

Medienverträglichkeit, beschleunigte Alterung und Lebensdauerabschätzung im Polymer-Lebenszyklus

Martina Bruderer, Monika Canal, Gabriele Dörig, Arno Maurer, Jens Ulmer, Roudabeh Valliolahi Bisheh; IMP Polymere Werkstoffe

Polymermaterialien können sich im Verlauf ihrer Einsatzdauer infolge thermischer, mechanischer und chemischer Belastungen mehr oder weniger stark verändern. Aus diesem Grund verwendet man oft Labortests an Einwegartikeln oder Prüflingen aus Kunststoff zur Alterung im Zeitraffer, um eine Aussage über die Zuverlässigkeit der Materialien und der damit hergestellten Baugruppe zu erhalten. Aus den Ergebnissen der beschleunigten Alterung kann eine Prognose über das Langzeitverhalten abgeleitet werden.

Methoden zur Abschätzung der Lebensdauer

Die Kenntnis der Bedingungen, denen das betreffende Bauteil während des Betriebs ausgesetzt ist, hilft bei der Auswahl eines geeigneten Modells für die Alterung. Das einfachste Modell (Ansatz von Arrhenius) ermöglicht eine Abschätzung der Lebensdauer ausgehend von einer rein thermischen Belastung des Materials:

$$A_T = e^{\left[\frac{E_A}{R} \cdot \left(\frac{1}{T_{test}} - \frac{1}{T_{life}} \right) \right]}$$

Die Temperaturabhängigkeit der Degradation kann durch eine thermogravimetrische Analyse bestimmt werden, welche in der ASTM-Norm E1641 und E1877 beschrieben ist. Im Ergebnis wird ein Zusammenhang zwischen thermischer Lebensdauer und Temperatur hergestellt (Bild 1). Dieser Zusammenhang kann durch eine beschleunigte Alterung bei erhöhter Prüftemperatur (Bild 2) in der Praxis bestätigt werden.

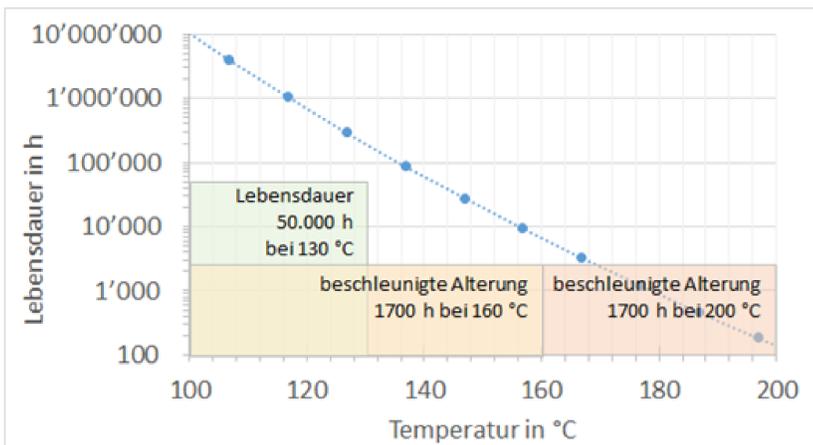


Bild 1: Temperaturabhängigkeit der thermischen Lebensdauer gemäss ASTM E1877



Bild 2: Zugprüfstäbe aus Vergussmasse vor (links) und nach (rechts) der thermischen Alterung im Ofen



Bild 5: Halterung zur Prüfung der Spannungsrissbeständigkeit von Kunststoffen

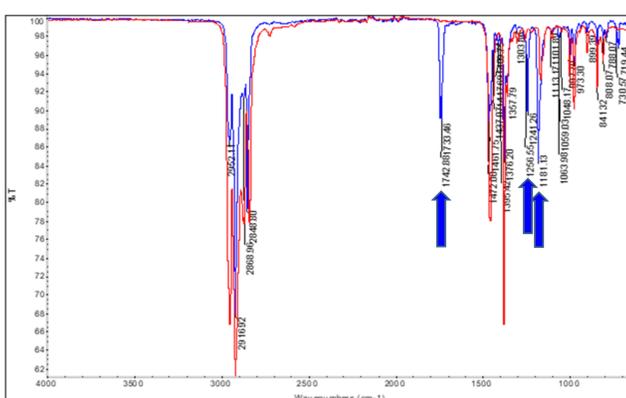


Bild 6: FTIR-Spektren einer Kunststoffprobe frisch aus Produktion (rot) und nach Alterung bei erhöhter Temperatur (blau). Man erkennt zusätzliche durch Additive verursachte Signale (Pfeile)

Verhalten von Kunststoffen bei hoher Temperatur/Luftfeuchte

Zur Bestimmung eventueller Veränderungen durch Einwirkung von hoher Luftfeuchte bei erhöhter Temperatur werden Zugprüflinge in Glasflaschen zusammen mit einem wassergesättigten Vlies eingeschlossen und über mehrere Tage im Konvektionsofen eingelagert (Bild 3). Anschliessend werden die mechanischen Eigenschaften durch Zugprüfung gemäss DIN ISO 527 bestimmt. Manche Blends können sich dabei auch optisch verändern, was auf Entmischungsvorgänge im Zusammenhang mit der Feuchtigkeit schliessen lässt. (Bild 3).



Bild 3: Einlagerung von Prüflingen bei hoher Luftfeuchte und erhöhter Temperatur, Oberfläche vor/nach der Belastung

Künstliche Alterung durch UV-Bestrahlung

Die UV-Bestrahlung wird in einem SUNTEST CPS+ bei 765 W/m² und ca. 50 °C Innentemperatur vorgenommen. 200 h Bestrahlungsdauer entsprechen dabei etwa einem Jahr Freilandbewitterung in der Schweiz. Die Farbe der Oberflächen wird anschliessend visuell beurteilt und mit einem Farbmessgerät bestimmt.



Bild 4: UV-Bestrahlungsgerät, Prüfkörper im Probenraum (mitte) und Farbmessung vor/nach Bestrahlung (rechts)

Medienverträglichkeit

Durch Beaufschlagung mit Lösemitteln, Chemikalien oder Desinfektionsmitteln wird die Spannungsrissbeständigkeit in Anlehnung an EN ISO 22088-3 bestimmt. Dazu werden Schulterstäbe (Prüfkörper Typ 1A, DIN ISO 527) mit einer statische Randfaserspannung von 1-2 % in einer speziellen Halterung (Bild 5) eingespannt und mit einem mit der Testsubstanz getränkten Vlies kontaktiert. Im Anschluss an den Belastungszyklus wird die Veränderung der mechanischen Kennwerte durch Zugprüfungen ermittelt.

Alterungsbeständigkeit von Einwegartikeln

Um zu prüfen, ob sich Materialeigenschaften von Kunststoffartikeln unter Einwirkung von Temperatur und Zeit verändern, werden Prüflinge nach Durchlauf definierter Alterungsprozesse im Vergleich zu ungealterten (produktionsfrischen) Prüflingen analysiert. Insbesondere kann geprüft werden, ob Additive oder Bestandteile des Materials an die Oberfläche migrieren und damit die Oberflächeneigenschaften verändern. Dies kann z.B. durch Kontaktwinkelmessungen oder die Aufnahme von FTIR-Spektren an der Oberfläche festgestellt werden (Bild 6).

Referenzen

- A. Maurer, D. C. Cortés Gómez, Y. Kuster, J. Ulmer: Lebensdauerabschätzung bei funktionalen Polymeren für Elektroanwendungen. Fachmagazin DICHT! 3/2021, 46-49
- R. Stadler, A. Maurer: Methods for Durability Testing and Lifetime Estimation of Thermal Interface Materials in Batteries. Batteries 2019, 5, 34. <https://doi.org/10.3390/batteries5010034>

