

IGF-Vorhaben-Nr.: 19545 N

Laufzeit: 01.05.2017 - 31.10.2019

Ultraglatte antiadhäsive Werkzeugbeschichtungen für Kunststoffformgebungs- und Folienverarbeitungsprozesse (Glanzform)

Dr. Bernd Steinhoff*, Dr. Frank Burmeister**, Dr. Martin Keunecke***

- * Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Bereich Kunststoffe, Schlossgartenstr. 6, 64289 Darmstadt
- ** Fraunhofer-Institut für Werkstoffmechanik (IWM), Wöhlerstr. 11, 79108 Freiburg
- *** Fraunhofer-Institut für Schicht- und Oberflächentechnik (IST), Bienroder Weg 54E, 38108 Braunschweig

Zusammenfassung

In diesem Forschungsvorhaben wurden antiadhäsive Beschichtungen für Kunststoffformgebungswerkzeuge weiterentwickelt und in ihrem Schichtwachstum und der sich ausbildenden Topografie so gesteuert, dass die hohen Oberflächenqualitäten bzw. Glanzgrade des unbeschichteten Werkzeugs erhalten blieben (Abbildung 1).

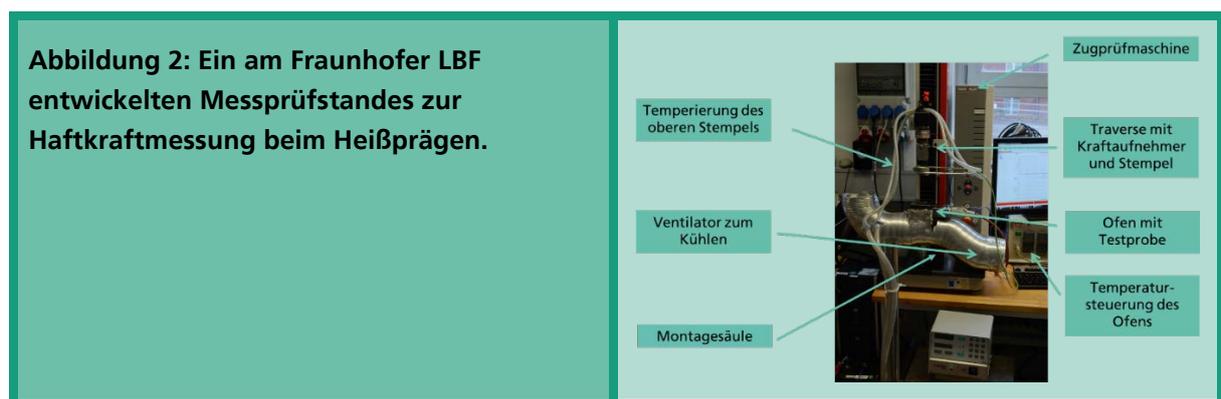
Abbildung 1:

Beispiel für eine am Fraunhofer IST durchgeführte antiadhäsive Beschichtung auf einer Walze zur Folienherstellung: galvanisch verchromt und anschließend mit einer im Projekt entwickeltem PVD + PACVD-Schichtsystem beschichtet.

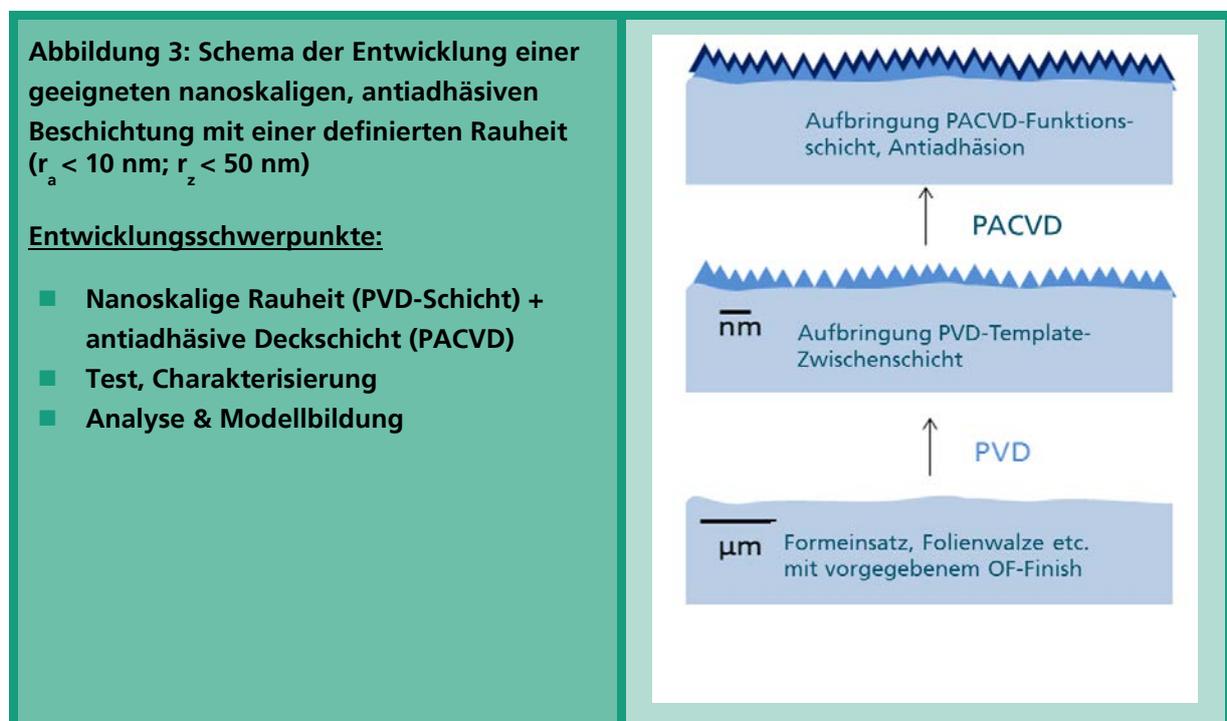


Dabei ist es durch die Beschichtung gelungen, die bei Hochglanzoberflächen gegenüber matten Oberflächen typischerweise höheren Entformkräfte zu unterdrücken und in einigen Fällen die Haftkräfte sogar signifikant zu reduzieren. Dazu wurde die Oberflächenbeschichtung sowohl bezüglich ihrer chemischen Wechselwirkung (Minimierung der intermolekularen Kräfte), als auch unter Berücksichtigung kontaktmechanischer Ansätze (Einstellung einer definierten Rauheit im sub-Mikrometerbereich zur Reduktion der Kontaktfläche) untersucht und entwickelt.

Im Zuge der Entwicklungsarbeiten im Projekt wurden verschiedene Prüfstände zur Entformkraftmessung am Fraunhofer LBF aufgebaut (Abbildung 2). Hierbei wurden Messprozeduren erarbeitet, Messreihen durchgeführt und unterschiedliche Einflussgrößen detektiert.



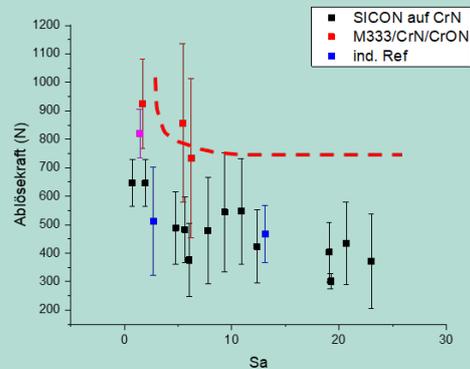
Basierend auf diesen applikationsnahen Messungen konnten neue antiadhäsive Schichtsysteme bestehend aus einer PVD-Template-Schicht mit definierter Topografie und einer antiadhäsiven PACVD-Deckschicht entwickelt werden (Abbildung 4).



Durch die im Projekt erarbeiteten Kombinationsschichtsysteme wurde durch Modifikation der Oberflächenchemie mit einer geeigneten Beschichtung und zusätzlichen Reduktion

der Haftkräfte durch Steuerung der Kontaktfläche über ein gezieltes Einstellen der Rauheitsamplituden und Spitzendichten, eine Haftkraftreduktion um ca. 60% gegenüber hochglanzpolierten Stahloberflächen erzielt (Abbildung 4). Im Gegensatz zu anderen, aus der Literatur bekannten Arbeiten, gelang dies erstmalig auch und speziell im Bereich sehr glatter Oberflächen ($S_a < \text{ca. } 20 \text{ nm}$), die für Hochglanz-Kunststoffoberflächen typisch sind.

Abbildung 4: Detaillierte Auftragung des S_a -Wertes der beschichteten Oberflächen im Bereich von 0 bis 30 nm gegen die gemessene Ablösekraft für eine PET-Folie beim Heißprägeprozess.



Durch Korrelation der Haftkraftmessungen mit detaillierter Oberflächencharakterisierung, konnten Haftkraft-Modelle am Fraunhofer IWM weiterentwickelt und Korrelationen zwischen Entformkräften und Rauheitsparametern erarbeitet werden. So wurde z.B. beobachtet, dass für Beschichtungen mit einer Spitzendichte ($S_{ds} < 2 \mu\text{m}^{-2}$) bei Oberflächen mit kleinem S_a ($< \text{ca. } 10 \text{ nm}$) vergleichbar niedrige Haftkräfte wie bei Oberflächen mit $S_a \text{ ca. } 25 \text{ nm}$ realisiert werden können. D.h. im Umkehrschluss, dass eine in der industriellen Praxis übliche Aufrauung der Werkzeugoberflächen (unter Minderung der optischen Anmutung der Formteile) zur Entformkraftreduzierung nicht mehr zwingend notwendig ist und eine hohe Oberflächengüte der Formteile (oder auch Folien) unter Beibehaltung niedriger Entformkräfte erhalten werden kann.

Am Beispiel von Prägewerkzeugen und an höchstwertigen Folienwalzen wurden antiadhäsive Beschichtungssysteme und ihr Anwendungspotential in industriellen Tests bewertet. Auf diese Weise konnte eine verbesserte Entformung, ohne nennenswerte Verschlechterung der Oberflächengüte von Hochglanzoberflächen, demonstriert werden. Hierbei wurden sehr vielversprechende Tests bei einer Firma des projektbegleitenden Ausschusses durchgeführt, wobei die im Projektrahmen entwickelten Schichten mehr als 2400 Zyklen unbeschadet überstanden haben. Dies zeigt sehr deutlich, dass dieses entwickelte Schichtsystem, bestehend aus einer geringadhäsiven PACVD-Funktionsschicht plus PVD-Template-Schicht, zugleich adhäsionsmindernd und sehr verschleißfest ist.

Eine Weiterentwicklung des Ansatzes hinsichtlich einer daten- bzw. modellbasierten effektiven Gestaltung und Anpassung von Werkzeugoberflächen für verschiedene Applikationen der Kunststoffformgebung wird anvisiert. Dieses soll im Rahmen eines geplanten AiF-Forschungsprojektes umfassend untersucht werden.

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 19545 N der Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V.,
Haardtring 100, 64295 Darmstadt, zum Thema

„Ultraglatte antiadhäsive Werkzeugbeschichtungen für Kunststoffformgebungs- und
Folienverarbeitungsprozesse“

wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -
entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie aufgrund eines
Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Für diese Förderung sei gedankt.

Auch für die Unterstützung der Forschungsgesellschaft Kunststoffe e.V. sei gedankt.

Weiterhin danken wir den im projektbegleitenden Ausschuss vertretenen Unternehmen für ihre
fachliche Unterstützung.

Für weitere Informationen können Sie sich gern an uns wenden

Kontakt: Dr. Bernd Steinhoff, Tel.: +49 6151 705-8747; bernd.steinhoff@lbf.fraunhofer.de