzusatz
- geringerer Energieverbrauch im Vergleich zum separaten Spritzgießen und Lackieren