

**Rozprawa doktorska pt.: „Opracowanie cieczy zagęszczanych ścinaniem z dodatkiem napełniaczy węglowych, cechujących się wysokim stopniem absorpcji siły uderzenia”.**

Tematyka pracy doktorskiej jest ściśle związana z materiałem inteligentnym, jakim jest ciecz zagęszczana ścinaniem (ang. shear thickening fluids). Ciecz można zdefiniować jako substancję, która może przepływać (ulegać płynięciu), czyli odkształcać się w sposób ciągły z upływem czasu. Lepkość cieczy zagęszczanej ścinaniem jest ściśle zależna od szybkości ścinania – może występować w formie klasycznej cieczy, bądź (przy odpowiedniej zmianie warunków) ciała stałego. W przypadku gdy siła zewnętrzna oddziałuje na nią z małą prędkością, płyn ma stosunkowo małą lepkość i nie stawia dużego oporu. Natomiast kiedy dochodzi do gwałtownego zadania siły lepkość cieczy wzrasta gwałtownie i stawia ona duży opór (przypominając ciało stałe). Ciecze zagęszczane ścinaniem mogą znaleźć zastosowanie w układach, w których niezbędna jest zdolność do absorpcji energii takich jak zderzaki samochodowe, kaski, toczone osłony dla strażaków (w przypadku latających odłamków podczas wybuchów), kamizelki kuloodporne czy ochraniacze (nakolanniki, nałokietniki itp.). Modyfikacja ich składu w taki sposób, aby uzyskać pożądane właściwości pod konkretne zastosowanie, jest najważniejszym zamysłem naukowców, pracujących przy tych materiałach.

Celem pracy doktorskiej było opracowanie cieczy zagęszczanych ścinaniem z dodatkiem napełniaczy węglowych, tak aby poprawić ich właściwości reologiczne oraz zdolność do absorpcji siły uderzenia w odniesieniu do cieczy zagęszczanych ścinaniem bez dodatków węglowych.

Zakres pracy doktorskiej obejmował wytworzenie szeregu cieczy zagęszczanych ścinaniem o różnym składzie i zbadanie ich właściwości reologicznych, stabilności struktury oraz zdolności do absorpcji siły uderzenia. Głównym kryterium wyboru cieczy do kolejnych etapów badań była kompatybilność cieczy bazowych z napełniaczami węglowymi oraz uzyskanie jak najwyższej wartości lepkości maksymalnej.

W pierwszym etapie prac wytworzono szereg cieczy zagęszczanych ścinaniem na bazie glikoli polipropylenowych (o różnych masach molowych) oraz oligoglicerolu z dodatkiem czterech rodzajów krzemionki koloidalnej, o różnej wielkości cząstek. Bazując na właściwościach reologicznych wyselekcjonowano ciecz o najkorzystniejszych parametrach (lepkość początkowa pozwalająca na wprowadzenie dodatków oraz jak najwyższa wartość skoku dylatacyjnego), odpowiednich do modyfikacji za pomocą napełniaczy węglowych. W pracy wykorzystano 4 rodzaje napełniaczy węglowych: wielościennie nanorurki węglowe, sadza, tlenek grafenu oraz zredukowany tlenek grafenu.

Zastosowano trzy metody służące do wprowadzania dodatków do fazy dyspergującej – kalandrowanie, mieszadło ultradźwiękowe oraz mieszanie ręczne. Bazując na wynikach stabilności, wybrano metodę kalandrowania, która zapewnia najwyższą stabilność mieszaniny. W ramach dalszych prac został zbadany wpływ napełniaczy węglowych na właściwości reologiczne oraz stabilność cieczy zagęszczanych ścinaniem. Udział dodatków węglowych wynosił odpowiednio 0,05, 0,15 oraz 0,25% obj. Tak niewielka ilość spowodowała znaczące zmiany we właściwościach cieczy bazowych, co zostało opisane w ramach niniejszej pracy.

Finalnym efektem pracy doktorskiej było wykonanie struktur ochronnych na bazie wyselekcjonowanych cieczy z dodatkiem napełniaczy węglowych. Struktury zostały zbadane pod kątem ich zdolności do absorpcji siły uderzenia.

Uzyskane wyniki pozwoliły na przygotowanie zgłoszenia patentowego o numerze P.425368 obejmującego modyfikację cieczy zagęszczanych ścinaniem nanorurkami węglowymi. Ponadto, patent ten został zgodnie z umową licencyjną z dn. 29 czerwca 2017r, wdrożony do spółki Smart Fluid na podstawie umowy z dn. 29.11.2018r.

Słowa kluczowe: ciecze zagęszczane ścinaniem, nanorurki węglowe, tlenek grafenu, zredukowany tlenek grafenu, sadza, reologia, absorpcja siły uderzenia.

Promotor: prof. dr hab. inż. Marcin Leonowicz

Doktorant: mgr inż. Paulina Nakonieczna-Dąbrowska