

Sachbericht (Schlussbericht)

zum Verwendungsnachweis

zu FuE Vorhaben

Reg.-Nr.:	IW080083
FuE-Einrichtung:	Ostthüringer Materialgesellschaft für Textil und Kunststoffe mbH
Titel:	Hochleistungs-Elastomere auf Basis von aramidkurzfaserverstärktem Silikonkautschuk
Projektlaufzeit:	01.01.2008 bis 31.12.2009

Rudolstadt, den 15.7.2010

Name und Telefonnummer des Projektleiters: Dipl.-Ing. Ines Orlob, 03672 / 379311

Ostthüringische Materialprüfgesellschaft
für Textil und Kunststoffe mbH
Breitscheidstraße 97
07407 Rudolstadt-Schwarza
Firmenstempel

J. Orlob

Unterschrift des Projektleiters

Bauw

rechtsverbindliche Unterschrift

Gliederung des Sachberichtes

1	Technisch-technologische Zielstellung des Vorhabens.....	4
2	Darstellung der erzielten Vorhabensergebnisse.....	5
2.1	Beschaffung und Herstellung geeigneter Materialien (AP 1).....	5
2.2	Charakterisierung der Ausgangsmaterialien (AP 2)	6
2.2.1	Flüssigsilikon LSR 2070	6
2.2.2	Fasermaterialien.....	7
2.3	Aufbereitung der Aramid-Verstärkungskomponenten (AP 3)	9
2.4	Applikation von Haftvermittlern (AP4)	9
2.4.1	Bewertung des Haftungsverhaltens von bifunktionalisierten Organosilanen mit Hilfe des Faserbündel - Pull out – Versuches	9
2.4.1.1	Bestimmung von Haftungskenngrößen.....	9
2.4.1.2	Material und Methode des Faserbündel-Pull-Out-Versuches	11
2.4.1.3	Bewertung der Ergebnisse und Methodik	13
2.4.2	Bewertung des Haftungsverhaltens von reaktiv-funktionalisierten Organosilanen mit Hilfe des Scher-Zug-Versuches.....	16
2.4.2.1	Grundlegendes zur Haftung von Aramid zu Silikon	16
2.4.2.2	Material und Methode.....	17
2.4.2.3	Bewertung der Ergebnisse	18
2.5	Einarbeitungsversuche unter Laborbedingungen (AP 5).....	20
2.5.1	Material und Methode.....	20
2.5.2	Auflösungsverhalten	22
2.6	Bestimmung der mechanischen Eigenschaften der Aramid-Silikon-Verbunde (AP 6).....	23
2.6.1	Prüfmethoden	23
2.6.2	Ergebnisse im Zugversuch	24
2.6.2.1	Einfluss der Faserlänge und Oberflächenmodifizierung	25
2.6.2.2	Einfluss der Haftvermittler	27
2.6.2.3	Vergleich mit anderen Fasermaterialien	29
2.6.3	Ergebnisse zum Weiterreißverhalten	30
2.7	Ermittlung von Vorzugsvarianten und Kombination der besten Wirkmechanismen (AP7).....	31
2.8	Umsetzung der Optimalvariante im Spritzguss (AP8)	33
2.8.1	Grundlegendes zum Flüssigsilikonspritzguss und Realisierungskonzept.....	33
2.8.2	Untersuchungen zum Fasereintrag über die Farbdosierung	35

2.8.2.1	Welche mechanischen Eigenschaften werden bei direkter Fasercompounding erzielt.....	39
2.9	Zusammenfassung der Ergebnisse	40
3	Bewertung der erzielten Ergebnisse in Gegenüberstellung mit den Zielsetzungen des Antrages, Bezugnahme auf die Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit, Bezugnahme auf die wichtigsten Positionen des zahlenmäßigen Nachweises	42
3.1	Gegenüberstellung der Ergebnisse und der vorgegebenen Ziele	42
3.2	Wichtigste Positionen des zahlenmäßigen Nachweises.....	44
3.3	Notwendigkeit und Angemessenheit der geleisteten Arbeit	44
4	Wirtschaftliche Verwertung der Vorhabensergebnisse, aktualisierter Verwertungsplan.....	45
4.1	Zielgruppen für die wirtschaftliche Verwertung des FuE-Ergebnisses, Anwendungsbereiche.....	45
4.2	Schilderung der Markt- und Wettbewerbssituation.....	46
4.3	Charakterisierung der Marktgröße, der Marktentwicklung und des angestrebten Marktanteils	49
4.4	Marketing- und Vertriebskonzeption für das neue Erzeugnis/Verfahren	51
4.5	Eigene Umsatzerwartung aus der Verwertung der FuE Ergebnisse nach Art und Umfang für 5-6 Jahre nach Projektabschluss mit Ausweis der anteiligen FuE-Kosten und Gewinne	52
5	Bewertung des aktualisierten Verwertungsplanes.....	54
6	Angaben zu erworbenen bzw. angemeldeten Schutzrechten für Vorhabensergebnisse.....	54
7	Zusammenstellung aller erfolgten bzw. geplanten Veröffentlichungen (Artikel in Zeitschriften, Seminare, Schulungen, Vorträge, Messen, Ausstellungen, Präsentationen.....	54
8	Danksagung.....	55
9	Literatur	55

1 Technisch-technologische Zielstellung des Vorhabens

Seit nun mehr fast vier Jahrzehnten sind spritzgegossene Silikonformteile aus vielen Bereichen nicht mehr wegzudenken. Die Palette der Werkstoffe wie auch der Anwendungen ist breit. Dennoch gibt es Eigenschaften, wie z. B. das Weiterreißverhalten, mit denen das Material Silikon an seine Grenzen stößt. Hier konnten insbesondere durch Langfaserverstärkungen Verbesserungen erzielt werden. Im Bereich der elastomeren Spritzgießtechnologie sind bisher noch keine Anwendungen bekannt, die aufgrund einer Kurzfaserverstärkung Eigenschaftsverbesserungen erzielen.

In der klassischen Kunststofftechnik ist die Kurzfaserverstärkung von Polymeren bereits Stand der Technik. Dadurch kann eine dreidimensionale Verteilung der Kurzfasern im Verbund erreicht werden, wodurch deutliche Eigenschaftsverbesserungen erzielbar sind. Die Faserart bestimmt die resultierenden Eigenschaften maßgeblich. So finden für technische Anwendungen Hochleistungsfasern wie Glasfasern, Kohlenstofffasern und Aramidfasern Verwendung.

Innerhalb der LSR/LIM-Technik hat sich die Kurzfaserverstärkung bisher nicht durchgesetzt, da es nicht gelang, die textilen Fasern so aufzubereiten, dass diese homogen in die Flüssigsilikonkautschuke eingearbeitet werden können. Aus diesem Grund wurden im TITK technisch/technologische Grundlagen zur Aufbereitung handelsüblicher Kurzfasern erarbeitet. Diese Arbeiten zeigten, dass bei Einsatz von Aramidfasern das Verstärkungspotenzial aufgrund unzureichender Adhäsion zwischen Aramidfaser und Silikonkautschuk nicht zur Entfaltung kommt [1].

Bei der traditionellen Faserverstärkung von nichtelastischen Kunststoffen werden bereits heute verschiedene Wirkprinzipien genutzt, um solche Adhäsionsdefizite zu minimieren. In Anlehnung an derartige Problemlösungsstrategien sollten im konzipierten Forschungsprojekt deren Potenziale für das neuartige Stoffsystem Aramid-Silikonkautschuk untersucht werden. Es bestand das Ziel, mittels verschiedener Methoden die Haftung zwischen der verstärkenden Aramidfaserkomponente und einer Silikonmatrix wesentlich zu verbessern. Durch die Aramidfasern sollte einerseits eine Modulerhöhung des Gesamtsystems über einen möglichst hohen Verformungsweg und andererseits höhere Zugfestigkeiten gegenüber unverstärktem Silikon erreicht werden.

Das Projekt stellte sich zum Ziel, die Bindung zwischen Aramidfaser und Silikon soweit zu verbessern, dass das gesamte Potenzial des Verstärkungsmaterials im Elastomer zur

Geltung kommt und damit das praktische Anwendungsfenster von Silikonbauteilen wesentlich verbreitert werden kann.

Folgende Wirkprinzipien sollten in Anlehnung an ähnliche Problemlösungsstrategien der konventionellen Kunststoffverstärkung mittels Faserstoffen untersucht werden:

- a) die Ausrüstung von Aramidfasern mit chemischen Haftvermittlern
- b) die mechanische Mikroverzahnung der Aramidfasern, einhergehend mit einer Erhöhung der Kontaktfläche zwischen Faser und Matrix durch Einsatz von Aramidpulpen mit unterschiedlichen Faseroberflächen sowie von oberflächenfibrillierten Kurzschnittfasern
- c) Kombination der unter a) und b) wirkungsvollsten Varianten zu einem Optimum

2 Darstellung der erzielten Vorhabensergebnisse

Die Bearbeitung des Forschungsvorhabens erfolgte entsprechend der Arbeitsplanung gemäß Anlage 3 des Antrages. Nachfolgend sind die im Rahmen der Projektarbeiten durchgeführten Untersuchungen und erreichten Ergebnisse zusammengefasst dargestellt.

2.1 Beschaffung und Herstellung geeigneter Materialien (AP 1)

Nach einer Sondierung der am Markt befindlichen Flüssigsilikonkautschuksysteme wurde das Silicon LSR 2070, der Fa. Momentive Performance Materials als geeignet eingestuft und beschafft. Die Dichte des Silikons beträgt 1,14 g/cm³. Bei 20 °C und einer Schergeschwindigkeit $\dot{\gamma} = 10 \text{ s}^{-1}$ weist es eine Viskosität von 1000 Pa s auf.

Das Verstärkungsmaterial der Wahl stellte entsprechend des Projektantrages Aramid dar, welches von der Teijin Aramid GmbH bezogen wurde. Zum Einsatz kam Filamentgarn T1000 mit einer Feinheit von 1.7 dtex. Dieses wurde mittels einer Spezialtechnologie im TITK fibrilliert. Das Aramidverstärkungsmaterial mit den verschiedenen Oberflächencharakteristiken (glatt/fibrilliert) wurde zu Kurzfasern der Länge 3,4/6/9,8 mm geschnitten. Des Weiteren kam eine industriell gefertigte Aramid-Pulpe des gleichen Herstellers zum Einsatz, welche eine mittlere Faserlänge von 1-2 mm aufwies.

Um das Verstärkungspotential der Aramidfasern optimal einschätzen zu können, wurde das Untersuchungsspektrum auch um andere textile Verstärkungsfasern wie Polyester- und Polypropylen-Fasern erweitert. Diese Fasermaterialien (PA 6 / PA 66 / PES / PP / Elastan) kamen mit einer mittleren Faserlänge von 6 mm zum Einsatz.