

Zusammenfassung

IGF-Vorhaben-Nr.: 16470 N

Analyse des Verarbeitungseinflusses auf das Langzeitverhalten von Rohren aus Beta-nukleiertem Polypropylen mittels IR- und Polarisationsmikroskopie

Rohre aus Polypropylen (PP) werden zunehmend im Installationsbereich eingesetzt. Dabei ist aufgrund ihrer besonderen physikalischen Eigenschaften für Warmwasseranwendungen insbesondere der Einsatz der β -nukleierten Variante vorteilhaft. In der Praxis vor Erreichen der Mindestlebensdauer an Rohren aus β -nukleiertem PP aufgetretene Schadensfälle konnten mit den bislang verfügbaren analytischen Möglichkeiten jedoch nicht zufriedenstellend geklärt werden. Insbesondere konnte die Frage nach der morphologischen Struktur und deren Veränderungen während der Gebrauchsdauer nicht hinreichend geklärt werden.

Ziel des Forschungsvorhabens war daher die Erarbeitung analytischer Techniken zur ortsaufgelösten Analyse der Morphologie von Rohren aus β -nukleiertem PP. Schwerpunktmäßig sollten die Infrarotmikroskopie (μ FTIR) und die Polarisationsmikroskopie (PLM) dergestalt weiterentwickelt werden, dass Korrelationen zwischen dem eingesetzten Material und den Verfahrensparametern der Extrusion einerseits und der Morphologie des PP in der Rohrwandung andererseits ermittelt werden können. In diesem Rahmen sollte auch überprüft werden, inwieweit sich die supramolekulare Struktur des PP als Folge von Alterung verändert und wie sich dies auf die mechanischen Eigenschaften der Rohre auswirkt. Insgesamt sollte ein Beitrag zum besseren Verständnis der Prozess→Struktur→Eigenschaftsbeziehungen insbesondere β -nukleierter Rohre geleistet werden.

Dazu wurden zunächst Compounds eines statistischen Ethylen / Propylen-Copolymeren (PP-R) mit unterschiedlicher Nukleierung hergestellt und umfassend charakterisiert. Aus diesen wurden dann unter Variation der Nukleierung und Herstellparameter Rohre extrudiert. Um die Übertragbarkeit der Ergebnisse auf kommerzielle Systeme abzusichern, wurden auch Rohrmuster aus handelsüblichem Material in die Untersuchungen einbezogen, welche von den Mitgliedern des PA zur Verfügung gestellt wurden. Mit Hilfe der Polarisationsmikroskopie konnte der für eine effiziente Nukleierung optimale Gehalt an α - und β -Nukleierungsmittel bestimmt werden. Dabei zeigte sich, dass die β -Nukleierung im Hinblick auf die Herstell- und Verarbeitungsparameter wesentlich kritischer als die α -Nukleierung ist. So wurde im Fall der β -Nukleierung eine starke Abhängigkeit der mechanischen Eigenschaften vom Nukleierungsmittelgehalt beobachtet. Die besondere Herausforderung bestand dabei in der Anisotropie des Nukleierungsmittels, welche eine ortsaufgelöste Quantifizierung über einen einfachen μ FTIR Line-Scan oder ein Area Map

verhindert. Daher wurde eine neuartige Methode basierend auf μ FTIR entwickelt, die es erstmals ermöglicht den Gehalt an Nukleierungsmittel orts aufgelöst und quantitativ zu ermitteln. An Rohren aus β -nukleiertem PP-H konnte die Abhängigkeit des Verhältnisses von β/α -Polymorph von den Abkühlbedingungen gezeigt werden. Die Veränderung der Stabilisierung im hydrostatischen Zeitstand-Innendruckversuch infolge Extraktion und chemischem Verbrauch wurde sowohl mittels μ FTIR als auch durch Messung der oxidativen Induktionszeit (OIT) bestimmt. Darüber hinaus konnte der Einfluss des Temperns und der Langzeitalterung im Zeitstand-Innendruckversuch auf die mechanischen Eigenschaften und die Morphologie β -nukleierter Rohre ermittelt werden. Ein überraschendes Ergebnis ist, dass insbesondere Tempereinflüsse eine Ursache der verbesserten Schlageigenschaften sind. Mit Hilfe einer neuartigen Methode konnte aus Zugversuchen an Rohrsegmenten (NOL-Ring) der Dehnverfestigungsmodul als charakteristischer Kennwert zur Beurteilung der Duktilität bestimmt werden. Mögliche $\beta \rightarrow \alpha$ -Übergänge während der Alterung wurden untersucht. Mit Hilfe der Nukleierungsmittellorientierung konnten mittels μ FTIR $\beta \rightarrow \alpha$ -Übergänge bei mechanischer Beanspruchung detektiert werden.

Die erzielten Ergebnisse können in vielfältiger Art und Weise zur Erhöhung der Wettbewerbsfähigkeit von kmU entlang der Wertschöpfungskette von PP-Rohren beitragen. So können Hersteller von Additiven mit den entwickelten Methoden existierende Produkte weiter verbessern oder neue, effizientere Nukleierungsmittel entwickeln. Rohrhersteller können mit den erarbeiteten Prozess \rightarrow Struktur \rightarrow Eigenschaftsbeziehungen ihre Fertigungsparameter entscheidend im Hinblick auf Durchsatz und Qualität verbessern.

„Das Ziel des Vorhabens wurde erreicht.“

Danksagung und Bestellhinweis

Das IGF-Vorhaben 16470 N der AiF-Forschungsvereinigung Forschungsgesellschaft Kunststoffe e. V. (FGK) wurde über die AiF im Rahmen des Programms zur Förderung der industriellen Gemeinschaftsforschung und -entwicklung (IGF) vom Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages gefördert.

Wir bedanken uns für die finanzielle Unterstützung.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Technologie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Die gesamten Forschungsergebnisse können einem umfangreichen Forschungsbericht entnommen werden, der zum Selbstkostenpreis beim SKZ bestellt werden kann. Die Rechnung wird mit dem Bericht zugeschickt.