

Wiele obszarów technologii staje przed nowymi wyzwaniami, które wymagają poszukiwania materiałów o unikalnych właściwościach, które mogą sprostać specjalnym wymaganiom. Tym samym w ostatnich latach obserwuje się szybki rozwój materiałoznawstwa. Aerozele są jednymi z najciekawszych współczesnych materiałów, dlatego przyciągają uwagę zarówno naukowców, badaczy, jak i praktyków.

Termin „aerożel” pochodzi z połączenia słów „aero” (czyli – „związany z powietrzem”) i „żel”. Żel definiuje się jako miękki, stały lub zbliżony do stałego materiał składający się z dwóch lub więcej składników, z których jeden jest cieczą występującą w znacznej ilości, a drugi - trójwymiarową usieciowaną stałą siecią znaną w tej cieczy. Jeśli usuniemy płyn obecny w trójwymiarowej strukturze żelu, nie uszkadzając przy tym porowatego szkieletu, możemy uzyskać materiał o zaskakujących właściwościach – aerożel. Aerozele są czasami nazywane „stałą mgiełką”, „zamrożonym dymem” lub „materiałem-duchem”. Powodem jest ich lekkość – są tylko kilka razy cięższe od tej samej objętości powietrza. W próżni twarda struktura niektórych aerożeli jest mniej gęsta niż samo powietrze.

Aerozele wykazują wyjątkowe właściwości fizykochemiczne. Ponieważ aerożel jest w 99,8% „pusty”, wyróżnia się niską gęstością, dużą powierzchnią właściwą, dużą pojemnością sorpcyjną – ponadto większość jego właściwości można kontrolować i można je łatwo regulować w zależności od przeznaczenia. Te podstawowe cechy aerożeli skutkują bardziej złożonymi cechami, takimi jak niskie przewodnictwo cieplne czy elektryczne. Dość powiedzieć, że do 2011 roku aerożel krzemionkowy znajdował się w piętnastu wpisach do Księgi Rekordów Guinnessa pod względem właściwości materiału, w tym najlepszego izolatora i najmniejszej gęstości ciał stałych. Stąd ogromna liczba obecnych i potencjalnych zastosowań tych materiałów w takich dziedzinach jak: budownictwo (ocieplenie budynków i samolotów, w tym okien – dzięki przezroczystym aerożelom), ochrona środowiska (sorbenty, filtry, membrany), bioinżynieria (rusztowania tkankowe, biosensory), statki kosmiczne (kosmiczne odpylacze) i wiele innych.

Aerozele, pomimo posiadania wspomnianych powyżej niezwykłych właściwości, nie są materiałami do końca doskonałymi. Rozważając ich potencjalną masową produkcję, można znaleźć dwie główne wady, które ograniczają ich praktyczne zastosowanie. Po pierwsze, aerozele są zwykle kruche, ponieważ składają się głównie z powietrza, a ich szkielety składają się z losowo połączonych cząstek. Po drugie, kluczowym etapem przygotowania aerożeli jest proces suszenia, który polega na zastąpieniu ciekłego rozpuszczalnika w porach żeli powietrzem. W celu zachowania ich kruchej/odkształcalnej struktury porowatej, aerozele są zwykle przygotowywane poprzez suszenie płynami w stanie nadkrytycznym, co oznacza prowadzenie procesu pod bardzo wysokim ciśnieniem, co czyni tę technologię energochłonną i kosztowną.

Celem tego projektu jest przezwyciężenie obu wymienionych powyżej problemów poprzez opracowanie syntezy podwójnie usieciowanych aerożeli krzemoorganicznych. „Podwójne usieciowanie” oznacza, że cząsteczki prekursora – specyficzne „cegiełki” budujące strukturę aerożelu – są połączone ze sobą nawzajem na dwa sposoby. Pierwszym rodzajem połączenia jest wiązanie silanowe, które jest typowe dla wszystkich znanych aerożeli krzemionkowych. Drugi rodzaj to łańcuch węglowodorowy powstały w wyniku reakcji polimeryzacji pomiędzy grupami organicznymi prekursorów, zawierającymi wiązanie podwójne. Obecność tych drugich wiązań zwiększy mechaniczną odporność aerożeli i ich elastyczność. Ta ostatnia cecha, oprócz poprawy właściwości mechanicznych samego materiału, umożliwi prowadzenie procesu suszenia pod ciśnieniem atmosferycznym, ponieważ elastyczność postaci żelu zapobiegnie degradacji strukturalnej, co zwykle ma miejsce podczas suszenia „typowych” żeli. To z kolei może otworzyć drogę do produkcji aerożeli na większą skalę, a w konsekwencji rozszerzyć zastosowanie tych nietypowych materiałów.