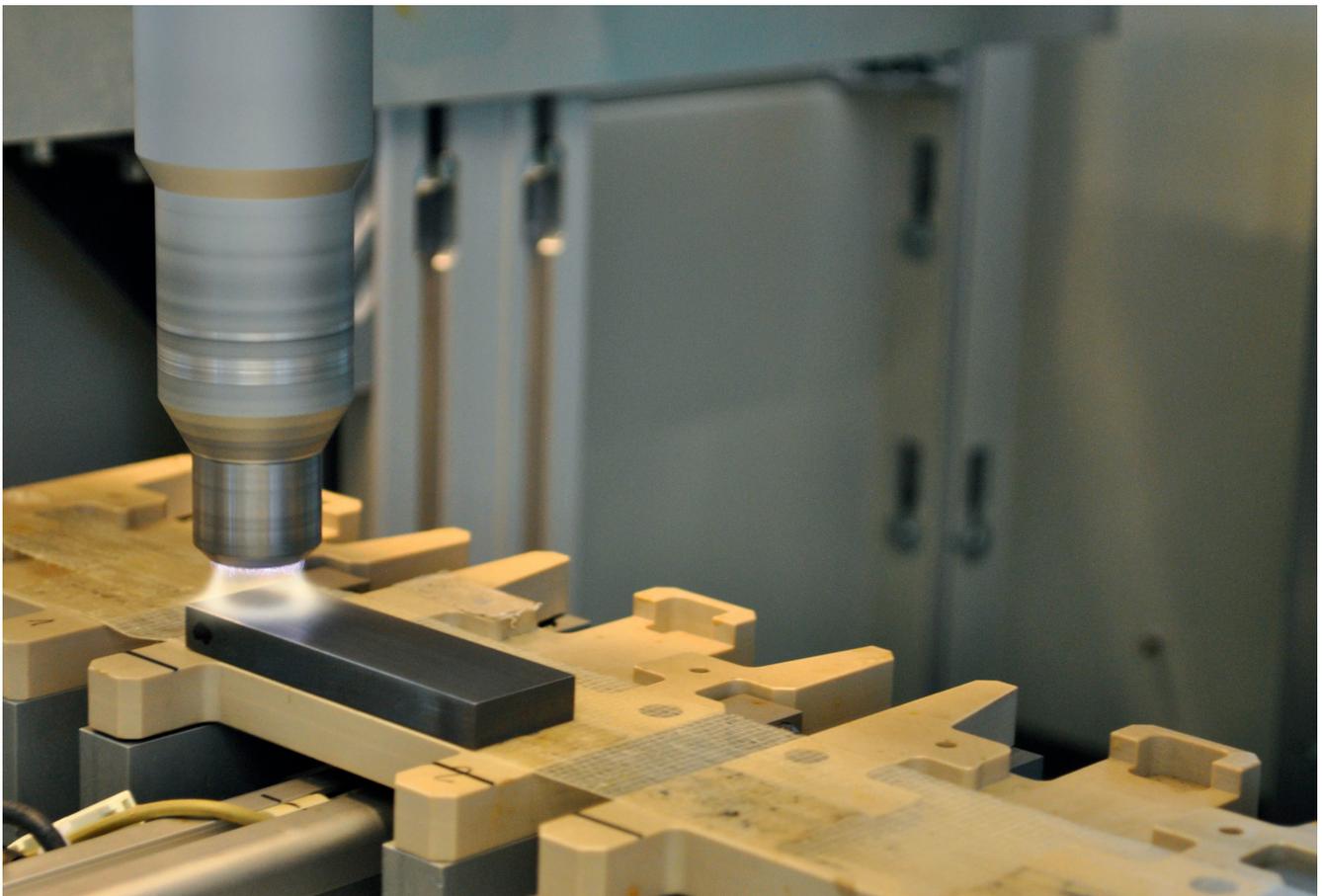


InMould-Plasma-Verfahren: Antihafbeschichtungen verhindern unerwünschte Adhäsion

Plasmaaktivierung fehlgeschlagen!

Mit dem InMould-Plasma-Verfahren lassen sich inkompatible Werkstoffkombinationen miteinander verbinden. Es aktiviert jedoch nicht nur die Hartkomponente des Verbundes, sondern prozessbedingt auch die Werkzeugoberfläche. Forscher der Universität Paderborn haben untersucht, ob sich das mit einer Antihafbeschichtung ändern lässt.



Atmosphärendruck-Plasmabehandlung einer beschichteten Probe. © KTP

Das InMould-Plasma-Verfahren integriert die Oberflächenbehandlung mehrkomponentiger Bauteile in den Spritzgießprozess. Dadurch entfallen zusätzliche Arbeitsschritte wie das Einlegen einer weiteren Komponente, eine gesonderte Plasmabehandlung oder ein nachträgliches Klebverfahren [1]. Der Prozess unterteilt sich in drei Schritte. In der ersten Station wird ein Bauteil aus einer Hartkomponente, zum Beispiel ein Gehäusedeckel, gespritzt. Die zweite

Station dient der gezielten Plasmabehandlung der ersten Komponente. Durch die Evakuierung des Plasmakanals und das darauffolgende Spülen ist ein vollständiger Gasaustausch im Werkzeug gewährleistet, was Rekombinationsprozesse mit Luftsauerstoff ausschließt und die Reduktion von angeregten Molekülen verringert [2].

In der dritten Station wird die Weichkomponente durch Freilegung einer Kavität eingespritzt. Am Beispiel des

Gehäusedeckels lässt sich so eine Dichtung aus thermoplastischem Polyurethan (TPU) anspritzen, die mit dem Deckel eine direkte Verbindung eingeht, wodurch ein zusätzlicher Montageschritt entfällt [1, 2]. Weicht die Geometrie des Plasmakanals von der Kontur der Kavität der zweiten Komponente ab, wird unbeabsichtigt auch die Werkzeugoberfläche aktiviert. Dadurch haftet der Kunststoff am Werkzeug, was wiederum die Entformung erschwert. »

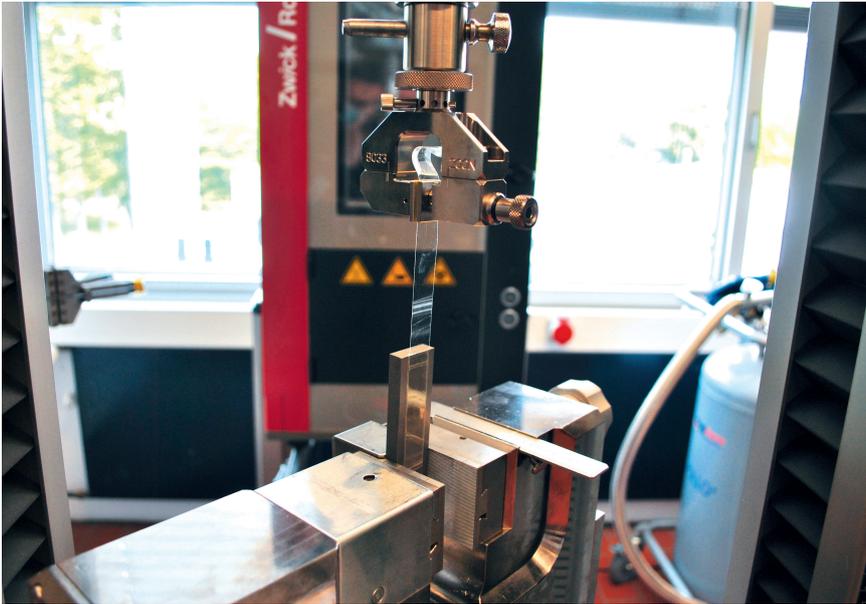


Bild 1. Schälzuguntersuchung in Anlehnung an DIN EN ISO 8510-2. © KTP

Forscher der Universität Paderborn haben untersucht, wie sich die unerwünschte Adhäsion zwischen Kunststoff und Werkzeugoberfläche verringern lässt und die benötigten Entformungskräfte reduziert werden. Ihr Ansatz: Mit einer Werkzeugbeschichtung, die trotz Plasmabehandlung keine hohe Haftung zum Kunststoff aufweist, könnte gegebenenfalls die zweite Station entfallen und die Plasmabehandlung in der Kavität der zweiten Komponente erfolgen. Dadurch lassen sich vorhandene Werkzeuge bearbeiten und die InMould-Plasma-Technik einfach nachrüsten. Für das Beispiel des Gehäusedeckels heißt das: Das 2K-Werkzeug mit angespritzter Dichtung benötigt keine extra Station zur Plasmabehandlung, da der Plasmakanal und die Kavität der zweiten Komponente identisch sind.

Bestimmung des Schälwiderstands

Zur Bewertung der Haftung zwischen Kunststoff und Werkzeugoberfläche ziehen die Wissenschaftler den sogenannten Schälwiderstand heran. Um diesen Kennwert für die Kombination aus Beschichtung und einer weiteren Komponente zu ermitteln, kleben sie einen 15 mm breiten Tesafilm mit einer definierten Anpresskraft (50 N) auf einen beschichteten Probekörper und ziehen diesen in Anlehnung an DIN EN ISO 8510-2 in einem 180°-Schälzugversuch ab [3]. Die Probekörper haben die Abmaße von 80 x 25,3 x 8,4 mm (L x B x H), woraus ein Schälweg von 80 mm resultiert. Der Grundwerkstoff ist ein gehärteter 1.2311 (40 CrMnMo 7) Werkzeugstahl. Die Probekörper werden in die untere Einspannbacke der Universal-Zugprüf-

maschine (Typ: Z010, Hersteller: Zwick-Roell GmbH & Co. KG, Ulm) und der Tesafilm in die obere Einspannbacke eingespannt (**Bild 1**). Die Kraft wird mit einer 1-kN-Kraftmessdose aufgenommen. Für die Auswertung wird der Schälwiderstand nach VDI 2019 herangezogen. Der Schälwiderstand berechnet sich aus dem Quotienten der Kraft F , um den Verbund zu lösen, und der Probenbreite b des Tesafilms [4]:

$$W_s = \frac{F}{b}$$

Die Forscher ermitteln die Schälwiderstände der Beschichtungen sowohl vor (Referenz) als auch nach der Plasmabehandlung. Diese erfolgt mit einer geführten Düse, da die vorhandenen InMould-Plasma-Werkzeuge die Probekörper als Einleger nicht aufnehmen können. Als Prozessgas der Plasmabehandlung kommt Druckluft zum Einsatz. Die Verfahrensgeschwindigkeit der Plasmadüse beträgt 150 mm/s, der Düsenabstand zum Substrat 10 mm und der Volumenstrom des Prozessgases 85 l/min. Mithilfe des Mittelwerts des Schälwiderstands über den gesamten Schälweg lassen sich die Ergebnisse miteinander vergleichen.

Auswahl der Beschichtungen

Als Referenz zu den ausgewählten Beschichtungen werden unbehandelte und Tenifer-behandelte Probekörper aus dem Werkzeugstahl 1.2311 untersucht. Die Teniferierung (auch Salzbadnitrierung) ist für die Randschichthärtung von Stahlwerkstoffen in einem Nitrierbad gedacht [5]. Die untersuchten Beschichtungen sind

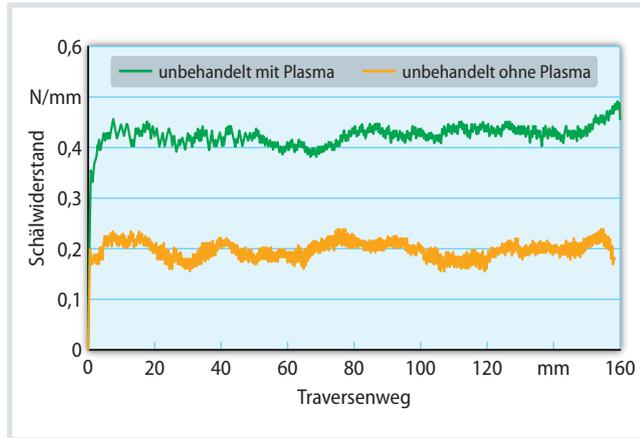
- zum einen Chemisch Nickel (Chemische Vernickelung) von der Firma NovoPlan,
- mit Plasma aufgetragene Beschichtungen von der Firma Plasmatreteat und
- im CVD-Prozess abgeschiedene Beschichtungen vom Lehrstuhl Technische und Makromolekulare Chemie (TMC) von Prof. Dr. Guido Grundmeier an der Universität Paderborn.

Die untersuchten Beschichtungen samt Zusammensetzung sind in **Tabelle 1** aufgelistet. Nach den Schäluntersuchungen sind an den Beschichtungen teilweise deutlich sichtbare Rückstände des Haft-



Bild 2. Rückstände des Haftklebstoffs nach der Schälzuguntersuchung. Oben links: unbehandelt; oben rechts: Teniferierung; unten links: FOTS; unten rechts: CNB. © KTP

Bild 3. Vergleich des Schälwiderstandes zwischen Tesafilm und eines unbeschichteten Probekörpers mit und ohne Plasmavorbehandlung. Quelle: KTP; Grafik: © Hanser



noch deutlich unter dem der Referenzprobe. Die FOTS-Beschichtung mit Zirconiumoxid weist einen hohen Schälwiderstand schon vor der Plasmabehandlung auf, welcher jedoch nach der Plasmabehandlung im Vergleich zu den anderen Beschichtungen nur sehr geringfügig ansteigt (**Bild 4**).

Fazit und Ausblick

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass Werkzeugbeschichtungen existieren, die trotz Plasmabehandlung eine Antihafteffekt besitzen. Alle Beschichtungen weisen einen geringeren Schälwiderstand nach der Plasmabehandlung als die unbeschichtete Referenzprobe auf.

Im Anschluss an die Untersuchungen muss die Beständigkeit der einzelnen Beschichtungen untersucht werden. Die FOTS-Beschichtung weist zwar den geringsten Schälwiderstand auf, doch sollte die Beständigkeit zu gering sein, ist die Beschichtung für den Anwendungsfall nicht geeignet.

Darüber hinaus ist der Schälwiderstand zwischen einer potenziellen zweiten Kunststoffkomponente und den Beschichtungen zu untersuchen, da die Werkzeuge des InMould-Plasma-Verfahrens schmelzeförmige Kunststoffe und keine Haftklebstoffe mit Trägermaterial aufnehmen. Lässt sich die zweite Komponente rückstandsfrei mit geringer Kraft lösen, ist die Beschichtung für den Anwendungsfall als geeignet einzustufen. ■

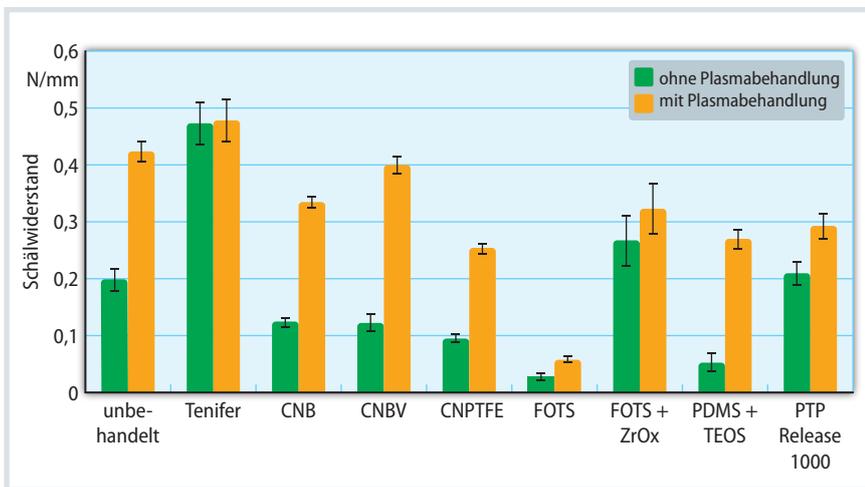


Bild 4. Vergleich des Schälwiderstands zwischen Tesafilm und den untersuchten Beschichtungen mit und ohne Plasmavorbehandlung. Quelle: KTP; Grafik: © Hanser

Tabelle 1. Bezeichnungen und Zusammensetzung der untersuchten Beschichtungen.

Quelle: KTP

Beschichtung	Zusammensetzung
CNB	Chemisch Nickel mit Bornitrid
CNBV	Chemisch Nickel mit Bornitrid und Zusätzen als Verschleißschutz
CNPTFE	Chemisch Nickel mit Polytetrafluorethylen
PDMS+TEOS	Polydimethylsiloxan und Tetraethylorthosilikat Gemisch
PTP Release 1000	Plasmaaufgetragene Beschichtung auf Siliziumbasis
FOTS	Fluorocetyltriethoxysilan
FOTS+ZrOx	Fluorocetyltriethoxysilan mit Zirconiumoxid

klebstoffs erkennbar (**Bild 2**). Hier ist die Adhäsion zwischen Haftklebstoff und Beschichtung höher als die Kohäsionskräfte des Haftklebstoffs. Die Rückstände können sich bei erneuter Klebung negativ auf den Schälwiderstand auswirken, da die Kompatibilität zwischen gleichen Werkstoffen sehr hoch ist.

FOTS zeigt kaum Widerstand

Damit die Entformung des Bauteils ohne dessen Beschädigung erfolgen kann, gilt es, die Haftung zwischen Kunststoff und

Werkzeugstahl zu minimieren. Durch die Plasmabehandlung der unbehandelten Referenzprobe ist der Schälwiderstand um über 110% von 0,1982 N/mm auf 0,4236 N/mm gestiegen (**Bild 3**). Der niedrigste Schälwiderstand wird mit der FOTS-Beschichtung (FOTS: Fluorocetyltriethoxysilan) erzielt. Ohne Plasmavorbehandlung wird ein Schälwiderstand von 0,0283 N/mm erreicht. Dies entspricht ca. 14% des Schälwiderstands der Referenzprobe. Die Plasmabehandlung erhöht den Schälwiderstand auf 0,058 N/mm und liegt damit immer

Info

Text

Dennis Rauen, M.Sc., arbeitet seit 2021 als wissenschaftlicher Mitarbeiter bei der Kunststofftechnik Paderborn (KTP) an der Universität Paderborn; dennis.rauen@ktp.upb.de

Prof. Dr.-Ing. Elmar Moritzer ist seit 2008 Inhaber des Lehrstuhls für Kunststofftechnologie und Leiter der KTP an der Universität Paderborn; elmar.moritzer@ktp.upb.de

Literatur & Digitalversion

Das Literaturverzeichnis und ein PDF des Artikels finden Sie unter www.kunststoffe.de/onlinearchiv