

IGF-Vorhaben-Nr.: 21225 N

Laufzeit: 01.06.2020.- 30.11.2022

Warum versagen Beschichtungen in korrosiven Kunststoffschmelzen?

Dr. Bernd Steinhoff*, Dr. Herbert Scheerer**

- * Fraunhofer-Institut für Betriebsfestigkeit und Systemzuverlässigkeit (LBF), Bereich Kunststoffe, Schlossgartenstr. 6, 64289 Darmstadt
- ** Technische Universität Darmstadt, MPA-IfW Darmstadt, Zentrum für Konstruktionswerkstoffe, Staatliche Materialprüfungsanstalt Darmstadt, Fachgebiet und Institut für Werkstoffkunde, Grafenstraße 2, 64283 Darmstadt

Zusammenfassung

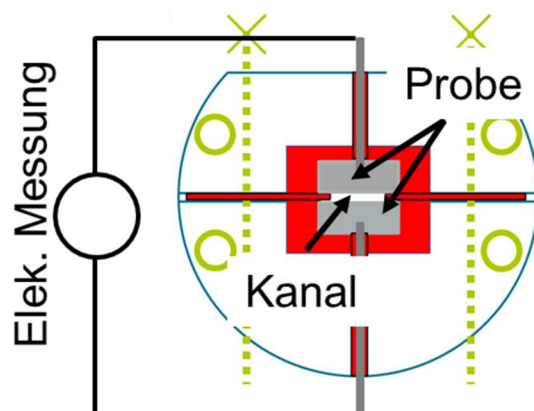
Ziel des Vorhabens war es, die Nachhaltigkeit von Werkzeugformen mittels Beschichtungen bei der Verarbeitung von korrosiven Formmassen zu verbessern, um die Wirtschaftlichkeit von kleinen und mittleren Unternehmen (kmU) zu stärken. Trotz deutlicher Steigerung der Beständigkeit der Werkzeugformen kann es durch initiale Schichtbeschädigungen und weiteres Voranschreiten zu einem Schichtversagen und somit zu Schäden bis hin zum Ausfall von Verarbeitungsmaschinen kommen.

Um dies zukünftig zu verhindern, wurde eine Sonde entwickelt mit welcher Leitfähigkeitsmessungen mit beschichteten Elektroden durchgeführt werden können.

Hierfür wurde die Plättchenapparatur so modifiziert, dass die Testplättchen gleichzeitig als Elektroden für eine elektrochemische Messung benutzt werden können (Abbildung 1).

Abbildung 1:

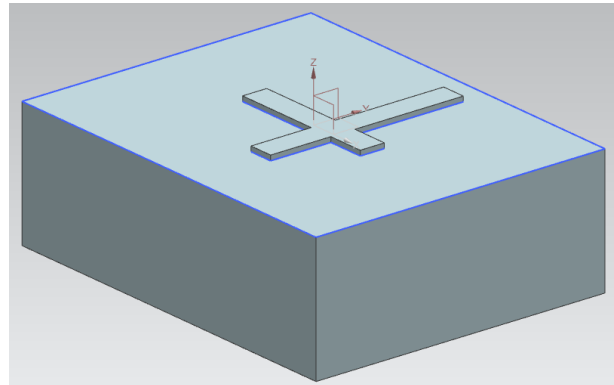
Messprinzip der für Leitfähigkeitsmessungen modifizierten Plättchenapparatur. Die Messung des Stromflusses durch die Schmelze und die beschichteten Plättchen erfolgt mit einem Elektrometer.



Die Geometrie dieser Elektroden wurde hierfür so gestaltet, dass sie Modellkörper zur Untersuchung praxisrelevanter kritischer Strömungsverhältnisse darstellen (Abbildung 2). Letzteres liegt beispielsweise bei der Umströmung von scharfen Kanten bei rechtwinkligen Barrieren im Schmelzeffluss (z.B. Knetblock) oder bei Strukturen im Spritzgießwerkzeug vor, mit denen Schlitze im Formteil ausgebildet werden.

Abbildung 2:

Zeichnung des strukturierten Plättchens



Nach einer detaillierten morphologischen Charakterisierung der Schichten wurden die Modellkörper unter Variation der Prozessparameter einer korrosiven Kunststoffschmelze ausgesetzt. Hierbei wurde der Zusammenhang zwischen Beschichtung und deren Versagen durch Korrosion mittels strukturierter Plättchen unter Variation der Strömungssituation, der Scherrate, der Temperatur und der Korrosivität der Schmelze vertieft untersucht. Hinsichtlich der beabsichtigten Belastungsszenarien wurden hierbei Versuche durchgeführt, um sowohl initiale Schädigungen sowie den Schädigungsfortschritt zu erfassen und somit bewertbar zu machen. Hierbei wurde eine korrosiv-abrasive Formmasse verwendet, wobei auf ein in der Praxis weit verbreitetes halogenfrei flammgeschütztes Hochtemperaturpolyamid/Glasfaser Compound zurückgegriffen wurde. Mittels Leitfähigkeitsmessung war es dabei möglich, durch Aufhebung der Barrierewirkung, die Frühphase des Versagens einer Beschichtung zu erkennen und deren Ursache an der MPA-IfW werkstoffanalytisch zu untersuchen. Beispielhaft werden die Ergebnisse der Leitfähigkeitsmessungen während der Beanspruchung und der entstandenen morphologischen Schäden für das System M340/TiMgGdN gezeigt (Abbildung 3 und Abbildung 4).

Den kmUs stehen nun vertiefte Informationen über die Versagensmechanismen von PVD-Beschichtungen zur Verfügung. Ausgehend von einer erweiterten Kenntnis der Zusammenhänge von Korrosion durch korrosive Formmassen und dem daraus resultierenden Versagen von Beschichtungen sind Entwicklungen hin zu optimierten Schichten insbesondere für kritische Geometrien perspektivisch möglich. Mit der entwickelten Messtechnik können kmUs sowohl neue Beschichtungen gegenüber bekannten korrosiven Compounds als auch gegebene Beschichtungen gegenüber neuen Compounds, zu denen noch keine Erfahrungen vorliegen, getestet werden.

Weitergehende, vertiefende Untersuchungen, bei welchen z.B. die Geometrie der strukturierten Prüfkörper variiert werden sollen, sind in einem angestrebten Nachfolgeprojekt vorgesehen. Hierbei ist eine Integration der Messtechnik in eine Verarbeitungsmaschine geplant.

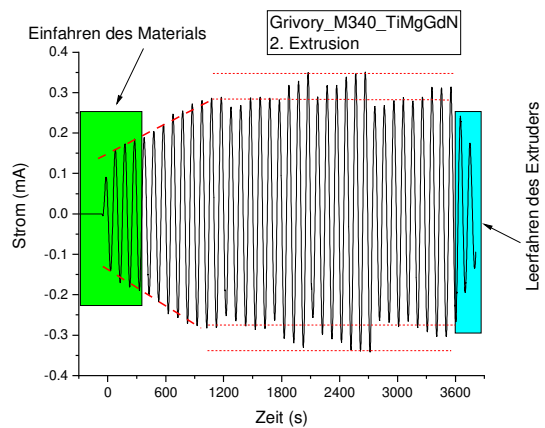
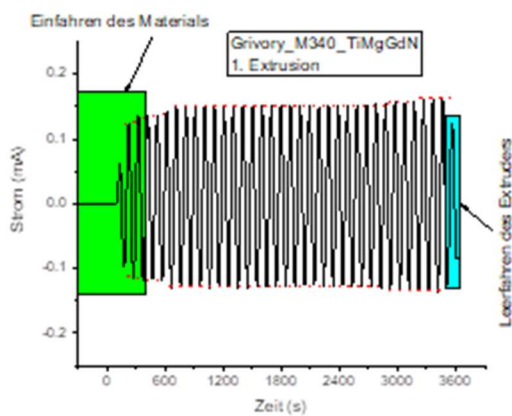
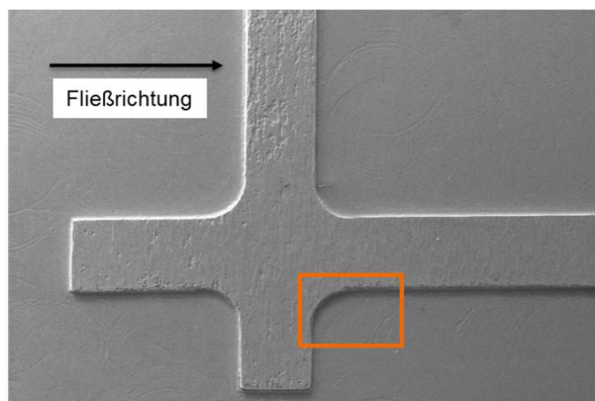
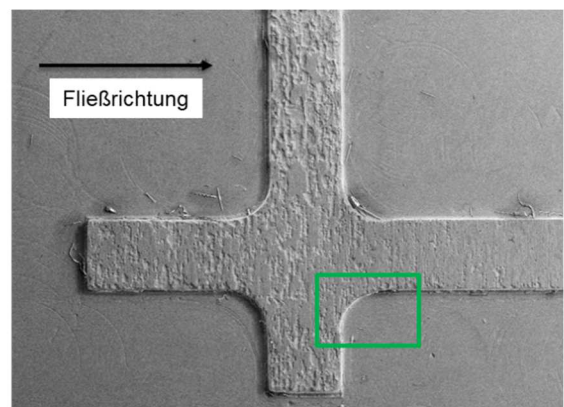


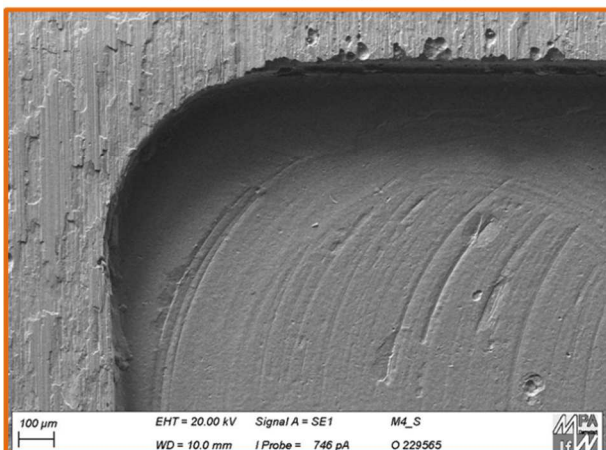
Abbildung 3: Leitfähigkeitsmessung an der modifizierten Plättchenapparatur: Als Elektroden fungieren zwei jeweils mit TiMgGdN beschichtete M340 Plättchen, ein Planes und ein Strukturiertes. Das Bild links zeigt den resultierenden Stromfluss bei erster Beanspruchung und das rechte Bild während der zweiten Beanspruchung mit jeweils 7,15 kg Grivory



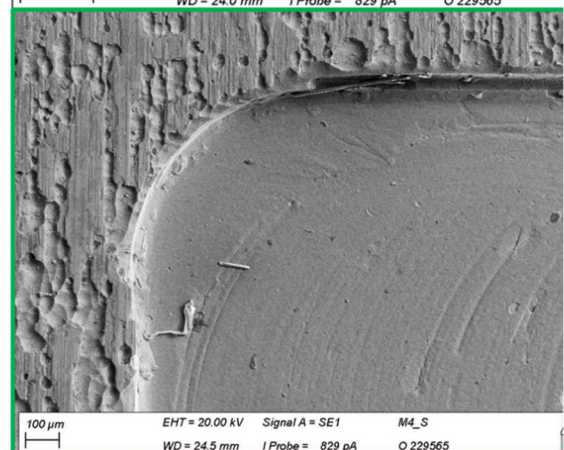
1 mm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 M4_S
WD = 33.5 mm I Probe = 746 pA O 229565



1 mm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 M4_S
WD = 24.0 mm I Probe = 829 pA O 229565



100 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 M4_S
WD = 10.0 mm I Probe = 746 pA O 229565



100 µm EHT = 20.00 kV Signal A = SE1 M4_S
WD = 24.5 mm I Probe = 829 pA O 229565

Abbildung 4: REM-Untersuchung eines strukturierten, mit TiMgGdN beschichteten M340 Plättchen nach einer Beanspruchung mit 7,15 kg Grivory (links) und nach zweiter Beanspruchung mit 14,3 kg Grivory (rechts).

Danksagung

Das IGF-Vorhaben 21225N der Forschungsvereinigung

„Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V.,“ Haardtring 100, 64295 Darmstadt, zum Thema

„Warum versagen Beschichtungen in korrosiven Kunststoffschmelzen?“

wurde über die



im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) 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 und für die Bereitstellung von Materialien.

Für weitere Informationen können Sie sich gern an uns wenden

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