

Streszczenie rozprawy doktorskiej mgr Jenny VARGHESE

pt: Właściwości mechaniczne polimerowych kryształów koloidalnych poddanych działaniu płynów nadkrytycznych

Materiały wytwarzane w nanoskali wzbudzają ogromne zainteresowanie społeczności naukowej ze względu na rosnący potencjał ich zastosowań w życiu codziennym. Postęp w technologiach projektowania i nanoprodukcji materiałów wielofunkcyjnych doprowadził do odkrycia nowych zjawisk i opatentowania związanych z tym wynalazków. Materiały ograniczone do nanoskali wykazują unikalne właściwości, różniące się od tych, które obserwujemy w makroskali. Dlatego ocena podstawowych właściwości nanomateriałów jest tak samo ważna, jak dalsze projektowanie i wykonanie nowych struktur i urządzeń, które na nich bazują.

Kryształy koloidalne (CC) powstałe w wyniku samoorganizacji mikro- i nanocząstek, mają obiecujące zastosowania w fononice, fotonice i nanolitografii. Jednakże CC są kruche ze względu na niewielką wielkość sił van der Waalsa, które wiążą samoorganizujące się cząstki. Kruchość CC jest kluczowym problemem, który może mieć wpływ na wydajność urządzeń wykonanych z samoorganizujących się CC. Co więcej, mikro- i nanostruktury powstałe w wyniku uszkodzeń CC mogą prowadzić do zanieczyszczeń środowiska naturalnego. Do chwili obecnej wprowadzono kilka metod wytwarzania wytrzymałych CC, które obejmują zarówno metody fizyczne, jak i chemiczne. Są to m.in.: wygrzewanie, chemiczna funkcjonalizacja powierzchni, metoda oparta na nanocząstkach typu rdzeń-powłoka, czy napromienianie UV. „Lutowanie na zimno” to nowatorska, niskokosztowa, niewymagająca wysiłku, wolna od środków chemicznych i jednorodna metoda wytwarzania wielkopowierzchniowych, wzmocnionych mechanicznie polimerowych CC. Lutowanie na zimno polega na plastyfikacji nanocząstek polimerowych pod wpływem gazów o wysokim ciśnieniu. Lutowanie na zimno przy określonej obróbce gazowej i ciśnieniowej może zachodzić w temperaturach znacznie niższych niż temperatura zeszklenia polimeru. Proces ten prowadzi do trwałego fizycznego wiązania pomiędzy cząstkami w CC przy zachowaniu kształtu indywidualnych nanocząstek i ich uporządkowania.

Niniejsza praca opisuje badania eksperymentalne wykorzystania różnych płynów nadkrytycznych, takich jak He, N₂ i Ar, do mechanicznego wzmocnienia polistyrenowych (PS) CC w temperaturze pokojowej, badanych metodą rozpraszania światła Brillouina (BLS). Rozpraszanie światła Brillouina to nieniszcząca i bezdotykowa technika optyczna, która

pozawala na badania termicznie wzbudzonych wibracji akustycznych (GHz). Przede wszystkim, BLS umożliwia ocenę *in situ* właściwości mechanicznych, takich jak efektywny moduł sprężystości CC przy różnym ciśnieniu i temperaturze gazu.

W pracy tej zbadano CC wykonane z nanocząstek PS o różnych średnicach w zakresie od 143 nm do 830 nm. Ocena trwałej zmiany efektywnego modułu sprężystości CC po lutowaniu na zimno umożliwiła ilościowe określenie zależności wzmocnienia kontaktów międzycząsteczkowych od wielkości nanocząstek. Zależność ta okazała się niemonotoniczna z maksimum dla nanocząstek o średnicy około 610 nm. Wiążemy to zachowanie z wewnętrznymi zanieczyszczeniami produkcyjnymi, które odgrywają istotną rolę w zmniejszaniu swobodnej powierzchni nanocząstek podlegającej plastyfikacji przez płyny nadkrytyczne. Najbardziej wydajne lutowanie nanocząstek PS zachodziło przy udziale nadkrytycznego argonu, który jest dobrym rozpuszczalnikiem dla polistyrenu. Ekspozycja na nadkrytyczny N_2 powodowała umiarkowane lutowanie PS CC. Natomiast obróbka wysokociśnieniowa He wykazała bardzo słaby efekt lutowania, który w tym przypadku jest całkowicie odwracalny.

Wyniki eksperymentów można wykorzystać w projektowaniu mechanicznych struktur 2D i 3D w oparciu o polimerowe CC. Wykorzystując różne parametry, takie jak warunki ciśnienia i temperatury, wielkość, kształt, materiał nanocząstek, czas ekspozycji na gaz i rozpuszczalność gazu, możemy uzyskać właściwości elastyczne polimerowych CC prowadzące do wytworzenia trwałych struktur o pożądanych właściwościach mechanicznych. Rozpraszanie światła Brillouina jako narzędzie nieniszczące jest bardzo pomocne w pomiarach mechaniki kontaktowej nanostruktur koloidalnych.