

Abstract

Energy saving is the primary measure for sustainable protection of resources. For developing highly efficient heat insulating materials polyurethane is an ideal starting material due to its cost-efficiency and availability for large-scale industrial production. Generally, heat transfer in insulation foams consists of three components: thermal radiation, thermal conductivity through the matrix and thermal conductivity through the pore gas. The contribution of the latter to the entire heat transfer increases with decreasing foam density and represents more than two thirds in commercially available insulation foams with common densities of 30-90 kg/m³. Simultaneously, reducing the pore size to a submicron level leads to a considerable decrease of heat conductivity due to KNUDSEN-diffusion. For the production of these foams a high number density of blowing agent pools in the starting material is required. To achieve this goal, two approaches have been exploited: The *Principle of Supercritical Microemulsion Expansion* (POSME), which is based on microemulsions, and *Nanofoams by Continuity Inversion of Dispersions* (NF-CID), where nanoparticles are foamed. With regard to a prevention of foam aging in the course of the POSME-process, first the nanostructures of foamable microemulsions containing polyol and supercritical carbon dioxide were investigated by small angle neutron scattering (SANS). Based on the results, both the amphiphilic component and the supercritical fluid were exchanged, which led to a structure enhancement of the system. With these microemulsions a transfer of the nanostructure to a PUR-foam comes into reach. A new way to generate a sufficient number of nanopools in the polymer matrix is the *Reactive Mixture N₂-procedure* (REMIX-N₂) for thermoset polymer foams, based on NF-CID. In this process close-packed, small particles of a homogenous, polymerizing reactive mixture, which have not completely reacted yet, are prepared. In this way polyurethane and polyepoxide foams with pore sizes in the lower micron range were obtained. In a similar way foams with pore sizes of a few microns to less than 500 nm were produced, using thermoplastic polyurethane particles and mixtures of thermoplastic polyurethane and polystyrene particles. Thus, the production of PUR-nanofoams has become feasible based on the procedures mentioned above.

Kurzzusammenfassung

Energieeinsparung ist die primäre Maßnahme zur Schonung von Ressourcen. Als hocheffiziente Wärmedämmstoffe sind Polyurethane ideal geeignet, da sie ökonomisch und in großem Maßstab produziert werden können. Das Isolationsvermögen handelsüblicher PUR-Dämmschäume lässt sich durch die Minimierung der Porengröße deutlich steigern. Um in der Mischung aus Polyol und Isocyanat die hierzu obligatorische hohe Anzahl an Treibmittelpools zu generieren, wurden in dieser Arbeit sowohl das *Principle of Supercritical Microemulsion Expansion* (POSME) als auch *Nanofoams by Continuity Inversion of Dispersions* (NF-CID) ausgenutzt. Das Vorliegen solcher Pools in den Mikroemulsionen, die dem POSME-Verfahren zugrunde liegen, wurde erstmals durch Kleinwinkelneutronenstreuexperimente (SANS) an Systemen des Typs Polyol – scCO₂ – Kohlenwasserstoff-Tensid nachgewiesen. Durch die Verwendung eines Tensids mit höherem Molekulargewicht konnte eine stärkere Ausprägung der Nanostrukturierung und ein Schwellen der Pools mit scCO₂ erreicht werden. Um den Einfluss des Treibmittels auf die Strukturierung untersuchen zu können, wurden Polyol-Mikroemulsionen mit 1,1,1,2-Tetrafluorethan und *n*-Propan formuliert und Streuexperimente durchgeführt. Mit der so nachgewiesenen Nanostrukturierung stehen nun verschiedenste Mikroemulsionen zur Verfügung, die eine Übertragung der Nanostruktur auf einen nach dem POSME-Verfahren erzeugten Schaum möglich machen. Alternativ gelang es das *Reactive Mixture N₂*-Verfahren (REMIX-N₂) zur Anwendung des NF-CID-Konzepts auf PUR-Systeme zu entwickeln, wodurch hochvernetzte Schäume mit Porengrößen von wenigen Mikrometern aus gefrorenen, reaktiven Polyol/Isocyanat-Partikeln erhalten wurden. Eine Minimierung der Porengröße auf unterhalb von 500 nm wurde durch das Aufschäumen getrockneter, thermoplastischer PUR- und PUR/Polystyrol-Dispersionen erreicht. Die Produktion von PUR-Nanoschäumen ist somit näher gerückt und wird in Zukunft mithilfe der genannten Verfahren realisiert werden können.