ROBUST: Verfahren zur ressourcenschonenden Oberflächenvorbehandlung von FVK-Bauteilen mittels energiereicher Strahlung

Kira Rosanova, Christoph Schmüser, Laura Schilinsky, Christopher Dölle, Fraunhofer IFAM, Bremen;

Motivation:

Für den zukünftig erwarteten verstärkten Einsatz von Faserverstärkten Kunststoffen (FVK) kommt der Optimierung der Klebprozesse, insbesondere der Oberflächenvorbehandlung, eine zentrale Bedeutung zu. Hierbei sind die Kernprobleme abhängig von der verwendeten Kunststoffmatrix. Im Falle einer duroplastischen Matrix ist dieses vor allem eine Trennmittelkontamination auf den Fügeteiloberflächen, für thermoplastische Matrizes wie Polypropylen (PP) die niedrige Oberflächenenergie.

Forschungsziel:

Ziel dieses IGF-Forschungsvorhabens ist es, die VUV-Licht (Vakuum Ultravioletter Spektralbereich: 100-200 nm) basierte Vorbehandlung für ein CFK sowie für ein glasfaserverstärktes PP zu erarbeiten und zu optimieren. Darauf aufbauend werden Möglichkeiten zur Fertigungsintegration beispielhaft anhand konkreter Anwendungsfälle evaluiert.

Ergebnisse:

Aufgrund der Menge an Ergebnissen fokussiert sich der Inhalt der Präsentation auf die Arbeiten mit PPGF. Die Wirkung der VUV-Bestrahlung mit der Wellenlänge 172 nm (Xenon-Excimerlampe) und 185 nm (Quecksilber-Niederdrucklampe) auf die PP-GF Oberfläche wurde analysiert. Die Ergebnisse unter Verwendung kommerzieller Strahlersysteme offenbarten, dass zusätzliche Sauerstoffverbindungen in die Oberfläche eingebaut werden. Gleichzeitig zeigten Messungen der Oberflächenenergie die Steigerung des polaren Energieanteils in einem Zeitfenster bis zu 60 s VUV-Bestrahlungszeit für die PP-GF--Oberflächen. Für längere Zeiten ist ein Sättigungsverhalten erkennbar. Klebuntersuchungen zeigten einen deutlichen Anstieg der Klebfestigkeiten für beide FVK-Materialien (Bild1). Die unbehandelte Referenz zeigte ein adhäsives Versagen zwischen Klebstoff und Substratoberfläche, wo hingegen bei der Behandlung mit VUV-Licht unter optimierten Prozessparametern ein kohäsives Versagen im Klebstoff oder ein Fügeteilbruch beobachtet wurde. Längere Bestrahlungszeiten führten zu einer Abnahme der Zugscherfestigkeit. Das

Prozessfenster für die maximale Klebfestigkeit liegt zwischen ~20 und 120 s VUV-Bestrahlungszeit, abhängig von dem verwendeten Lampensystem. Die Prozesstoleranzen werden vorgestellt.

Bei sehr langen, prozessunüblichen Bestrahlungszeiten wurden mikroskopische Schädigungen in der PPGF-Oberfläche sichtbar. Der aus der Schädigung resultierende Materialabtrag lag in einer Größenordnung von 0,5 bis 2 nm/s.

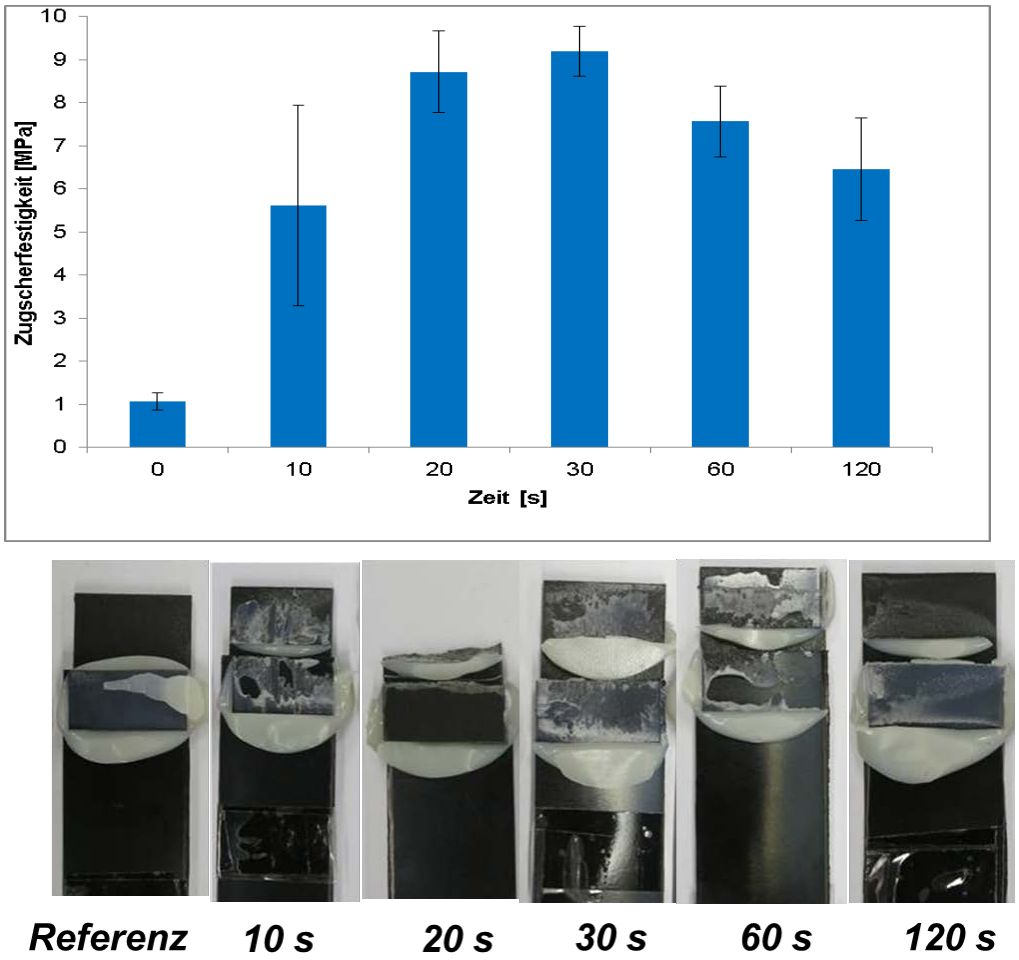

Bild 1. Zugscherergebnisse (oben) und Bruchbilder (unten) von VUV aktivierten und geklebten PPGF Proben. Aktivierung an Luft durch 185 nm (Heraeus) Lampe. Abstand 10 mm.

Der Einfluss der Prozessgasatmosphäre (O_2-Partialdruck und Luftfeuchtigkeit) wurde untersucht. Es wurde festgestellt, dass nach Vorbehandlung an O_2-reduzierter Prozessgasatmosphäre, die Klebfestigkeit der PP-GF-Klebverbunde deutlich abnimmt.

Ebenfalls wurde die Langzeitstabilität der Vorbehandlung untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass sich die Klebfestigkeiten der PP-GF-Klebverbunde nach einer Klimawechselauslagerung zwischen 16 und 39 % verringert hatten.

Die Offenzeit der Proben vor der Klebung ist abhängig von der Bestrahlungsdosis. Für größere Bestrahlungsdosen führte eine Auslagerung von bis zu 7 Tagen zu keiner signifikanten Abnahme der Klebfestigkeit (Bild 2).

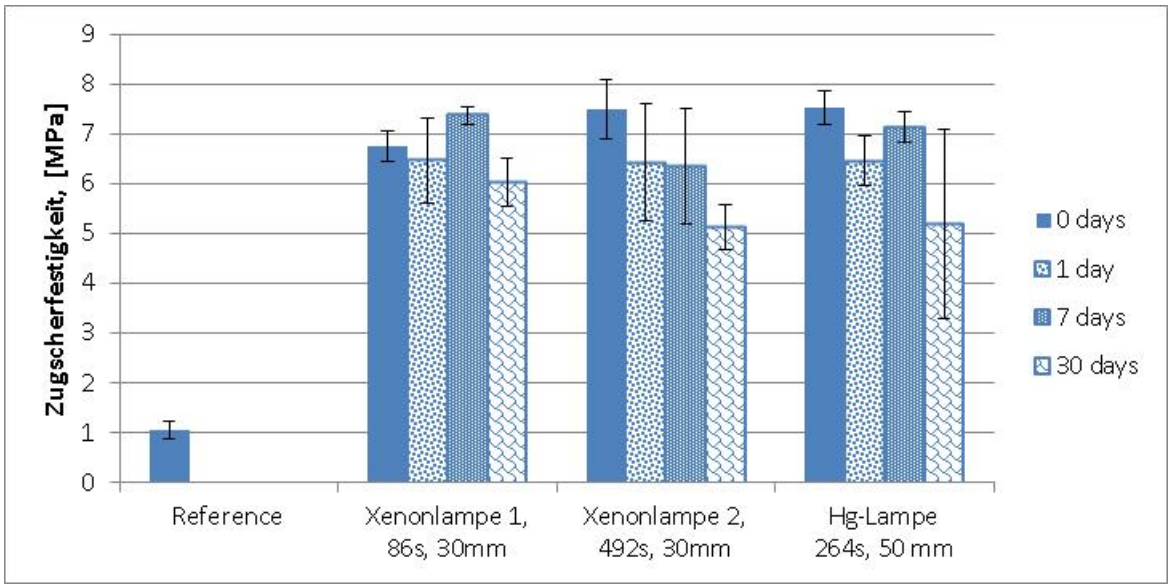

Bild 2. Zugscherklebfestigkeit von VUV aktivierten und nach der Auslagerung geklebten PPGF Proben.

Als erster Schritt in Richtung Fertigungsintegration wurde eine Simulation des Strahlungsfeldes durchgeführt. Die Simulation ermöglicht spätere Aussagen über die sinnvolle Position der Lampen, ihrer Anzahl, die Notwendigkeit Reflektoren einzusetzen und über die Prozessbedingungen. Insbesondere lassen sich Aussagen über komplexe Bauteile treffen.

Es werden die analytischen Ergebnisse zur VUV-Oberflächenvorbehandlung, die Resultate der Zugscherprüfungen sowie erste Simulationen des Strahlungsfeldes vorgestellt.

Förderhinweis und Danksagung:

Das IGF-Vorhaben 17854 N der Forschungsvereinigung DECHEMA Gesellschaft für Chemische Technik und Biotechnologie e.V., Theodor-Heuss-Allee 25, 60486 Frankfurt am Main wurde über die AIF 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. Die Forschungsstelle bedankt sich herzlich bei den Mittelgebern, Dechema und den Mitgliedern des projektbegleitenden Ausschlusses für die gute Zusammenarbeit und Unterstützung.