

KURZVERÖFFENTLICHUNG

Hitzebeständigkeit von Polyamid-Garnen durch Stabilisierung im Fasermantelbereich

Autoren: Dr. Elisabeth Giebel
 PD-Dr.-Ing. Thomas Stegmaier
 Erschienen: Dezember 2017
 Bearbeitungszeitraum: 01.04.2015 - 30.09.2017

Kurzzusammenfassung

Eine der wichtigsten, sicherheitstechnischen Errungenschaften im motorisierten Straßenverkehr ist der Airbag. Bereits 1951 wurde diese Erfindung durch *Walter Linderer* zum Patent angemeldet¹. Viele Jahre und zahlreiche Entwicklungsstufen später werden moderne Fahrzeuge mit bis zu 10 Airbags ausgestattet. In Abbildung 1 ist die Funktionsweise eines Airbags dargestellt. Dabei ist zu beachten, dass das als „Luftsack“ bezeichnete Textil nicht in aufgeblasenem Zustand verbleibt, sondern das einströmende Gas im Moment des Aufpralls eine negative Beschleunigung auf den Fahrgast ausübt und dabei entweicht. Die kurzzeitige, mechanische Beanspruchung ist dabei sehr hoch. Darüber hinaus müssen die Materialien der kontrolliert ausgelösten Explosion standhalten.



Abb. 1
 Funktionsprinzip eines Airbag²

¹ DE 896312.

² <http://auto.howstuffworks.com/car-driving-safety/safety-regulatory-devices/airbag1.htm>,
http://2.bp.blogspot.com/_trErkAZiNSE/TCYAnZSAaII/AAAAAAAAAEk/tlIDpe5w55k/s1600/Air_Bag_L.jpg.

Die kurzzeitige Hitzeresistenz von Airbag-Materialien, vorrangig Polyamid 66, wird derzeit durch eine Beschichtung, zumeist auf Silikon-Basis, erreicht. Dabei ist die dauerhafte, thermische Beständigkeit des Systems zunächst zweitrangig, da das pyrotechnische Auslösen des Gasgenerators in wenigen Sekundenbruchteilen geschieht.

Damit die Schutzfunktion technisch gewährleistet werden kann und darüber hinaus auch nach vielen Jahren im Einsatz noch gegeben ist, muss eine ausreichend dicke Schicht aufgetragen werden. Dadurch wird einerseits das Gewicht des Airbags erhöht, andererseits bewirkt eine dickere Beschichtung, dass die Faltbarkeit eines Airbags eingeschränkt wird. Durch beliebiges Falten kann die Beschichtung auf Dauer geschädigt und die Funktion stark beeinträchtigt werden.

Durch die Beschichtung wird auch die Konstruktion von Airbag-Modulen beeinträchtigt. Insbesondere in Strukturen, welche unmittelbar im Sichtbereich des Fahrers liegen (A-Säule, Abbildung 2), sind voluminöse Konstruktionen nicht möglich. Darüber hinaus werden zunehmend Funktionen und Bedienelemente in Lenkräder integriert, sodass auch hier der Bedarf nach einer Platzeinsparung besteht. Oft geht es dabei nur um wenige cm, die aber nicht auf Kosten der Sicherheitstechnik eingespart werden dürfen. Auf teure Spezialfasern, insbesondere die organischen Hochleistungsfasern mit einer ausgezeichneten Beständigkeit gegenüber hohen Temperaturen bis weit über 400°C (u.a. PBI, PBO, Aramide), kann aus Kostengründen nicht zurückgegriffen werden, sodass derzeit keine Alternative auf dem Markt verfügbar ist, um einerseits die Herstellungskosten zu minimieren und andererseits die konstruktiven Möglichkeiten zu verbessern.



Abb. 1: Mit Airbag ausgestattete A-Säule. Zusammen mit der Verkleidung müssen die Geometrien so gewählt werden, dass das Sichtfeld des Fahrers weitgehend frei bleibt. Eine engere Faltung ist hier nicht möglich³.

Eine in der Kunststofftechnik alltägliche Praxis^{3,4,5}, um die thermische Beständigkeit von Polyamid zu verbessern, ist die Vernetzung der Polymerketten. So werden Vernetzungsmoleküle dem Polymer während der Verarbeitung zugesetzt. Die Vernetzung wird dann durch Elektronenbestrahlung oder Temperaturbehandlung ausgelöst. In einem Vorgängerprojekt des ITCF konnte die Technologie der Strahlenvernetzung von Polyamiden unter Einsatz eines thermostabilen Vernetzungssystems auf den Faserbereich übertragen werden. Dazu wurden doppelbindungshaltige Polyamide entwickelt. Als nachteilig an diesem Verfahren erwies sich, dass sich Doppelbindungen im Faserkern nicht effizient vernetzen lassen, weil die verwendete UV-Strahlung nicht bis dort vordringt. Elektronenstrahlen hingegen schädigten wiederum das Polymer selbst zu stark^{6,7,8}. Durch die statistische Verteilung der Doppelbindungen über den Faserquerschnitt ist der Doppelbindungsgehalt im Fasermantelbereich zudem zu gering, sodass letztlich auch hier die Vernetzung nicht ausreichend effizient ist. Ziel des Projektes war es, die mechanische und die thermische Stabilität, insbesondere die kurzzeitige Hitzeresistenz, von Polyamid-Garnen zu steigern, so dass für Anwendungen im Airbag Bereich auf aufwendige und vor allem schwere und steife Beschichtungen verzichtet werden konnte. Dies sollte zu einer deutlichen Gewichtsreduzierung und einer sehr viel besseren Falbarkeit führen, welche sich letztlich auf die Konstruktion von Airbag-Modulen positiv auswirken sollte. Erreicht werden sollte dies durch die Vernetzung von Polyamidgarnen im Fasermantel. Dazu wurde ein doppelbindungshaltiges Polyamid 6,6 durch die Copolymerisation von Itaconsäure, Adipinsäure und Hexamethyldiamin synthetisiert. Es wurde sowohl als Blend mit PA 6, als auch als Mantelkomponente einer mod-PA 6,6/ PA6 Bikomponentenfaser erfolgreich versponnen. Die so hergestellten Fasern, bzw. aus Ihnen hergestellte Textilien, wurden einem Vernetzungsprozess unterzogen, der auf der Behandlung mit einer wasserbasierten Vernetzer/Initiator Lösung beruht, und thermisch

³ A. Chakimova, G. Kudrjawzew, E. Vasileva-Sokolova, V. Gorbaceva; Chimi Seski 1965, 6, 29-32.

⁴ M. Bögemann; Angewandte Chemie 1938, 51/8, 113-115.

⁵ H. W. Engels; Rubber, 4. Chemicals and Additives. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry, Wiley-VCH 2004.

⁶ Aytac, A.; Sen, M.; Deniz, V.; Gueven, O.: Nuclear Instruments & Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms, 265/1 (2007), 271-275.

⁷ Aytac, A.; Deniz, V.; Sen, M.; Hegazy, E.-S.; Gueven, O.: Radiation Physics and Chemistry 79/3 (2010), 297-300.

⁸ Miwa, Y.; Ishida, H.; Kanno, T.; Yanase, H.; Shigehara, K.: Polymer Preprints 49/1 (2008), 651-652.

induziert wurde. Dabei wurden im textilen Bereich etablierte Anlagen und Methoden verwendet.

Allerdings zeigten Fasern, die das modifizierte Polymer enthielten, generell schlechtere Eigenschaften als reine PA 6-Referenzfasern. Durch die Vernetzung konnten bestenfalls die Eigenschaften auf das Niveau einer PA 6 Faser angehoben werden. Die erwünschte im Vergleich zu handelsüblichen Garnen erhöhte kurzzeitige Hitzebeständigkeit konnte nicht erzielt werden.

Danksagung

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

Das IGF-Vorhaben 18718 N der Forschungsvereinigung Forschungskuratorium Textil e.V., Reinhardtstraße 12-14, 10117 Berlin 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.